

ZHODNOTENIE ZDRAVOTNÉHO STAVU LESOV V INUNDAČNEJ OBLASTI DUNAJA V ÚSEKU DOBROHOŠŤ – SAP Z LETECKÝCH MULTISPEKTRÁLNYCH SNÍMOK Z ROKU 2011

TOMÁŠ BUCHA¹, MARTIN SLÁVIK², NORBERT HATALA³, MARTIN BARTKO⁴

¹Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, SK – 960 92 Zvolen,
e-mail: bucha@nlcsk.org

²Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129,
CZ – 165 21 Praha 6 – Suchbát

³Národné lesnícke centrum - Ústav lesných zdrojov a informatiky Zvolen, Sokolská 2, 960 52 Zvolen

⁴Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Výskumná stanica Juh, 925 42 Trstice

BUCHA, T., SLÁVIK, M., HATALA, N., BARTKO, M., 2013: Evaluation of forest health condition in the inundation area of Danube, section Dobrohošť – Sap from aerial multispectral images in 2011. *Lesnícky časopis- Forestry Journal*, **59**(2): 95–106, 2013, 4 fig., tab. 5, ref. 20, ISSN 0323 – 1046. Original paper.

The purpose of this paper is to evaluate the forest health condition in the area of Hydropower plant Gabčíkovo using the digital multispectral aerial images from 2011 in the section Dobrohošť – Sap. We proposed a new innovative procedure of creating the forest mask in the image processing. It concerns a process of defining tree crowns, where we combined subject and raster oriented approach of the image classification. We evaluated forest health condition on a selected forest mask using the method of two-phased sampling with regression. The indicators of health condition were tree defoliation and presence of heavily damaged trees and snags in the stands. Defoliation was used to compare the current forest health condition in the concerned area with the data from 2008. Presence of the snags as the result of severe damage is interpreted in terms of stand types related to site conditions. Field survey proved presence of invasive and non-native tree species and plants. Based on the result, we have formulated recommendations for further forest monitoring in the Danube River inundation.

Key words: floodplain forests, Hydropower plant Gabčíkovo, health condition, aerial images, Danube River inundation

1. Úvod a problematika

Vzťah vodného diela (VD) Gabčíkovo a zachovania lužných lesných spoločenstiev, ich rastových a produkčných vlastností v inundácii Dunaja je predmetom lesníckeho výskumu od počiatku výstavby VD (CIFRA, 1983). VD bolo vybudované v rokoch 1977 až 1992 so zámerom zabezpečiť najmä energetické využitie Dunaja, splavnosť kritického brodového úseku a bezpečnosť územia pred povodňami. Ide o dielo kanálového typu, kde úsek Dunaja od Hrušova po Sap v dĺžke 31 km bol presmerovaný do derivačného kanála.

S týmto riešením sa spájajú negatívne účinky na lužné lesy. Tieto spočívajú v znížení hladiny podzemnej vody v dôsledku drenážneho účinku pôvodného koryta

Dunaja. Lesnícky výskum na túto situáciu reagoval pripravou podkladov pre projekty hydrotechnických úprav. Ich cieľom bolo udržanie vody v ramennej sústave tak, aby hladina podzemnej vody bola v dotyku s povrchovou pôdnou vrstvou a vzliňaním sa zabezpečil dostatok vody v celom pôdnom profile (CIFRA, 1987). Vybral sa variant hydrotechnických úprav s prehrádzkovaním ramennej sústavy, ktorá je zásobovaná z náplustného objektu množstvom vody približne 30 m³.s⁻¹. Pri umelých záplavách možno zvýšiť objem až na 250 m³ vody za sekundu. Realizáciou hydrotechnických úprav sa vytvorili podmienky pre existenciu lužných lesov a udržanie ich produkčného potenciálu. Ich stav a vývoj sa monitoruje spoločne s maďarskou stranou v súlade s *Dohodou*

medzi vládou Slovenskej republiky a vládou Maďarskej republiky o niektorých dočasných technických opatreniach a o prietokoch do Dunaja a Mošonského ramena Dunaja, podpísanej v roku 1995.

NEŠTICKÝ, VARGA (2001, in LISICKÝ, MUCHA, 2003) s ohľadom na lesné porasty rozdelili územie inundácie podľa dynamiky hladín podzemných vôd do 5 oblastí: (i) Problémový je celý príbrežný pás popri starom koryte Dunaja z dôvodu drenážneho efektu starého koryta Dunaja a (ii) horná časť územia od nápuštného objektu po Vojčianske rameno. Hladina podzemných vôd je pre zdravý vývoj a očakávanú produkciu drevnej hmoty nevyhovujúca. (iii) Naopak, dynamika hladiny podzemnej vody je pre existenciu lužných lesov a produkciu drevnej hmoty vyhovujúca v pásme od Vojčianskeho ramena po vyústenie Bačianskeho ramena do starého koryta Dunaja. (iv) V území od vyústenia Bačianskeho ramena po ústie odpadového kanála do Dunaja je dynamika hladín podzemnej vody veľmi variabilná, závisí od prietokov v odpadovom kanáli a v starom koryte Dunaja. Posledné (v) pásmo je vymedzené pozdĺž ľavobrežnej hrádze prírodného a odpadového kanála.

Pre zabezpečenie produkcie drevnej hmoty a zdravého vývoja lesov inundačného územia sú nevyhnutné simulované záplavy. Tieto sú významné nielen z hľadiska vlahy, ale i ako zdroja prísunu živín (NEŠTICKÝ, VARGA, 2001 in LISICKÝ, MUCHA, 2003). Potrebné je zabezpečiť skorší začiatok napúšťania ramennej sústavy, ešte pred začiatkom vegetačného obdobia. V oblasti Istragova s neregulovateľnou hladinou podzemnej vody je potrebné riešiť zásobovanie vodou dopĺňaním ramennej sústavy.

So záplavami je spätá aj prirodzená obnova lužných lesov. PAGAN (1997) a KÜßNER (2003) poukázali na význam cyklického dvíhania sa vodnej hladiny pre vznik vhodných podmienok pre prirodzenú obnovu. Tieto nastávajú pri vysokej svetelnej intenzite a nízkom konkurenčnom vplyve buriny po opade záplav. Dlhotrvajúce záplavy však môžu spôsobiť poškodenie a odumieranie drevín (KRAMER *a kol.*, 2008; LENTOVYČ, KUNCA, 2012).

Letecké snímky sú vhodným podkladom pre plošné hodnotenie zdravotného stavu lesov. Pre účely vizuálnej interpretácie infračervených (IČ) snímok boli spracované interpretačné kľúče. Hodnotenie poškodenia je založené na kombinácii tvarových a farebných charakteristík (GROSS *et al.*, 2000; CIESLA, 2000). Spresnenie klasifikácie poškodenia stromov oproti analógovým IČ snímkam umožňujú digitálne letecké multispektrálne snímky a satelitné multispektrálne snímky s vysokým rozlíšením. Pri ich spracovaní sú aplikované prístupy vizuálnej interpretácie ako aj digitálnej klasifikácie snímok (RAŠI & BUCHA, 2001; BUCHA *et al.*, 2009; MORGAN *et al.*, 2010; MEDDENS *et al.*, 2011). Pri určovaní miery poškodenia sa využívajú najmä rozdiely spektrálnych charakteristík zdravých a poškodených stromov. Pre zdravú vegetáciu je typická vysoká absorpcia a nízka odrazivosť v modrej a červenej časti spektra. Pre zelenú časť spek-

tra je charakteristická mierne zvýšená odrazivosť. Chronické poškodenie spôsobuje rozpad chloroplastov. Táto zmena vo fyziológii sa prejavuje žltnutím listov a maximálna odrazivosť sa presúva zo zeleného pásma do červeného (ZARCO-TEJADA *et al.*, 2001). V pásme blízkeho infračerveného žiarenia je pre zdravú vegetáciu typická vysoká a vyrovnaná odrazivosť žiarenia. Našími meraniami sme zistili vysokú odrazivosť aj pri suchom a hneďom asimilačnom aparáte, avšak na rozdiel od zdravej vegetácie nebola vyrovnaná ale sa od 700 do 1 100 nm postupne zvyšovala.

Cieľom predkladanej práce je na základe leteckých snímok 1) celoplošne vyhodnotiť zdravotný stav lesných spoločenstiev lužných lesov v roku 2011; 2) porovnať stav lužných lesov záujmového územia s rokom 2008 a 3) interpretovať výsledky zisťovania zdravotného stavu lesov s ohľadom na drevinovú skladbu a charakter stanovištných podmienok.

