

# Inventarizacije oštećenosti šuma u Republici Hrvatskoj primjenom infracrvenih kolornih (ICK) aerosnimaka

---

**Kalafadžić, Zvonimir; Kušan, Vladimir; Horvatić, Zvonimir; Pernar, Renata**

*Source / Izvornik:* **Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje: Annales pro experimentis foresticis editio peculiaris, 1993, 4, 163 - 172**

**Journal article, Published version**

**Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:610072>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-09**



*Repository / Repozitorij:*

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



ZVONIMIR KALAFADŽIĆ, VLADIMIR KUŠAN, ZVONIMIR HORVATIĆ  
& RENATA PERNAR

INVENTARIZACIJE OŠTEĆENOSTI ŠUMA U  
REPUBLICI HRVATSKOJ PRIMJENOM  
INFRACRVENIH KOLORNIH (ICK)  
AEROSNIMAKA

FOREST DECLINE INVENTORIES IN REPUBLIC OF  
CROATIA USING COLOUR INFRARED (CIR) AERIAL  
PHOTOGRAPHS

Prispjelo: 29. XII 1992.

Prihvaćeno: 22. II 1993.

Opisuje se inventura oštećenosti šuma u Hrvatskoj primjenom infracrvenih kolornih (ICK) aerosnimaka. Oštećenost pojedinačnih stabala određena je po dopunjenoj skali stupnjeva oštećenosti Europske zajednice, a oštećenost sastojina po vlastitoj postavljenoj skali.

U bukovo-jelovim šumama u jugozapadnoj Hrvatskoj aerosnimanje (1-10.08.1988) i fotointerperatacija provedeni su na dva načina: (a) šume općina Crikvenica, Čabar, Delnice, Ogulin, Rijeka, Senj i Vrbovsko te Nacionalnog parka »Plitvička jezera« snimljene su u uzorku u obliku pruga, dužine oko 296 km. Primijenjena je metoda klasterskog uzorka slična modelu predloženom u Europskoj zajednici. (b) G. j. »Bitoraj« i »Brloško« te Nacionalni park »Risnjak« snimljeni su potpunim prekrivanjem. Oštećenost je određena po izlučenim stratumima interpretacijom krošnji jednolično raspoređenih po površini stratuma. Interpretirane su: jela (*Abies alba* Mill.), smreka (*Picea excelsa* L.), bukva (*Fagus silvatica* L.) i ostale listače zajedno. Najoštećenija vrsta na području regije Rijeka je jela, čije stanje zabrinjava. Na Plitvicama je stanje jele mnogo bolje. Za površine snimljene potpunim prekrivanjem izrađene su karte oštećenosti šuma.

U nizinskim šumama hrasta lužnjaka u Slavonskoj posavini snimljen je uzorak u obliku pruga 20: 07. 1989. godine u šumskom bazenu »Spačva« (oko 50 km) i u okolici Lipovljana (19 km). Oštećenost je određena po cijeloj snimljenoj površini podijeljenoj na stratum, interpretacijom određenog broja krošanja jednolično raspoređenih po površini, proporcionalno veličini stratuma. Interpretirani su: hrast lužnjak (*Quercus pedunculata* Ehrh.), poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* ssp. *pannonica* S o o & S i m o n), obični grab (*Carpinus betulus* L.) i ostale listače zajedno. Inventarizirane šume nalaze se na granici male i srednje oštećenosti.

Ispitivan je odnos oštećenosti šuma te nekih stojbinskih i sastojinskih parametara.

**Ključne riječi:** daljinska istraživanja, fotointerpretacija, infracrveni kolorni aerosnimci, inventura oštećenosti šuma, Hrvatska, jugozapadna Hrvatska, Slavonska posavina, jela, hrast lužnjak

## UVOD – INTRODUCTION

Primjena infracrvenih kolornih ICK aerosnimaka radi inventarizacije oštećenosti šuma je operacionalizirana i u svjetskim razmjerima rutinski se primjenjuje u šumarskoj praksi (Hildebrandt i dr. 1986, Ciesla 1989). Metoda ima određene prednosti u odnosu na ostale metode inventarizacije, a osobite su prednosti ove:

- aerosnimci su fotografska dokumentacija stanja šuma u određenom trenutku; rezultati inventarizacije mogu se u svako doba ponoviti i kontrolirati;
- interpretacijom »stablo po stablo« može se ustanoviti oštećenost svakog stabla u određenom trenutku, što je terestrički vrlo teško izvodljivo.

U Hrvatskoj su se nakon pokusnih snimanja ICK filmom (Tomasegović 1982, Kalafadžić 1987) počeli od 1988. godine na većim površinama primjenjivati ICK aerosnimci za inventarizaciju oštećenosti šuma (Kalafadžić & Kušan 1990a). Ovdje će se u najkraćim crtama prikazati inventarizacije provedene do jeseni 1992. godine. Opširniji podaci se nalaze u radovima Kalafadžića i dr. (1989, 1990).

## PROVEDENE INVENTARIZACIJE INVENTORIES PERFORMED

Provedene su inventure oštećenosti šuma primjenom ICK aerosnimaka na dva područja u Hrvatskoj:

- u bukovo-jelovim šumama u jugozapadnoj Hrvatskoj i
- u nizinskim šumama hrasta lužnjaka u Slavonskoj posavini.

To su naša najvažnija šumska područja s najvrednijim vrstama drveća. Aerosnimci tih inventura su trajni dokument stanja šuma u vrijeme snimanja, dokument nultog stanja. Aerosnimanje je obavljeno normalnokutnom mjernom fotogrametrijskom kamerom LMK 305/23 Zeiss, Jena, ICK filmom Kodak Aerochrome Infrared 2443. Inventure su provedene s vrlo skromnim instrumentarijem, zrcalnim stereoskopima povećanja 3.5x i 8x, neudobnima za rad i nedovoljnog povećanja.

Oštećenost pojedinačnih stabala (krošnji) klasificirana je prema dopunjenoj skali stupnjeva oštećenosti Europske zajednice, odnosno terestricke ankete umiranja šuma u Hrvatskoj (Kalafadžić & Kušan 1989, 1990b). Šumske sastojine razvrstane su u stupnjeve oštećenosti prema vlastitoj skali (Kalafadžić & Kušan 1990b), a na temelju srednje oštećenosti (SO) po formuli (1). Dobar pokazatelj je i indeks oštećenosti (IO) po formuli (2).

$$SO\% = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{\sum f_i} \quad (1)$$

$$IO\% = \frac{\sum f_{(2-4)}}{\sum f_{(0-4)}} \cdot 100 \quad (2)$$

$f_i$  = broj stabala u  $i$ -tom stupnju oštećenosti

$x_i$  = sredina intervala  $i$ -tog stupnja u skali stupnjeva oštećenosti pojedinačnih stabala  
( $x_0 = 5\%$ ,  $x_1 = 17.5\%$ ,  $x_{2,1} = 32.5\%$ ,  $x_{2,2} = 50\%$ ,  $x_3 = 80\%$ ,  $x_4 = 100\%$ )

Na osnovi terestričkih fotografija prikupljenih za izradu fotointerpretacijskog ključa tiskan je atlas izgleda oštećenih stabala jele, smreke i bukve na terenu (Kušan i dr. 1991).

## BUKOVO-JELOVE ŠUME U JUGOZAPADNOJ HRVATSKOJ FIR AND BEECH FORESTS IN SOUTH WEST CROATIA

Oštećenost šuma inventarizirana je u šumama bivše Zajednice općina Rijeka (Crikvenica, Čabar, Delnice, Ogulin, Rijeka, Senj) te Nacionalnog parka »Plitvička jezera«. Aerosnimanje je provedeno 1 – 10. 08. 1988. godine, u prosječnom mjerilu 1:5900. Aerosnimanje i interpretacija obavljani su na dva načina.

(1) Cjelokupna površina šuma prekrivena je uzorkom u obliku pruga u dužini od 296 km (sl. 1). Primijenjena metodologija je slična predloženoj za područje EZ (Hildebrandt i dr. 1986). Radi utvrđivanja metode provedena su prethodna istraživanja na snimkama Plitvica. Pouzdanost interpretacije testirana je s tri nezavisna opažaća. Na svakom drugom kilometru snimljene pruge postavljena je skupina (klaster) od 6 primjernih točaka. Oko svake točke interpretirano je po 20 krošanja (stabala) s obzirom na vrstu drveća (jela – *Abies alba* Mill., smreka – *Picea excelsa* L., bukva – *Fagus sylvatica* L. i ostale listače) te stupanj oštećenosti. Određivane su i neke stojbinske i sastojinske značajke (oblik terena, nadmorska visina, sklopljenost, vrsta smjese i sl.), koje se mogu ustanoviti na aerosnimcima, te topografskim i tematskim kartama.