2. Metodika a materiál

2.1. Základná charakteristika hodnoteného územia

Hodnotenú územie ľavostrannej inundácie Dunaja sa nachádza medzi pôvodným korytom Dunaja a prírodným a odpadovým kanálom VD Gabčíkovo (obr. 1). 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 3 000 ha. V oblasti ramennej sústavy Dunaja prevládajú v súčasnosti stanovištia zodpovedajúce prechodným luhom. Z pohľadu lesníckej geobiocenologickej typizácie lesných spoločenstiev vo väzbe na hospodárenie v lesoch vyjadrené jednotkami hospodárskych súborov lesných typov (HSLT) ide najmä o *dubové lužné jaseňiny a brestové lužné jaseňiny* (prechodné luhy). Na najvlhkejších stanovištiach sa vyskytujú mäkké luhy reprezentované HSLT *vrbové topoliny*. Na pôdach s nižšie položenou hladinou podzemnej vody sú rozšírené tvrdé luhy reprezentované *hrabovými lužnými jaseňinami*. HSLT využívame pri hodnotení stanovištných podmienok a preferujeme ju pred SLT (skupina lesných typov) z dôvodu možnosti porovnania našich výsledkov s prognózami uverejnenými v prácach CIFRA (1983 a 1990). Porastovú situáciu zhodnocujeme pomocou prevládajúceho porastového typu (PT) v jednotkách priestorového rozdelenia lesa (JPRL).

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 %, vrby (*Salix alba*, *S. fragilis* L.) 17 %, jaseň (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.

2.2. Letecké snímkovanie a podkladové materiály

Organizačné a administratívne práce ako aj všetky zákonné náležitosti leteckého meračského snímkovania zabezpečila firma Photomap, s. r. o., Košice. Snímkovanie realizovala firma ARGUS GEO SYSTÉM, s. r. o., Hradec Králové 10. septembra 2011 digitálnou kamerou Vexcel Ultracam X. Územie bolo nasnímkované v jednom páse s pozdĺžnym prekrytom snímok 60 %. Firma Photomap, s. r. o., zabezpečila kontrolu leteckých snímok z hľadiska utajovaných skutočností vo Vojenskom topografickom ústave v Banskej Bystrici. Snímky boli dodané v tif formáte v 8 bitovom rozlíšení v 3. úrovni spracovania, t. j. multispektrálne kanále (modrý, zelený, červený a infračervený) boli podľa panchromatického kanála upravené na priestorové rozlíšenie 30 × 30 cm. Záujmové územie Hrušov – Sap je zobrazované na 30 leteckých snímkach s celkovou nasnímanou plochou ~20 000 ha. Ortorektifikáciu snímok vykonal NLC Zvolen na pracovnej stanici Image Station. Pri transformácii jednotlivých snímok do systému JTSK nepresiahla stredná chyba hodnotu ±1 m.

2.3. Tvorba masky lesa z leteckých snímok

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

Masku lesa sme vytvorili osobitne pre každú snímku. Kombinovali sme dva základné postupy. Prvý, *objektovo orientovaný prístup*, bol založený na segmentácii obrazu do homogénnych objektov. Využili sme softvérové prostredie eCognition Developer, v ktorom sme vykonali manuálnu klasifikáciu segmentov do dvoch tried: les a bezlesie. V segmentoch zaradených do kategórie les bolo následne potrebné vykonať podrobnejšie a precíznejšie odlíšenie korún stromov od ostatných kategórií (tieňov, drobných medzier v poraste, skladov, ciest a iných nelesných prvkov). Toto sme realizovali klasifikáciou snímky na úrovni obrazových prvkov – *rastrovo orientovaný prístup*. Použili sme metódu Isodata, ktorá patrí do kategórie neriadených klasifikácií. Pre spoľahlivé ohraničenie korún stromov sa ukázalo ako postačujúce vymedziť 9 výstupných tried. Následne sme každý z nich pridelili kategóriu krajiny pokrývky. Ich agregáciou sme odvodili dve kategórie 1 – les a 0 – ostatné kategórie. Vzájomnou kombináciou výstupov z objektovo a pixelovo orientovaného prístupu klasifikácie snímky sme získali výslednú masku lesa, a to osobitne pre každú z 30 snímok. Ich kvalitu sme posúdili vizuálne a to porovnaním s príslušnou snímkou. Tam, kde došlo k podhodnoteniu, sme masku lesa (okolie zahrnutých korún) rozšírili o 1 až 2 pixely. K tomu sme využili techniku filtráciu obrazu. V poslednom kroku sme parciál-

ne výsledky spojili do jednej mozaiky, pričom sme vybrali výsledok z tej snímky, kde sme podľa vizuálneho posúdenia dosiahli presnejšie vymedzenie masky lesa.

2.4. Terénne práce a klasifikácia poškodenia lesa

Cieľom terénnych zisťovaní bolo získať ucelený prehľad o zdravotnom stave porastov celého záujmového územia a získať podklady pre vyhodnotenie leteckých snímok. Hlavným kritériom pri výbere plôch bolo získať informácie o stromoch s rôznou intenzitou poškodenia t. j. od zdravých cez slabo, stredne až po silne poškodené stromy. Vybraných bolo 11 plôch na základe miery ich poškodenia určenej z klasifikácie leteckých snímok z roku 2008.

Pri terénnych zisťovaniach sme ako hlavný indikátor a základný vizuálny symptóm zdravotného stavu drevín použili defoliáciu (stratu asimilačných orgánov – SAO). Vyjadruje percentuálny pomer chýbajúcich asimilačných orgánov k ideálnemu stavu asimilačného aparátu, alebo k vzorovému, plne olistenému stromu. SAO sa hodnotila okulárnym odhadom v percentách so zaokrúhlením na 5 % na 114 stromoch. Stromy, ktoré bolo možné jednoznačne identifikovať na snímke, sme využili na kalibráciu hodnotiteľa defoliácie zo stereo dvojíc snímok a pri odvodení regresného modelu pre odhad poškodenia.

Východiskom pre určenie poškodenia stromov z leteckých snímok je intenzita odrazivosti elektromagnetického žiarenia zaznamenaná digitálnou multispektrálnou kamerou. Aj keď indikátor poškodenia stromov zisťovaný v teréne (defoliácia) a hodnota spektrálnej odrazivosti zaznamenaná senzormi nemajú identickú javovú podstatu, viaceré práce potvrdili medzi nimi úzky vzťah (napr. HILDEBRANDT *et al.*, 1991; GROSS *et al.*, 2000). Túto súvislosť sme viackrát potvrdili pri klasifikácii zdravotného stavu porastov lužných lesov záujmového územia v predchádzajúcich rokoch (RAŠI, BAJCAR, 2005; BUCHA *et al.*, 2009).

Vyhodnotenie zdravotného stavu lesov sme vykonali postupom zodpovedajúcim dvojfázovému regresnému výberu (ŠMELKO, 1990, str. 30). Za prvú fázu považujeme odvodenie komponentu (New Synthetic Channel ďalej NSC (BUCHA, 2000)) optimalizovaného pre zvýraznenie poškodenia. Použili sme postup ortogonálnej transformácie zdrojových kanálov snímky (JACKSON, 1983). Pre snímky 2 až 24 sme použili transformáciu:

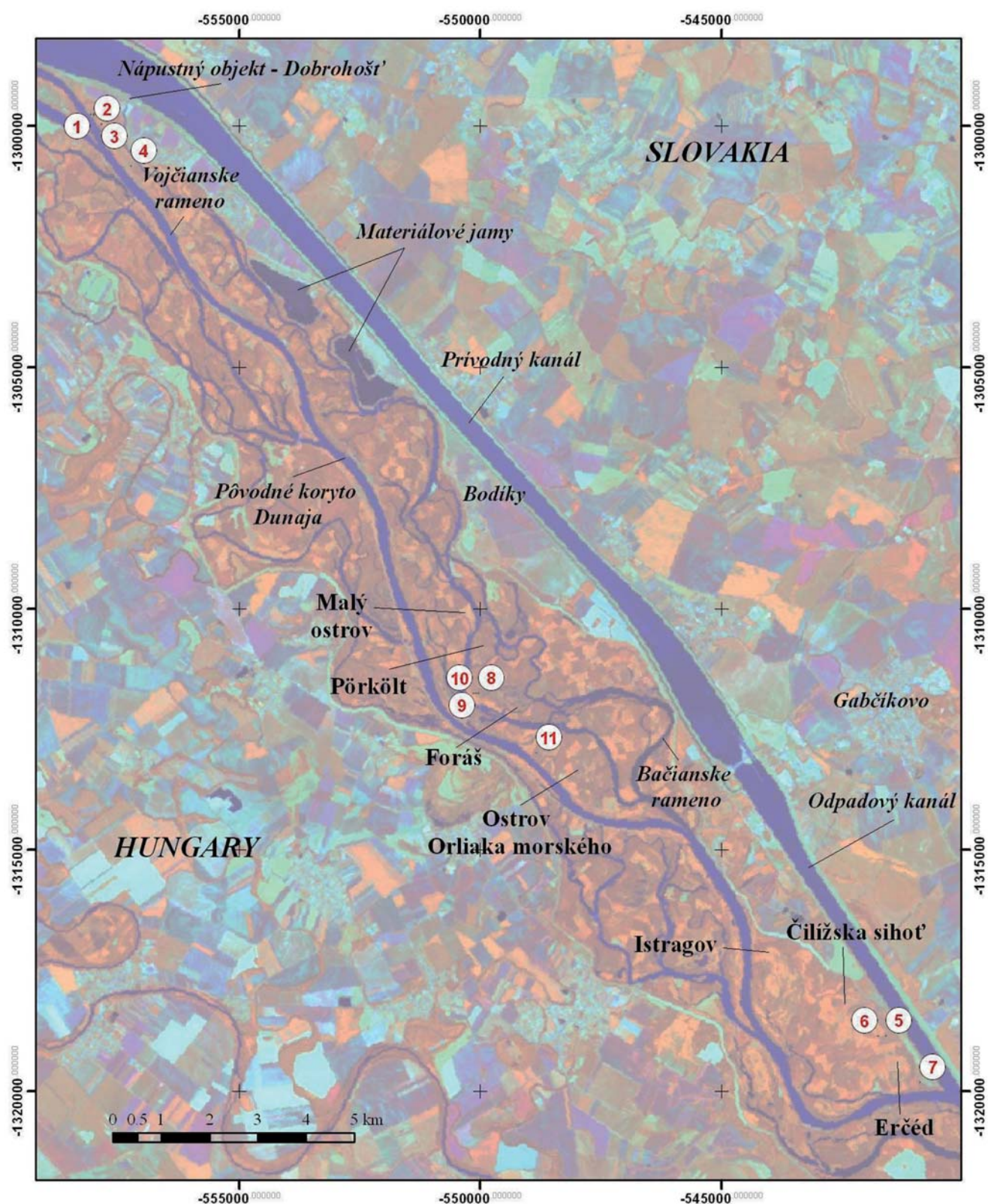
$$NSC_{2-24} = 0,2095 * R - 0,1361 * \\ * G - 0,0107 * B - 0,9681 * IR \quad [1]$$