(2) Šumske površine značajne za znanost (Nacionalni park »Risnjak«) ili s vrlo velikim oštećenjima (gospodarske jedinice »Brloško« i »Bitoraj«) snimljene su u cjelini. Površina je na aerosnimcima razdijeljena na stastojine, na osnovi značajki vidljivih na aerosnimcima (vrsta, oštećenost i sl.). U svakoj sastojini interpretiran je određen broj krošanja, jednolično raspoređenih po površini, proporcionalno veličini sastojine. Na osnovi izračunatih oštećenosti izrađene su karte oštećenosti.

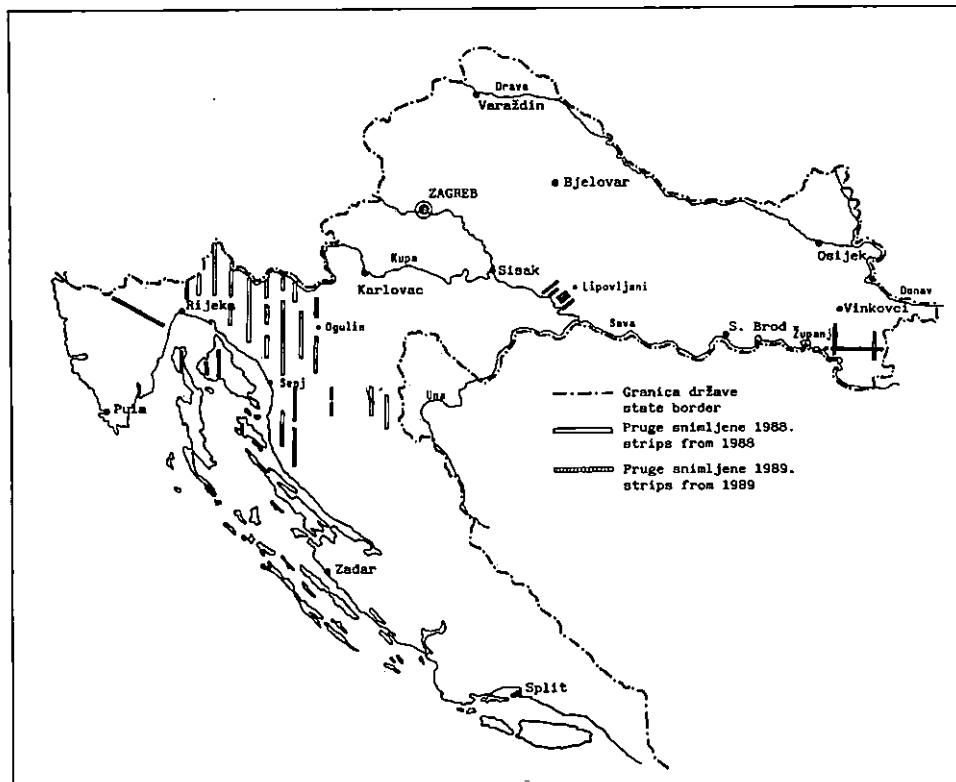
## NIZINSKE ŠUME HRASTA LUŽNJAKA U SLAVONSKOJ POSAVINI LOWLAND PEDUNCULATE OAK FORESTS IN SLAVONIAN SAVA – VALEY

U dogovoru sa šumarskim stručnjacima u Slavonskoj posavini za aerosnimanje su izabrane reprezentativne sastojine nizinskih hrastovih šuma u okolici Vinkovaca i Lipovljana. Aerosnimanje je obavljeno u uzorku u obliku pruga, u šumskom bazenu »Spačva« oko 50 km, u gospodarskoj jedinici »Josip Kozarac« oko 19 km pruga (sl. 1). Aerosnimanje je izvršeno 20. 07. 1989. godine u prosječnom mjerilu 1:6100. Prethodnim istraživanjima provedeno je ispitivanje pouzdanosti fotointerpretatora, te određivanje oblika i veličine uzorka.