Pre snímky 26 až 28 sme použili transformáciu:

$$NSC_{26-28} = 0,064 * R - 0,0887 * \\ * G + 0,5124 * B - 0,8517 * IR \quad [2]$$

kde

R – červený kanál; G – zelený kanál; B – modrý kanál; IR – infračervený kanál.



Obr. 1. Prehľadná mapa záujmového územia lužných lesov ovplyvneného prevádzkou VD Gabčíkovo, s lokalizáciou 11 plôch, na ktorých sa vykonali terénne zisťovania

Fig. 1. Map of the concerned area of floodplain forests affected by Hydropower plant Gabčíkovo, with localization of 11 areas, where the field measurements were carried out

Dôvodom využitia dvoch vzťahov bola rozdielna kvalita snímok, ktorá pravdepodobne súvisí s procesom ich spracovania. Zrejme je hlavne rozdielny príspevok modrého kanálu vo vzťahoch [1 a 2].

Druhú fázu predstavovali údaje o defoliácii, získané z terénnych zisťovaní a hodnotenia defoliácie na stereo dvojiciach snímok. Pre potreby klasifikácie sme na stereo dvojiciach snímok ohodnotili 40 stromov, z toho 8 suchárov. Metodický postup hodnotenia defoliácie na snímkach vychádzal z manuálu EÚ (GROSS, 2000). Vybrané boli stromy úrovňové a nadúrovňové. Korunu každého vizuálne hodnoteného stromu sme identifikovali, následne ohranili a obvod koruny sme zvektorizovali. V rámci vytvoreného polygónu reprezentujúceho korunu hodnoteného stromu sme vypočítali priemernú hodnotu spektrálnej odraznosti. Túto spektrálnu charakteristiku sme prepojili s údajmi o defoliácii, čím sme získali súbor párových hodnôt pre ďalšiu analýzu. Pomocou lineárnej jednoduchej regresnej analýzy medzi údajmi prvej (NSC komponent odvodený z leteckej snímky) a druhej fázy (defoliácia ohodnotená v teréne, resp. zo stereo snímok) sme odvodili regresný model, pomocou ktorého sme pre každú hodnotu NSC obrazového prvku (pixelu) vypočítali hodnotu defoliácie podľa vzťahu:

$$\text{Defoliácia}_{2-24} = 292,7 - 1,393 * \text{NSC}_{2-24} \quad [3]$$

$$\text{Defoliácia}_{26-28} = 386,0 - 2,780 * \text{NSC}_{26-28} \quad [4]$$

Záporné hodnoty sme nahradili hodnotou 0 % (plne olistené stromy), hodnoty nad 100 sme priradili suchárom t. j. 100 % defoliácii. Presnosť klasifikácie možno posúdiť na základe dosiahnutých parametrov regresnej analýzy (korelačný koeficient, stredná chyba regresnej

priamky). Pri využití NSC komponentu bola pri vzťahu [3] hodnota korelačného koeficientu $r = 0,93$ a stredná chyba regresnej priamky $s_{yx} = \pm 13,3$ %, rozsah výberu $n = 38$ stromov. Parametre (koeficienty a , b) lineárnej regresie vo vzťahu [4] pri snímkach 26 a 28 sme odvodili zjednodušene len zo stromov bez defoliácie a suchárov (0 % a 100 % defoliácia). Koreláciu a strednú chybu regresnej priamky preto neuvádzame.

2.5. Rozbor stanovištných a porastových pomerov vo vzťahu k poškodeniu lesa

Pre posúdenie miery poškodenia porastov podľa aktuálneho drevinového zloženia a stanovištných podmienok sme ako **indikátor** použili výskyt suchárov a silne poškodených stromov. Tieto sme identifikovali po jednotlivých JPRL metódou vizuálnej interpretácie na stereo dvojiciach snímok. Porasty sme zaradili do 3 kategórií, a to podľa toho či sa sucháre v poraste vyskytovali (i) jednotlivito, (ii) hľúčkovite až skupinkovite alebo (iii) skupinovite až plošne.

Stanovištné a porastové charakteristiky podľa JPRL sme vyjadrili prostredníctvom dominantného HSLT a PT. Údaje sme získali z LHP. Operáciami v GIS sme prepojili údaje LHP s digitálnymi lesníckymi mapami a odvodili kontingenčné tabuľky s počtom JPRL v jednotlivých PT a HSLT (tab. 4 a 5).

3. Výsledky a diskusia

3.1. Poškodenie porastov v roku 2011 a porovnanie s rokom 2008

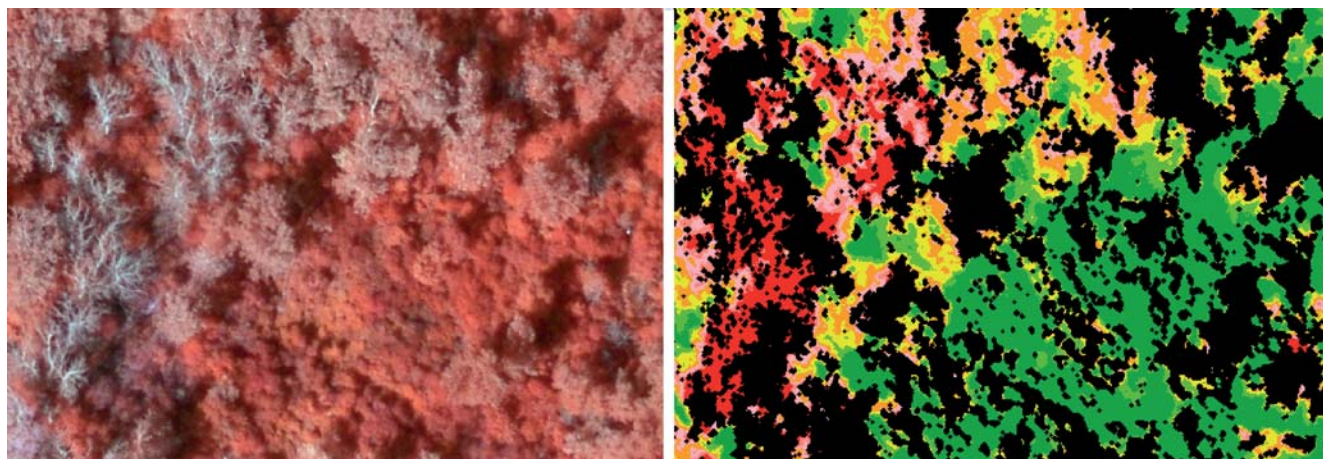
Defoliácia vypočítaná pre každý obrazový prvok podľa vzťahov [3] a [4] bola základom pre výpočet poškodenia porastov. Mieru poškodenia na úrovni JPRL

Tabuľka 1. Sumárne výsledky klasifikácie na úrovni JPRL: početnosti zastúpenia JPRL v defoliačných stupňoch v roku 2008 a 2011 (podľa priemernej SAO v poraste)

Table 1. Summary results of the classification in terms of forest spatial division units: distribution frequencies of forest spatial division units in defoliation levels in 2008 and 2011 (according to average SAO in the stand)

Defoliácia porastu ¹⁾ [%]	Slovná charakteristika poškodenia ²⁾	Počet JPRL ³⁾ 2008	Rozdelenie početností ⁴⁾ 2008 [%]	Počet JPRL ³⁾ 2011	Rozdelenie početností ⁵⁾ 2011 [%]
0 – 10	Porasty zdravé ⁵⁾	131	20,3	38	5,3
11 – 20	Porasty zdravé s prvými príznakmi poškodenia ⁶⁾	287	44,6	482	67,1
21 – 30	Porasty slabo poškodené ⁷⁾	176	27,3	181	25,2
31 – 40	Porasty stredne poškodené ⁸⁾	47	7,3	16	2,2
41 – 50		3	0,5	1	0,1
51 a viac ⁹⁾	Porasty silne poškodené ¹⁰⁾	—	—	—	—
	Spolu ¹¹⁾	644	100,0	718	100,0
	Nehodnotené porasty ¹²⁾	151	—	77	—

¹⁾Stand defoliation, ²⁾Characteristics of the damage, ³⁾Number of forest spatial division units in 2008, ⁴⁾Frequency 2008 (%), ⁵⁾Healthy stands, ⁶⁾Healthy stand with the first signs of damage, ⁷⁾Low-damaged stands, ⁸⁾Moderately-damaged stands, ⁹⁾And more, ¹⁰⁾Heavily-damaged stands, ¹¹⁾Total, ¹²⁾Not evaluated stands



Obr. 2. LHC Šamorín – porast 110b: Vľavo: multispektrálna snímka v kombinácii kanálov IR-R-G. Viditeľný je výskyt vrbových a topoľových suchárov v ľavej časti snímky. V strednej a pravej dolnej časti je pozorovaný rozvoj vysokej krovinovej a nízkej stromovej vegetácie.

Vpravo: Klasifikácia poškodenia. Klasifikácia vysokej krovinovej a nízkej stromovej vegetácie do kategórie *zdravé porasty* (zelená farba) vedie k podhodnoteniu priemernej defoliácie porastu.

Fig. 2. LHC (forest management unit) Šamorín – stand 110b: Left: multispectral image with the combination of channels IR-R-G. Notable appearance of willow and poplar stands on the left section of the image. Central and right section displays the development of high shrub and low tree vegetation.

Right: Classification of the damage. Classification of the high shrub and low tree vegetation into the category of healthy stands (green) leads to the underestimated average stand defoliation.

sme vypočítali ako aritmetický priemer z obrazových prvkov v JPRL, ktoré boli klasifikované ako les. Vo výslednom mapovom výstupe sme porasty zaradili do 6 stupňov defoliácie s krokom po 10 %. Sumárny výsledok vrátane porovnania s rokom 2008 je uvedený v tabuľke 1.

Významným rozdielom oproti roku 2008 je nárast počtu porastov v kategórii od 10 do 20 % a zníženie podielu porastov v kategórii s defoliáciou do 10 % (zdravé porasty). Tieto presuny v rámci prvých troch tried defoliácie nepovažujeme za rozhodujúce z pohľadu hodnotenia vývoja zdravotného stavu a súvisia skôr s kvalitou odvodnenia parametrov regresnej krivky medzi prvou a druhou fázou výberu. Početnosť zastúpenia porastov v triede slabso poškodené ostala približne na úrovni

roku 2008. Oproti roku 2008 klesol podiel stredne poškodených porastov, pričom v roku 2011 a bol najnižší od roku 1996.

V záujmovom území sa nevyskytujú silne poškodené porasty s defoliáciou nad 50 %. Naše skúsenosti poukazujú na to, že priemerná defoliácia je podhodnotená v porastoch s vysokým výskytom suchárov (BUCHA *et al.*, 2009 str. 156). S ich výskytom súvisí rozpad hlavnej úrovne porastu a jeho presvetlenie. To vedie spravidla k rozvoju vitálnej vysokej krovinovej vegetácie a nízkej stromovej vegetácie s hospodárskymi nezaujímavými druhmi. Spektrálne sa táto vitálna krovinová a drevinová vegetácia javí ako zdravý les, čo vedie k podhodnoteniu priemernej defoliácie porastu. Graficky je situácia dokumentovaná na obrázku 2.

Tabuľka 2. Porovnanie porastov s výskytom silne poškodených stromov a suchárov

Table 2. Comparison of the occurrence of stands with the heavily-damaged trees and snags

Forma výskyt suchárov ¹⁾	Výmera ²⁾ [ha]	Počet JPRL ³⁾	
		2008	2011
Jednotlivá ⁴⁾	do 0,01	32	35
Hlúčkovitá až skupinkovitá ⁵⁾	0,01 do 0,1	35	30
Skupinovitá až plošná ⁶⁾	0,1 a viac ⁷⁾		64
	Spolu ⁸⁾	67	129

¹⁾Occurrence of the snags, ²⁾Area, ³⁾Number of forest spatial division units, ⁴⁾Individual, ⁵⁾Clustered to groups, ⁶⁾Groups to area, ⁷⁾And more, ⁸⁾Total

Tabuľka 3. Horná časť územia po Vojčianske rameno: LHC Šamorín
Table 3. Upper territory up to Vojčianske river branch: LHC Šamorín

Forma zmiešania ¹⁾	Výmera ²⁾	JPRL ³⁾
Jednotlivá ⁴⁾	do ⁵⁾ 0,01 ha	109a, 109c, 113a, 117a, 118, 119b, 120a, 126f,
Hlučkovitá až skupinkovitá ⁶⁾	0,01 – 0,1 ha	109b, <i>110c</i> , <i>112a</i> , 114b, 120c, 122c, 123g, 124a, 126b,
Skupinovitá až plošná ⁷⁾	0,1 ha a viac ⁸⁾	<i>110a</i> , <i>110b</i> , <i>112b</i> , 113b, 114a, 115a, 115c, 115e, 119d, 119e, 119i, 119k, 120b, 122a, 122b, 122d, 122e, 123b, 123d, 123e, 123f, 125, 126a, 126c, 126e,

Stredná časť územia od Vojčianskeho ramena po ústie Bačianskeho ramena: LHC Šamorín, LHC Gabčíkovo (porasty v LHC Šamorín sú označené tučným písmom) – *Central territory from Vojčianske river branch up to mouth of the Bačianske river branch: LHC Šamorín, LHC Gabčíkovo (stands in LHC Šamorín are displayed in bold)*

Forma zmiešania ¹⁾	Výmera ²⁾	JPRL ³⁾
Jednotlivá ⁴⁾	do ⁵⁾ 0,01 ha	131a , (<i>134a</i>), 134b , (<i>135</i>), 167c , 170b , <i>174c</i> , 177b , 178e , 190e , <i>183a</i> , 205, 218d, 237c, 241c, (<i>247b</i>), 275b,
Hlučkovitá až skupinkovitá ⁶⁾	0,01 – 0,1 ha	129b , 131c , 150 , 154 , 156 , 169b , 173b , 174a , 175 , 177c , 185 , 234c, 260b, 261b, 262,
Skupinovitá až plošná ⁷⁾	0,1 ha a viac ⁸⁾	129a , 129d , 137c , 138 , 139 , 143 , 146 , 149a , 151 , 158 , 162 , <i>158f</i> , (<i>178</i>), 201e, 266b, 270a, 273b-kal, 278b

Dolná časť územia od ústia Bačianskeho ramena po sútok derivačného kanála s Dunajom LHC Gabčíkovo – *Lower territory from mouth of Bačianske river branch up to inflow of derivation channel and Danube River, LHC Gabčíkovo*

Forma zmiešania ¹⁾	Výmera ²⁾	JPRL ³⁾
Jednotlivá ⁴⁾	do ⁵⁾ 0,01 ha	54f, 54h, 285c-kal, 290a, 295b, 297, 299b, 337a, 357, 358
Hlučkovitá až skupinkovitá ⁶⁾	0,01 – 0,1 ha	292, 300b, 302a-kal, 336b, 337b, 344-sp,
Skupinovitá až plošná ⁷⁾	0,1 ha a viac ⁸⁾	54e, 292, 308, 311, 312b, 312d-kal, 318b-kal, 319a-kal, 334a, 338, 339b, 339c, 345-sp, 346-sp

sp – silné poškodenie – *heavy damage*; kal – veterná kalamita – *windfall*; kurzívou sú označené porasty zaradené do kategórie ochranných lesov – *stands in the category of protection forests in italics*; kurzívou v zátvorke sú označené porasty zaradené do kategórie lesov osobitného určenia z dôvodu ochrany prírody – *stands in the category of special purpose forests due to nature protection in italics and bracket*.

¹⁾Form, ²⁾Area, ³⁾Forest spatial division units, ⁴⁾Individual, ⁵⁾up to, ⁶⁾Clustered to groups, ⁷⁾Groups to area, ⁸⁾and more

Pre objektívne posúdenie miery poškodenia v takýchto porastoch bolo preto potrebné zohľadniť výskyt suchárov a posúdiť ich nárast oproti prieskumu z roku 2008. Výsledky sú sumarizované v tabuľke 2. Prehľad porastov s výskytom silne poškodených stromov a suchárov je uvedený v tabuľke 3, graficky na obrázku 4.

Z vizuálneho posúdenia priestorového výskytu poškodených porastov v roku 2011 sú zrejmé 3 zoskupenia: *najväčšie zoskupenie* sa nachádza v hornej časti záujmového územia (medzi obcou Dobrohošť a Vojkou nad Dunajom).