Interpretacija je obavljena na cijeloj površini pruga. U stratumima izlučenim prema značajkama vidljivim na aerosnimcima interpretirane su pojedine krošnje jednolično raspoređene po površini. Broj je ovisio o veličini stratuma. Interpretirane su vrste: hrast lužnjak (*Quercus pedunculata* Ehrh.), poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* ssp. *pannonica* Soo & Simon), obični grab (*Carpinus betulus* L.) i ostale listače te njihov stupanj oštećenosti. Za stratum su ocijenjeni i neki sastojinski parametri te napad pepelnice.

VRSTA SPECIES	UDIO STUPNJEVA OŠTEĆENOSTI U % DAMAGE STAGE IN PERCENT						SREDNJA OŠTEĆENOST MEAN DAMAGE	INDEKS OŠTEĆENOSTI INDEX OF DAMAGE
	0	1	2.1	2.2	3	4		
	a) JUGOZAPADNA HRVATSKA - SOUTHWEST CROATIA							
jela - fir	11.0	20.5	41.1	18.5	6.7	2.2	34.3	68.5
smreka - spruce	25.2	40.1	26.4	5.6	0.8	1.9	22.2	34.7
bukva - beech	35.3	41.3	18.3	4.6	0.4	0.1	17.7	23.4
ostale listače - other deciduous species	42.1	49.7	7.6	0.6	-	-	13.6	8.2
ukupno - total	29.2	36.9	23.4	7.7	2.0	0.8	21.7	33.9
b) SUNSKI BAZEN "SPACVA" - FOREST BASIN "SPACVA"								
hrast - oak	5.1	49.3	33.2	11.8	0.5	0.1	26.1	45.6
jasen - ash	8.4	39.5	38.6	13.3	0.2	-	26.7	52.1
grab - hornbeam	36.8	61.1	2.1	-	-	-	13.2	2.1
ostale listače - other deciduous species	30.9	61.7	7.4	-	-	-	14.7	7.4
ukupno - total	7.5	47.1	33.3	11.6	0.4	0.1	25.7	45.4

Tab. 1. Oštećenost vrsta drveća u inventariziranim područjima - Damage of species in inventoried regions