Druhé zoskupenie poškodených porastov sa nachádza medzi materiálou jamou B a obcou Bodíky.

Tretie zoskupenie poškodených porastov sa nachádza v južnej časti územia pozdĺž odpadového kanála až k sútoku s Dunajom.

V porovnaní s rokom 2008 sa nepotvrdil výrazne zhoršený zdravotný stav porastov v strednej časti územia v lokalite Spálený les (CHA Pörkölt a PR Foráš) ani v južnej časti územia v lokalitách Veľký ostrov, resp. Dedinský ostrov. V lokalite Spálený les sa potvrdil pred-

poklad vyslovený už v práci BUCHA *et al.* (2009 str. 154), že v klasifikácii z roku 2008 došlo k nadhodnoteniu poškodenia z dôvodu nižšej kvality leteckej snímky v danej lokalite spôsobenej atmosférickým zákalom.

3.2. Výskyt poškodených porastov z pohľadu drevinového zloženia a stanovištných podmienok

Poznanie stanovištných podmienok a prispôbenie drevinovej skladby potenciálu stanovišťa je kľúčom k optimálnemu zabezpečeniu využitia funkcií lesov, vrátane ich hospodárskeho využitia. Analýzu stanovištných a porastových charakteristík 123 porastov s výskytom suchárov sme vykonali na základe údajov z LHP. Výskyt poškodených porastov vo vzťahu k aktuálnemu drevinovému zloženiu vyhodnocujeme podľa prevládajúceho porastového typu (tab. 4) a vo vzťahu k aktuálnym stanovištným pomerom pomocou prevládajúceho HSLT v JPRL (tab. 5).

Z tabuľky 4 vyplýva, že v roku 2011 sa nepotvrdili tak výrazné rozdiely vo výskyte suchárov podľa po-

Tabuľka 4. Prehľad výskytu porastových typov v záujmovom území a porasty s vizuálne identifikovaným výskytom suchárov
Table 4. Occurrence of the stand types in the concerned area and stands with visually identified presence of snags

Porastový typ ¹⁾	Počet JPRL ²⁾ (2011)	JPRL s výskytom suchárov ³⁾ (2011)	% podiel JPRL so suchármi k celkovému počtu ⁴⁾	
			2011	2008
75 – Dreviny mäkkého luhu ⁵⁾	172	40 / 23*	23,2 / 13,3*	29,5
76 – Dreviny tvrdého luhu ⁶⁾	86	17 / 11*	19,8 / 12,8*	7,6
77 – Topoliny (šľachtené) ⁷⁾	447	71 / 59*	15,9 / 13,2*	4,1
78 – Agátiny ⁸⁾	7	—	—	—
79 – Jelšiny ⁹⁾	6	1 / 1*	16,7	16,7
Spolu ¹⁰⁾ :	718	129 / 94*	18,0	11,2

Poznámka – Note: * JPRL s hlučkovitým až plošným výskytom suchárov (bez JPRL s jednotlivým výskytom) – forest spatial division units with clustered to area occurrence of snags (without forest spatial division units with individual occurrence); PT 75 – porasty na stanovištiach výrazne ovplyvnených spodnou vodou a pravidelnými záplavami. Dreviny mäkkého luhu: domáce topole, vrbu, osika, čremcha, krušina jelšová – stands on sites significantly affected by ground water and permanent floods). Tree species of soft alluvium: poplar, willow, aspen, hackwood, *Frangula alnus*; PT 76 – dreviny tvrdého luhu: dub letný, jaseň, lipa, brest poľný a brest väzový, javor poľný, javor mliečny, javor tatársky, orech čierny – tree species of hard alluvium: English oak, ash, linden, *Ulmus minor*, *Ulmus laevis*, *Acer campestre*, *Acer platanoides*, *Acer tataricum*, *Juglans nigra*.

¹⁾Stand type, ²⁾Number of forest spatial division units, ³⁾Occurrence of snags, ⁴⁾Share of forest spatial division units with snags from the total number, ⁵⁾Tree species of soft alluvium, ⁶⁾Tree species of hard alluvium, ⁷⁾Poplar stand (bred), ⁸⁾Locust stands, ⁹⁾Alder stands, ¹⁰⁾Total

Tabuľka 5. Prehľad výskytu hospodárskych súborov lesných typov (HSLT) v záujmovom území a porasty s vizuálne identifikovaným výskytom suchárov v rokoch 2008 a 2011

Table 5. Occurrence of management groups of forest types in the concerned area and stands with visually identified snags in 2008 and 2011

HSLT ¹⁾	Počet JPRL: celkom / so suchármi ²⁾ (2008)	% JPRL so suchármi ³⁾ (2008)	Počet JPRL: celkom / so suchármi ²⁾ (2011)	% JPRL so suchármi ³⁾ (2011)
124 Hrabové lužné jaseniny – tvrdý luh ⁴⁾	107 / 17	15,9	114 / 38	33,3
125 Dubové lužné jaseniny – prechodný luh ⁵⁾	172 / 8	4,7	191 / 14	7,3
135 Brestové lužné jaseniny – prechodný luh ⁶⁾	272 / 20	7,3	311 / 54	17,4
126, 196 Vrbové topoliny – mäkký luh ⁷⁾	84 / 24	28,6	76+18 / 11+ 6	18,1
131 Extrémne porasty bresta ⁸⁾	8 / 3	37,5	8 / 6	75,0

196 – Vrbové topoliny (ochranného rázu) – mäkký luh – Willow poplar forests (nature protection) – soft alluvium.

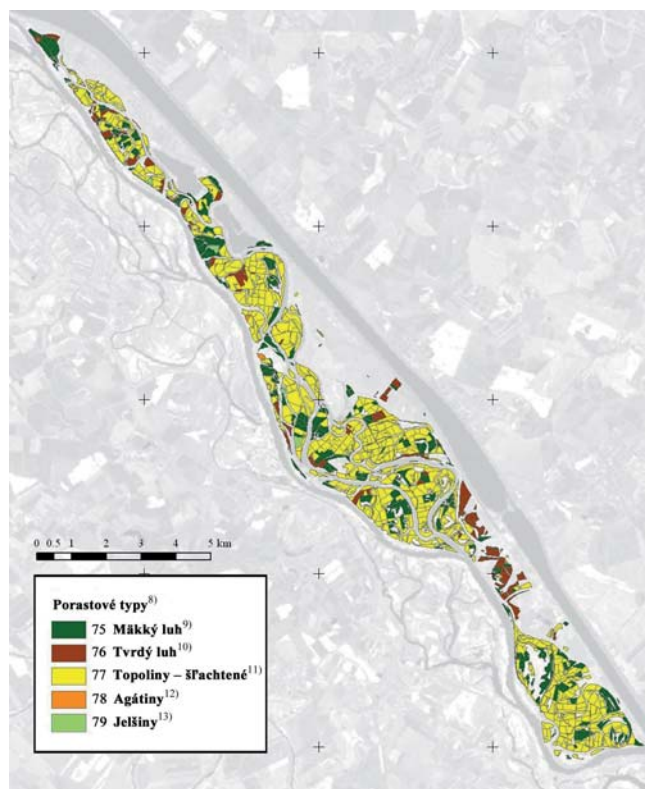
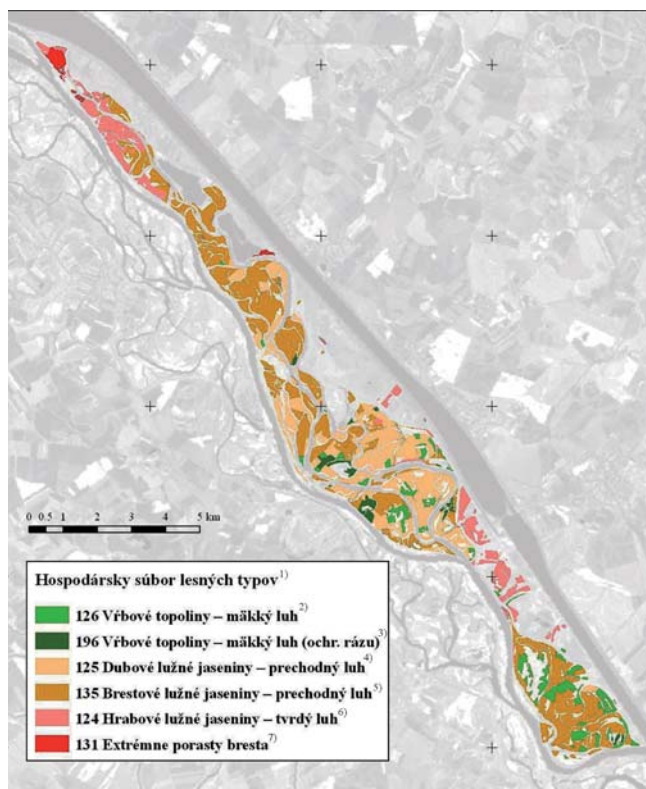
¹⁾Management groups of forest types, ²⁾Number of forest spatial division units with snags in 2008, ³⁾% of forest spatial division units with snags (2008), ⁴⁾Hornbeam-ash floodplain forests – hard alluvium, ⁵⁾Oak-ash floodplain forests – transitional alluvium, ⁶⁾Elm-ash floodplain forests – transitional alluvium, ⁷⁾Willow poplar forests – soft alluvium, ⁸⁾Extreme elm stands

rastových typov, aké boli sledované v roku 2008. Najvyšší výskyt suchárov bol v oboch rokoch zaznamenaný v PT mäkkého luhu (PT 75 a 79). V roku 2008 sme identifikovali výskyt suchárov v 29 % porastov. V roku 2011 klesol tento podiel na ~23 %, pričom v ~13 % išlo o jednotlivý výskyt.