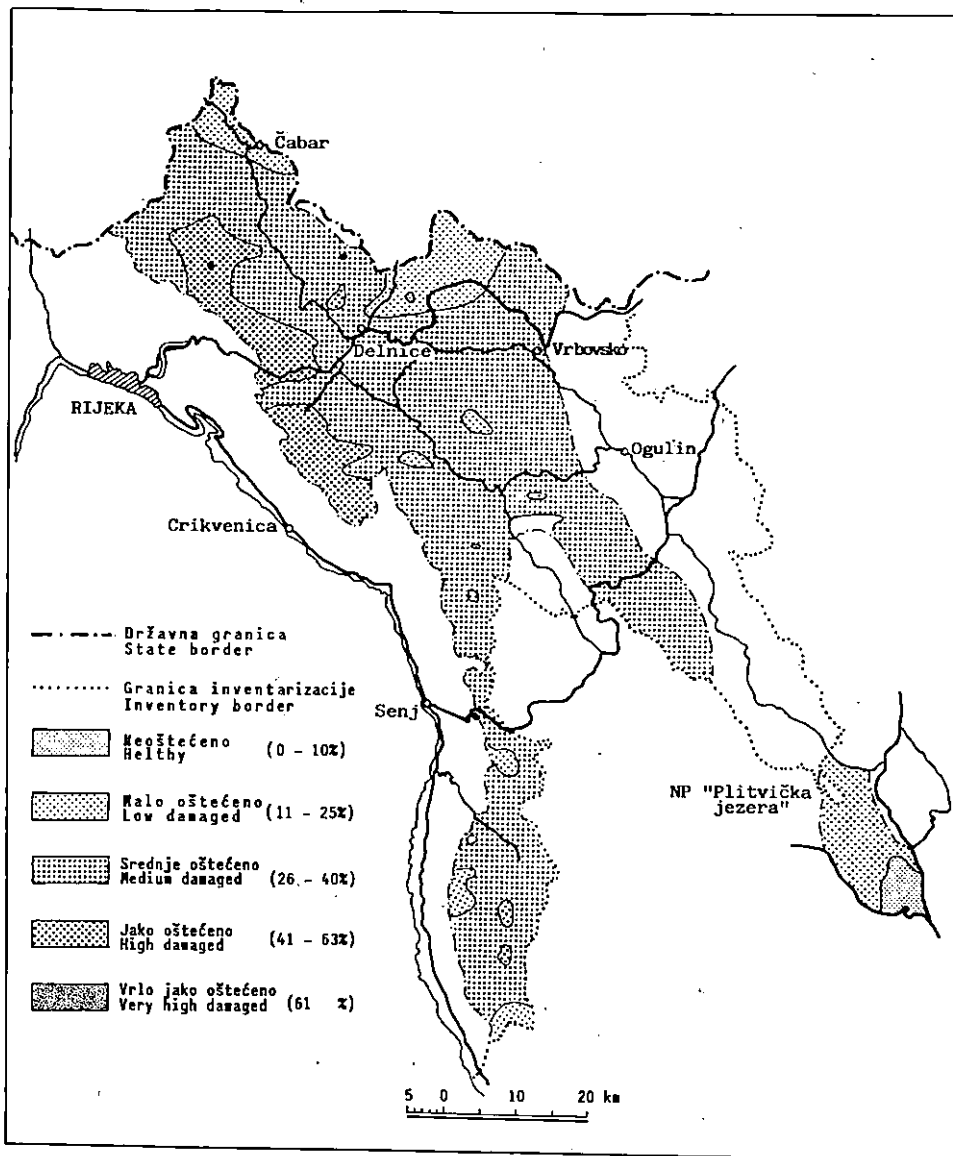


Sl. – Fig. 1. Karta aerosnimanja obavljenih ICK filmom u Hrvatskoj – Map of aerial photography on CIR film in Croatia

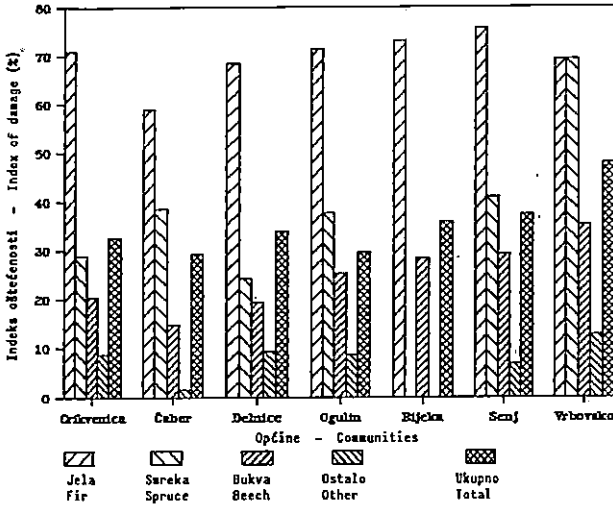
## REZULTATI FOTOINTERPRETACIJE RESULTS OF PHOTOINTERPRETATION

(1) Podaci inventarizacije za područje bivše zajednice Rijeka (tablica 1a, graf. 1) pokazuju da je najoštećenija vrsta jela. Gotovo 90% stabala u uzorku je manje ili više oštećeno, preko polovine stabala jela nalazi se u većim stupnjevima oštećenosti (IO = 68.3%). Smreka je nešto manje oštećena, a bukva je u relativno dobrom stanju. Jela je svugdje jako oštećena vrsta, moglo bi se reći da je ugrožena u svom opstanku. Konstruirana je približna karta prostornog rasporeda oštećenosti (sl. 2).