V prípade porastových typov prechodných (PT 77) a tvrdých luhov (PT 76 a 78) sme oproti roku 2008 zistili viaceré odlišnosti. Dva a pol násobne sa zvýšil podiel porastov s výskytom suchárov v PT 76. Takmer štvornásobne sa zvýšil počet JPRL s výskytom suchárov v PT 77 – topoliny (šľachtené). Celkovo sa podiel porastov, v ktorých sme identifikovali výskyt suchárov zvýšil z 11,2 % v roku 2008 na 18,0 % v roku 2011.

V porovnaní s rokom 2008 došlo v 2011 k zvýšeniu počtu poškodených porastov (porasty s výskytom su-

chárov). To poukazuje na zmenu stanovištných pomerov smerom k suchším spoločenstvám, čo čiastočne potvrdzuje prognózu vývoja naznačenú CIFROM (1990) hlavne v hornej časti územia. V kontexte reálnej drevinovej skladby k stanovištným pomerom, sa potvrdzuje predpoklad, že najviac trpia topoľové porasty (PT 77) a vrbové porasty mäkkého luhu (PT 75) na najsuchších stanovištiach, a to na HSLT 131 a 124. Táto súvislosť je dobre viditeľná a interpretovateľná z obrázkov 3 a 4 práve v hornej časti záujmového územia nad nápusťným objektom Dobrohošť. Príčinou je pokles hladiny podzemnej vody. Pôvodné spoločenstvá mäkkého luhu s vrbou uschýňajú a sú nahrádzané najmä krovitou vegetáciou znášajúcou sucho (drieň, hloh, javor poľný, agát, javor jaseňolistý). Lesohospodárska optimalizácia je možná len zvýšením hladiny v starom koryte Dunaja, alebo zmenou drevino-



Obr. 3. Prehľadné zobrazenie stanovištných podmienok a porastovej skladby záujmového územia ovplyvneného prevádzkou VD Gabčíkovo. Vľavo: Skupiny lesných typov ~ model potenciálnej vegetácie v záverečnom štádiu vývoja biocenózy. Vpravo: Porastové typy – aktuálne drevinové zloženie porastov

Zdroj: NLC Zvolen, Lesný hospodársky plán – stav k 1. januáru 2005

Fig. 3. Site conditions and stand composition of the area of interest affected by Hydropower plant Gabčíkovo. Left: Groups of forest types – model of potential vegetation in the final stage of biocenosis. Right: Stand types – actual tree species composition

Source: NFC Zvolen, Forest management plan, 1 January 2005

¹⁾Management groups of forest types, ²⁾Willow poplar forests – soft alluvium, ³⁾Willow poplar forests (nature protection) – soft alluvium, ⁴⁾Oak-ash floodplain forests – transitional alluvium, ⁵⁾Elm-ash floodplain forests – transitional alluvium, ⁶⁾Hornbeam-ash floodplain forests – hard alluvium, ⁷⁾Extreme elm stands, ⁸⁾Forest stand types, ⁹⁾Soft alluvium, ¹⁰⁾Hard alluvium, ¹¹⁾Poplar stand (bred), ¹²⁾Locust stands, ¹³⁾Alder stands

vého zloženia existujúcich porastov. Doterajšie pokusy o obnovu porastov topoľom sivým ako aj hospodárskymi drevinami tvrdého luhu však neboli úspešné.

V strednej časti územia od Vojčianskeho ramena po vyústenia Bačianskeho ramena do Dunaja drevinové zloženie lesov zodpovedá stanovištným podmienkam. Tieto sú z pohľadu dostupnosti vody veľmi dobré, čomu dlhodobo zodpovedá aj zdravotný stav porastov.

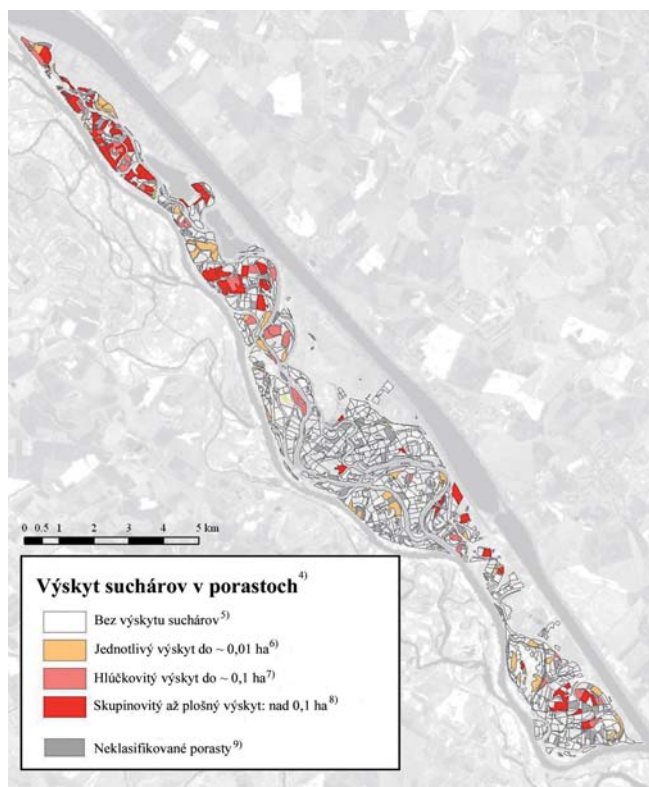
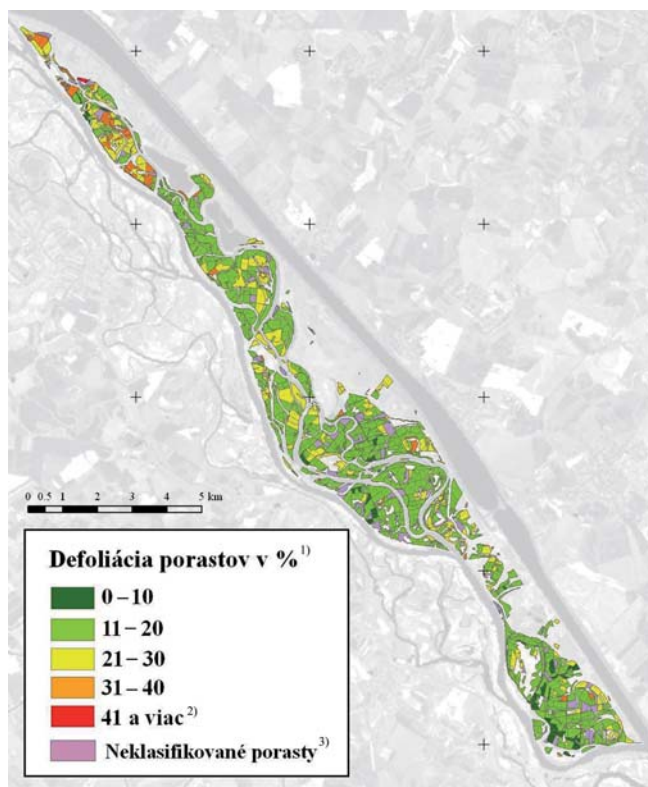
V prípade výskytu suchárov v porastoch mäkkého luhu (PT 75) – dielce 183a, 241c, 247b v NPR Ostrov orliaka morského, dielce 178 v lokalite PR Foráš a dielce 237c – sa potvrdzuje predpoklad (BUCHA *et al.*, 2009, str. 159), že vyšší podiel suchárov súvisí s prirodzenou dynamikou vývoja a obnovy lužných lesov na stanovištiach mäkkého luhu (HSLT 126, 196 a 135).

Zvýšený výskyt porastov so suchármi (17,4 %) sme zaznamenali pri šľachtených topoľoch (PT 77) na stanovištiach prechodného luhu HSLT 135. Ide najmä o zoskupenie porastov medzi materiálou jamou a Bodíkmi (obr. 4 vpravo). Drevinové zloženie zodpovedá podmienkam stanovišťa s dostatkom vody. V danej lokalite

te sme nezaznamenali zvýšený výskyt suchárov pri vyhodnotení snímok z roku 2008. Okrem vodného režimu je významným faktorom ovplyvňujúcim stav lužných lesov výskyt biotických škodlivých činiteľov. Zistenia lesníckej ochrany služby z roku 2011 (LENTOVÝČ, KUNCA, 2012) poukazujú na opätovný nárast výskytu doticházy topoľovej (*Cryptodiaportha populea*) a tzv. hnedého miazgotoku, ochorenia spôsobeného baktériami rodu *Erwinia* najmä (*E. cancerogena*). Uvedení autori ich zvýšený výskyt dávajú do súvisu s vhodnými klimatickými podmienkami pre rozvoj hubových patogénov v rokoch 2010 a 2011.

Na stanovištiach prechodných luhov HSLT 125 sme zistili nízke percento výskytu suchárov v porastoch (7,3 %). To potvrdzuje známu skutočnosť, že tieto stanovišťa sú vyhovujúce pre zdravý vývoj a vysokú produkciu drevnej hmoty.

V dolnej časti územia, od vodnej elektrárne k sútoku Dunaja s kanálom, je aktuálne drevinové zloženie v súlade so stanovištnými podmienkami. Dynamika podzemnej vody je však variabilná, závislá od súčinnosti prie-



Obr. 4. Vľavo: Priemerná defoliácia porastov. Vpravo: Výskyt suchárov v porastoch. Stav k 10. septembru 2011

Fig. 4. Average stand defoliation. Right: Appearance of snags in the stands. 10 September 2011.

¹⁾Stands defoliation in %, ²⁾And more, ³⁾Not evaluated stands, ⁴⁾Occurrence of snags in plantations, ⁵⁾Free of rusks, ⁶⁾Separate occurrence in, ⁷⁾Clustered in, ⁸⁾Groups to area above, ⁹⁾Classified growths

toku v Dunaji a derivačnom kanáli. Preschýnanie a odumieranie stromov možno dať do súvislosti s nedostatkom vody najmä v rokoch, keď sa prietoky Dunaja pohybujú výrazne pod dlhodobými hodnotami. Výskyt suchárov pri starších porastoch PT 75 (JPRL s drevinami mäkkého luhu) v lokalitách Čiližska sihoť a Erčéd súvisí čiastočne aj s ich vekom. Zaznamenali sme zvýšený výskyt suchárov z dôvodu hniloby. Rizikom je postupný pokles hladiny podzemnej vody vyvolaný eróziou dna odpadového kanála. V tejto oblasti by bolo preto treba zabezpečiť dotáciu vody a zvýšiť hladiny podzemných vôd.

Porasty tvrdého luhu PT 76 rastúce na HSLT 124 (JPRL: 54e, 54f, 270a, 273b, 275b, 278b – lokality Dekáň a Nad mlynom) sa nachádzajú mimo inundácie, t. j. medzi derivačným kanálom a pôvodnou protizáplavovou hrádzou Dunaja. Ide o územie, kde porasty dlhodobo rastú bez vplyvu prirodzených alebo umelých záplav. Pokles hladiny podzemnej vody oproti stavu pred výstavbou VD je v danej lokalite len malý. Nedostatok vody by preto nemal byť primárnym dôvodom zvýšeného výskytu suchárov v daných porastoch.

3.3. Výskyt nepôvodných drevín a vegetácie

Okrem vodného režimu je pre zdravý vývoj lesných spoločenstiev žiaduce kontrolovať výskyt škodlivých či-

niteľov vrátane šírenia nepôvodných drevín a bylín. Počas terénnych prác sme zistili viacero druhov drevín a bylín, ktoré sme podľa miery ich nebezpečnosti pre vývoj lužného lesa rozdelili do troch skupín:

Prvú skupinu tvoria druhy, ktoré svojou existenciou priamo ohrozujú pôvodné dreviny lužného lesa. Na plochách sme našli predovšetkým tieto invazívne sa šíriace dreviny a byliny: Pajaseň žliazkatý (*Ailanthus altissima*), javorovec jaseňolistý (*Negundo aceroides*), agát biely (*Robinia pseudoacacia*), krídlatka japonská (pohánkovec japonský) (*Fallopia japonica*) a netýkavka žliazkatá (*Impatiens grandiflora*).

Druhú skupinu zistených, v mäkkom lužnom lese nepôvodných drevín sú dreviny menšieho expanzného tlaku, ich existencia v oblasti lužného lesa súvisí pravdepodobne s doplavením po Dunaji zo záhradkárskeho pásu v blízkosti rieky, prípadne jej prítokov – vinič hrozňorodý (*Vitis velifera*), egreš (*Ribes uva-crispa*), ríbezľa čierna (*Ribes nigrum*), rôzne druhy ruží (*Rosa sp.*) plamienok plotný (*Clematis vitalba*).

Treťou skupinou drevín sú domáce avšak stanovištne nepôvodné dreviny, ktoré nepatria do spoločenstva mäkkých lužných lesov. V oblasti vodného diela boli jednak umelo vysádzované, prípadne aj prirodzene zmladené. Na hodnotených plochách sa vyskytovali najmä: javor horský (*Acer pseudoplatanus*), jelša sivá (*Alnus incana*).

Z pohľadu zamedzenia obnovy je nebezpečná ostružina ožinová (*Rubus caesius*), dôkladne zem prikrývajúca plazivá drevina výrazne obmedzujúca prirodzené zmladenie, ale aj umelú obnovu. Ďalšie dreviny fyzicky zistené na jednotlivých monitorovaných plochách sú drevinami výrazne nižšieho expanzného vplyvu, takže nevzniká výrazné nebezpečenstvo vytlačenia pôvodných drevín. Ide o: svíbu krvavú (*Cornus sanguinea*), hloh (*Crateagus sp.*), baza čierna (*Sambucus nigra*), moruša biela (*Morus alba*), kalina siripútková (*Viburnum lantana*), ruža šíповá (*Rosa canina*).

Nápravné opatrenia sú upriamované predovšetkým na dreviny prvej skupiny – výrazne invazívne s najväčším negatívnym vplyvom na prostredie lužných lesov. Chemický, alebo mechanický spôsob odstraňovania nežiaducich druhov je ekonomicky náročný, navyše v oblasti vodného diela je chemické zasahovanie ťažko akceptovateľné. Efektívnejší je zásah do ich prírodného prostredia, teda vykonaním zmien v stanovištných podmienkach. V prirodzenom lužnom lese je rozširovanie nepôvodných druhov najefektívnejšie tlmené dĺžkou záplavy (v mäkkom lužnom lese trvá priemerne 40 – 60 dní, v tvrdom lužnom lese v rozpätí 10 – 14 dní).

4. Súhrnné odporúčania a záver

Lužné spoločenstvá môžu existovať len za podmienky dostatočného prísunu vody. Tvrdé luhy jej potrebujú minimálne 400 mm, prechodné 800 mm. Príjem vody z atmosférických zrážok v záujmovom území je približne 350 mm. Existencia a zachovanie produkčných vlastností lužných lesov sú preto závislé od účinnosti hydrotechnických opatrení. ČIFRA a NEŠTICKÝ (1990) vyslovili predpoklad ďalšieho vývoja lužných lesov. V inundovanom území derivačného úseku Dunaja predpokladali, že z celkovej porastovej plochy 2 432 ha sa HSLT prechodný luh zachová na 745 ha (30,64 %), k tomu pripočítali 5 – 10 % lesného pôdneho fondu, kde sa prejaví priaznivý infiltračný účinok z ramien. Celkovo očakávali, že priaznivý efekt hydrotechnických opatrení sa prejaví na 40 % plochy lesov v medzihrádzovom priestore (ibid). V uvedenej práci (str. 405) dospeli k názoru, že 879 ha bude nevyhnutné v prvej fáze vysychania likvidovať a obnoviť tvrdým listnatými drevinami.

Výsledky monitoringu od roku 1996 doteraz nepotvrdili hypotézu o nepriaznivom veľkoplošnom vplyve prevádzky vodného diela na zdravotný stav lesov záujmového územia. Podľa indikátora priemernej defoliácie došlo v roku 2011 k zníženiu zastúpenia porastov v stredne silnom a silnom stupni poškodenia oproti roku 2008. Čiastočne to však súvisí s rozvojom vitálnej nízkej stromovej a krovinej vegetácie v rozpadajúcich sa porastoch. Pre objektívnejšie vyjadrenie reálnej situácie bolo preto potrebné zohľadniť početnosť porastov s výskytom suchárov. Ich podiel vzrástol z 11 % v roku 2008 na 18 % v roku 2011. Ak zohľadníme len hlúčkovitý až plošný vý-

skyt suchárov ide o podiel 13 %. Ich výskyt sme lokalizovali v 3 väčších zoskupeniach. Ide najmä o hornú časť územia pod Dobrohoštom, kde dochádza k zmene stanovištných podmienok k tvrdým luhom. Druhé zoskupenie poškodených porastov sa nachádza medzi materiálovou jamou a Bodíkmi. Poškodenie súvisí s výskytom biotických škodlivých činiteľov. V dolnej časti územia bolo identifikované tretie zoskupenie poškodených porastov. Ich ďalší vývoj je neistý vzhľadom na variabilnú dynamiku hladín podzemnej vody. V súčasnosti sa realizujú práce, ktoré umožnia dotovať ramenný systém asi 1 m³.s⁻¹ (ústna informácia riaditeľa LZ Palárikovo Ing. Ladislava Horvátha).