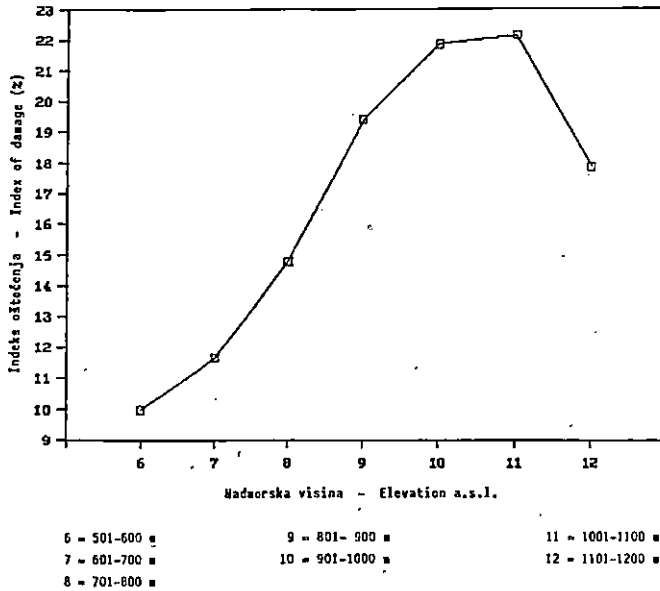
Prema rezultatima inventarizacije šume Nacionalnog parka »Plitvička jezera« su izrazito manje oštećene nego šume na ostalom dijelu inventariziranog područja. To zaključujemo na osnovi indeksa oštećenosti (IO) za Plitvice i ostala područja (IO = 17.7% :33.9%). Zanimljivo je da je jela na Plitvicama u mnogo boljem stanju nego drugdje (IO = 18.5% :68.5%). Za ostale vrste drveća te razlike su manje, ali uvijek u korist Plitvica: smreka (IO = 21.0% :34.7%), bukva (IO = 17.6% :23.4%).



Sl. - Fig. 2. Karta oštećenosti četinjača ZO Rijeka i NP »Plitvička jezera« - Conifer stage damage map in Rijeka region and N.P. »Plitvice lakes«

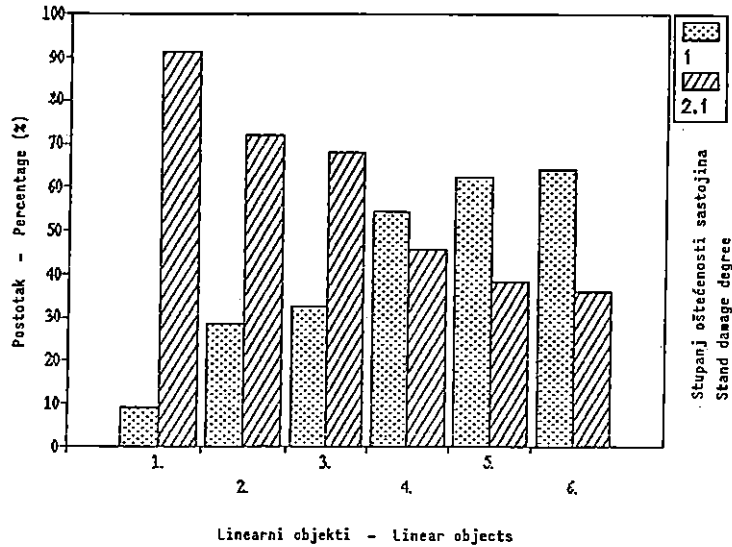


Graf. - Graph. 1. Indeksi oštećenosti vrsta drveća po općinama - Index of damage of particular species in communities



Graf. - Graph. 2. Odnos indeksa oštećenosti i nadmorske visine za jelu u NP »Plitvička jezera« - Relation between index of damage and elevation for fir in N.P. »Plitvice lakes«





- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1. Isušene bare - Meliorated marshes | 4. autoput - Highway                   |
| 2. Javni putevi - Public roads       | 5. Prirodni vodotoci - Natural streams |
| 3. Kanali - Channels                 | 6. Šumske ceste - Forest roads         |

Graf. - Graph 3. Oštećenost sastojina uz prirodne i izgrađene linijske objekte u šumi »Spačva« - Stand damage near natural and built linear objects in forest »Spačva«

Slični odnosi se mogu dobiti uspoređivanjem stanja u nacionalnim parkovima »Plitvička jezera« i »Risnjak«. Analizirana je međusobna ovisnost stupnja oštećenosti te stajbinskih i sastojinskih značajki, i to samo jednostavni odnosi. Kao primjer navodimo odnos oštećenosti i nadmorske visine za »Plitvička jezera« (graf. 2).

(2) U nizinskim šumama hrasta lužnjaka ustanovljeno je da je stupanj oštećenosti inventariziranih sastojina na granici male i srednje oštećenosti. Primjerno su prikazani ukupni podaci za šumski bazen »Spačva« (tablica 1b). Srednja oštećenost (SO) za pojedine vrste drveća iznosi: hrast lužnjak 26.1%, poljski jasen 26.7%, obični grab 13.2% i ostale listače 14.8%.

Interpretacijom ICK aerosnimaka mogu se direktno odrediti oštećenja uzrokovana biotskim faktorima, npr. pepelnicom ili jasenovom pipom, te odnos tih oštećenja i faktora okoliša. U »Spačvi« je konstatirano da je odnos pojave pepelnice za gust, normalan i prekinut sklop 3:2:1. Povećanjem udjela graba pojava pepelnice se smanjuje. Na području Lipovljana, gdje je bio napad jasenove pipe, postavljena je metodologija za inveniuru toga napada (Fliszar 1990).

Kao primjer ustanovljavanja ovisnosti oštećenosti šuma i stanja na terenu navodimo povezanost stupnjeva oštećenosti s prirodnim i izgrađenim linijskim objektima u šumama (graf. 3). Oštećenost ovisi o intenzitetu zahvata u prirodne hidrološke uvjete. Uz isušene bare, asfaltirane ceste s dubokim kanalima i prokopane kanale oštećenja su veća nego uz prirodne vodotoke, obične šumske ceste i autocestu. Manja oštećenja uz autocestu upućuju na sačuvanost prirodnih hidroloških uvjeta.

## ZAKLJUČAK – CONCLUSION

Stupanj oštećenosti šumskog drveća i šumskih sastojina određivan je fotointerpretacijom ICK aerosnimaka. U bukovo-jelovim šumama u jugozapadnoj Hrvatskoj ustanovljeno je da je najoštećenija vrsta jela, dok su smreka i bukva manje oštećene. Teška oštećenja jele na određenim područjima svrstavaju tu vrstu drveća u ugroženu vrstu. Na području Plitvičkih jezera jela je u mnogo boljem stanju.

Nizinske šume hrasta lužnjaka u Slavonskoj posavini se nalaze na granici male i srednje oštećenosti. Izrazito jače oštećenih vrsta i sastojina nema.

Provedene inventure pokazuju niz prednosti fotointerpretacije ICK aerosnimaka za određivanje oštećenosti šumskog drveća i sastojina. Snimanja i inventure bi trebalo ponovo provesti kako bi se dobio uvid u vremensku protegu sušenja šuma.

Fotointerpretacijom aerosnimaka prikupljene informacije o stanju šuma i o značajkama okoliša samo pokazuju određenu ovisnost između stupnja oštećenosti šumskog drveća i sastojina, te stojbinskih i sastojinskih prilika. Tumačenje uočenih pojava i rješavanje problema u vezi s propadanjem šuma nije posao inventarizacije nego je to moguće samo u timskom radu znanstvenika – specijalista za određena znanstvena područja.