Celkovo z lesohospodárskeho pohľadu konštatujeme, že realizovaním hydrotechnických úprav s prehrádzkovaním ramennej sústavy sa eliminoval nepriaznivý vplyv výrazného poklesu hladiny vody v starom koryte Dunaja a na väčšine územia sa vytvorili vhodné podmienky pre existenciu lužných lesných spoločenstiev, ich rast a plnohodnotnú produkciu.

Do ďalšieho obdobia navrhujeme pokračovať v monitorovaní lesov inundácie Dunaja. Použitá metóda celoplošného vyhodnotenia zdravotného stavu lesov z leteckých snímok s 3-ročným cyklom opakovania sa osvedčila ako dostatočne citlivá pre detekciu zmien zdravotného stavu lesných porastov a zároveň ekonomicky efektívna. Celkové náklady snímkovania boli 4 tis. €, čo pri výmere územia ~20 tis. ha predstavuje ~0,2 €/ha⁻¹. Z uvedenej výmery boli vyhodnotené len lesné porasty na slovenskej strane o rozlohe ~3 000 ha.

Zvýšenú pozornosť treba venovať najmä lokalitám, kde dochádza k zmenám stanovištných podmienok. V práci sme preukázali, že najviac ohrozené sú topoľové porasty (PT 77) a vrbové porasty mäkkého luhu (PT 75) na najsuchších stanovištiach, a to na HSLT 131 a 124.

Zvlášť dôležité sa javí obnovenie riadených záplav a ich časová optimalizácia z pohľadu zabezpečenia prísunu vody do pôdneho profilu, vytvorenia podmienok pre prirodzenú obnovu drevín mäkkého luhu a tlmenie rozširovania nepôvodných druhov.

Získané poznatky treba priebežne vyhodnocovať a zohľadniť pri návrhu lesníckych, ochranárskych a hydrotechnických opatrení zameraných na zabezpečenie zdravého vývoja a plnohodnotnej produkcie lužných lesov v inundácii Dunaja. Posledným príkladom využitia získaných poznatkov je spracovanie podkladov do pripravovanej štúdie týkajúcej sa vyhodnotenia vplyvov uvažovaných riešení koryta Dunaja v úseku Čunovo – Sap na lesné hospodárstvo.

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná operačným programom Výskum a vývoj v rámci riešenia projektu Centrum excelentnosti pre podporu rozhodovania v lese a krajine (ITMS 26220120069) a projektom maďarsko-slovenskej spolupráce INMEIN (HUSK/1101/1.2.1/0141).

Literatúra

- BUCHA, T., VLADOVIČ, J., 2000: Klasifikácia zdravotného stavu lesov pomocou kozmických snímok Landsat TM na modelovom území Lomnistej a Vajskovskej doliny. *Lesnícky časopis - Forestry Journal*, 46(2): 117-127.
- BUCHA, T., BARKA, I., BARTKO, M., 2009: Zhodnotenie zdravotného stavu lužných lesov v inundačnej oblasti Dunaja v úseku Dobrohošť – Sap z leteckých snímok. *Lesnícky časopis - Forestry Journal*, 55(2): 145-164.
- CIESLA, W. M., 2000: Remote Sensing in Forest Health Protection. USDA Forest Service, FHTET Report No. 00-03, 266 p.
- CIFRA, J., 1983: Prognóza vplyvu vodného diela Gabčíkovo na lesné hospodárstvo. *Lesnícky časopis*, 29(2): 137-152.
- , 1987: Podmienky zachovania lužných lesných spoločenstiev na Dunaji. *Lesnícky časopis*, 33(6): 429-440.
- , NEŠTICKÝ, Š., 1990: Hodnotenie hydrotechnických úprav na zachovanie podunajských lesov. *Lesnícky časopis*, 36(5): 397-407.
- GROSS, C.P., 2000: Remote sensing application for forest health status assessment. 2nd edition, Commission of the European Communities, ISBN 92-828-8144-X, 216 p.
- HILDEBRANDT, G., 1991: Remote Sensing Application for Forest Health Status Assessment. Commission of the European Communities, Belgium.
- JACKSON, R. D., 1983: Spectral indices in N-Space. *Remote Sensing of Environment*, 13(5): 409-421.
- KRAMER, K., VREUGDENHIL, S., J., VAN DER WERF, D. C., 2008: Effects of flooding on the recruitment, damage and mortality of riparian tree species: a field and simulation study on the Rhine floodplain. *Forest Ecology and Management*, 255/11: 3893-3903.
- KÜßNER, R., 2003: Mortality patterns of *Quercus*, *Tilia*, and *Fraxinus germinants* in a floodplain forest on the river Elbe, Germany. *Forest Ecology and Management*, 173/1-3: 37-48.
- LEONTOVÝČ, R., KUNCA, A., 2012: Riziká nárastu hubových ochorení vo výsadbách a mladých lesných porastoch. In: KUNCA, A. (ed.): *Aktuálne problémy v ochrane lesa 2012*. Zborník referátov z 21. ročníka konferencie. Zvolen : NLC, s. 71-74.
- MEDDENS, A. J. H., HICKE, J. A., VIERLING, L. A., 2011: Evaluating the potential of multispectral imagery to map multiple stages of tree mortality. *Remote Sensing of Environment*, 115(2011): 1632-1642.
- MORGAN, J. L., GERGEL, S. E., COOPS, N. C., 2010: Aerial photography: a rapidly evolving tool for ecological management. *Bioscience*, 60(2010): 47-59.
- RAŠI, R., BUCHA, T., 2001: The evaluation of forest stands defoliation in the region of water construction system Gabčíkovo using aerial photos. *Lesnícky časopis - Forestry Journal*, 47(2): 165-177.
- , BAJCAR, V., 2005: Zhodnotenie zdravotného stavu lesov vybraného územia ovplyvneného prevádzkou VD Gabčíkovo v roku 2005 pomocou leteckých infračervených snímok. Technická správa, LVÚ Zvolen.
- 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.
- PAGAN, J., 1997: *Lesnícka dendrológia*. Zvolen: TU Zvolen, 378 s.
- ZARCO-TEJADA, P. J., MILLER, J. R., NOLAND, T. L., MOHAMMED, G. H., SAMPSON, P., 2001: Scalling-up and Model Inversion Methods with Narrow-band Optical Indices for Chlorophyll Content Es-

timination in Closed Forest Canopies with Hyperspectral Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing (Special Issue on Hyperspectral Remote Sensing)*, 39(7): 1491-1507.

Summary

The paper presents an evaluation of the forest health condition of the Hydropower plant Gabčíkovo area (Fig. 1). We based our classification on digital multispectral aerial images at the resolution of 30×30 cm from 2011, in the section of Dobrohošť – Sap. The forest mask was derived in the processing of images from the combination of object and raster oriented approach of the image classification. We used a method of visual classification to classify the objects, in raster method – method of classification Isodata. On the defined forest mask, we evaluated the forest health condition using the method of two-phased sampling with regression. The first phase was derivation of the component (New Synthetic Channel - NSC) optimized to highlight the damage. We used the orthogonal transformation of the source channels of images according to relation [1] and [2]. The second phase is represented by data on defoliation of 40 trees from the field surveys and from the evaluation of defoliation on stereo pairs of images. We derived a regression model (Graph 1) using the method of linear regression analysis and data from the first and the second phase. We have calculated the value of defoliation according to the relations [3] and [4] for each pixel. Values of the correlation coefficient $r = 0.93$ and the mean error of the regression line $s_{yx} = \pm 13.3\%$ have confirmed the applicability of the NSC component to estimate the damage and preciseness of such an estimation using more accurate detected defoliation on 40 trees within the second sampling phase. The share of low and moderately damaged stands is 27.5%. There are no stands with an average defoliation of 50% in the area (Tab. 1, Fig. 4 left).

We have identified the occurrence of snags by the particular forest spatial division units using the method of visual interpretation of the stereo pairs of image. Stands were classified into three categories, depending on presence of snags (i) individual, (ii) clustered or (iii) groups or area. Snags were recorded in 123 stands out of 718 analyzed stands (Tab. 2). Stands with snags are presented in Table 3 and Fig. 4 (right).

Presence of 123 stands with snags was analyzed in relation to the actual tree species composition according to the actual prevailing stand type (Tab. 4) and in relation to the actual site conditions using the prevailing management groups of forest types in forest spatial division units. (Tab. 5) The result shows that the more endangered are poplar stands (PT 77) and willow stand of the soft floodplain forests (PT 75) on the driest sites – management groups of forest types 131 and 124.

Field patrol proved that presence of several invasive tree species and plants, directly threatening the native tree species of the floodplain forest. They are, in particular, *Ailantus altissima*, *Negundo aceroides*, *Robinia pseudoacacia*, *Fallopia japonica* and *Impatiens glandulifera*.

The results show that majority of the area has suitable conditions for the existence of floodplain forest communities, their growth and full-value production. An increased attention should be paid to sites with changed habitat conditions. Especially important is to restore flood management and its time optimization in terms of providing water supply to the soil profile, creating the conditions for natural regeneration of tree species of the soft alluvium and controlling spread of non-native species.

Translated by J. Lásková