## LITERATURA – REFERENCES

- Ciesla, W. M., 1989: Aerial photos for assessment of forest decline – A multinational overview. *Journal of Forestry* 2: 37–41.
- Fliszar, I., 1990: Inventarizacija oštećenosti stabala i sastojina poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) s obzirom na napad jasenove pipe (*Steronychus fraxini* Degeer) intrpretacijom ICK aerosnimki. Diplomski rad, Šumarski fakultet Zagreb, 57 str.
- Hildebrandt, G., O. Grundmann, H. Schmidtke & P. Tepassee, 1986: Entwicklung und Durchfuehrung einer Pilotinventur fuer eine permanente europaeische Waldschadensinventur. KfK-PEF 11, Karlsruhe.
- Kalafadžić, Z., 1987: Primjena infracrvenih kolornih aerosnimki u šumarstvu. *Šum. list* 111 (1–2): 61–67.
- Kalafadžić, Z., & V. Kušan 1989: Opadanje prirasta jele (*Abies alba* Mill.) kao posljedica novonastalih oštećenja šuma u Gorskom kotaru. *Šum. list* 113 (9–10): 415–422.
- Kalafadžić, Z., & V. Kušan 1990a: Ustanovljavanje stanja šuma na velikim površinama primjenom infracrvenih kolornih (ICK) aerosnimki. *Glas. šum. pokuse* 26: 447–459.
- Kalafadžić, Z., & V. Kušan 1990b: Definiranje stupnja oštećenosti šumskog drveća i sastojina. *Šum. list* 114 (10–12): 517–526.
- Kalafadžić, Z., V. Kušan, Z. Horvatić, R. Fintić & B. Hrašovec 1989: Određivanje stupnja oštećenosti šuma bukve i jele interpretacijom ICK aerosnimki: (1) Zajednice općina Rijeka (90 str.), (2) Nacionalni park »Plitvička jezera« (15 str.), (3) Nacionalni park »Risnjak«, te G.j. »Brloško« i »Bitoraj« (30 str.). Zavod za istraživanja u šumarstvu Šumarski fakultet Zagreb.
- Kalafadžić, Z., V. Kušan, Z. Horvatić & R. Fintić, 1990: Određivanje stupnja oštećenosti šuma šumskog bazena »Spačva« interpretacijom ICK aerosnimki. Studija, ZIS, Zagreb, 90 str.
- Kušan, V., Z. Kalafadžić, B. Hrašovec, D. Diminić & M. Zdjelar, 1991: Izgled oštećenih stabala jele, smreke i bukve. Mala ekološka biblioteka 5, Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb.
- Tomasegović, Z., 1982: Mogućnost primjene pseudokolornih aerosnimaka u proučavanju okoliša radi prostornog planiranja. *Bilt. daljin. istraž. fotointerpret.* 1 (3): 7–12.

ZVONIMIR KALAFADŽIĆ, VLADIMIR KUŠAN, ZVONIMIR HORVATIĆ  
& RENATA PERNAR

FOREST DECLINE INVENTORIES IN REPUBLIC OF  
CROATIA USING COLOUR INFRARED (CIR) AERIAL  
PHOTOGRAPHS

*Summary*

The CIR aerial photographs are used in Croatia for operational forest decline assessment since the year 1988. The film Kodak Aerochrome Infrared 2443 and the camera LMK 305/23, ZEISS, Jena were used. The tree crown damage was classified according to the scale used in European community, slightly modified, and the stand damage according to our own established scale.

In the beech and fir forests in southwest Croatia (communities Crikvenica, Čabar, Delnice, Ogulin, Rijeka & Senj and National park »Plitvice lakes«) the CIR aerial imagery was taken (1. - 10. 08. 1988, average scale 1:5900) and interpreted in two ways: (1) The whole area was covered by sample strips (cca 296 km). A cluster sampling method similar to the methodology used in European community was performed. The sampling method was designed according to a preliminary investigation. The fir (*Abies alba* Mill.), beech (*Fagus sylvatica* L.), spruce (*Picea excelsa* L.) and other deciduous species together were interpreted. The results (Tab. 1a, Graph. 1) show that the fir is the most damaged and endangered species. The status of spruce and beech is better. The approximate map of decline status of forests is in good coincidence with the field situation (Fig. 2.). The forests in the National Park »Plitvice lakes« are in much better condition than in the other parts of the inventory area. This is valid also for the status of fir. The relation between forest damage and stand or site characteristics was also investigated, e.g. damage versus heights o.s.l. (Graph. 2. - for Plitvice area).

(2) The areas of the management units »Brloško« & »Bitoraj« and the National park »Risnjak« were photographed with full coverage. The forest was divided into strata in which a number of single crowns equally distributed in the area proportional to the area size was interpreted. A map of decline distribution was made.

In lowland pedunculate oak forests in Slavonian Sava valley sample strips have been taken (20. 07. 1989) in »Spačva« forest region near Vinkovci (50 km), and near Lipovljani (19 km) at a scale 1:6100. The area photographed was divided into strata, in which a number of crowns was interpreted equally distributed and proportional to the stratum area size. The interpreted species were: pedunculate oak (*Quercus pedunculata* Ehrh.), narrow - leaved ash (*Fraxinus angustifolia* spp. *pannonica* S o o & S I M O N), hornbeam (*Carpinus betulus* L.) and other deciduous species together. The over all status of interpreted forests is between the low and medium damage. The results for the forest region »Spačva« are in Table 1b. The damages along ameliorated marshes, deep channels and big roads are bigger than along natural streams and simple forest roads. A good situation along the highway is probable due to the undisturbed natural hidrology (Graph. 3).