

# Planiranje šumskih prometnica – postojeće stanje, određivanje problema i smjernice budućega djelovanja

Tibor Pentek, Dragutin Pičman, Hrvoje Nevečerel

## *Nacrtak – Abstract*

*Planiranje šumskih prometnica trebalo bi biti prva i najvažnija faza složenoga postupka uspostave optimalne mreže šumskih prometnica na terenu. Suvremene tehnike, tehnologije i metode rada, u prvom redu osobna računala, odgovarajući programski paketi, GIS, GPS i dr., omogućuju različite simulacije, raščlambe, usporedbe i u konačnici odabir najpovoljnijih rješenja. Kakva je danas situacija u Hrvatskoj, postoje li pri otvaranju šuma određeni problemi, kako u budućnosti treba djelovati i kojim smjerom najskorije treba krenuti – samo su neka od pitanja kojima se ovaj rad bavi. Osnovni se zaključci mogu objediniti u preporuci da planiranju šumskih prometnica treba pristupiti krajnje ozbiljno i sustavno uz primjenu svih tehnika, tehnologija i metoda rada koje mogu pomoći pri donošenju pravovremenih i pravovaljanih odluka. Takav će pristup rezultirati mnoštvom izravnih i neizravnih koristi, a za ostvarivanje rečenoga treba postaviti čvrste zakonske okvire i propise.*

*Ključne riječi: planiranje šumskih prometnica, primarne šumske prometnice, sekundarne šumske prometnice, studija otvaranja šuma, Šumarska komora*

## 1. Uvod – Introduction

U današnje vrijeme kada se gospodarenje šumskim ekosustavima može s jedne strane ocijeniti kao vrlo intenzivno, izuzetno dinamično, naglašeno integrirano, visoko mehanizirano, na suvremenim tehnikama i tehnologijama utemeljeno i ekološki usmjereno, dok se s druge pak strane nalaze tradicionalne vrijednosti hrvatske šumarske struke (i znanstvene i praktične sastavnice) prihvaćene i procijenjene kao vrlo kvalitetne (možemo bez lažne skromnosti reći da su one model i primjer šumarima drugih zemalja) u globalnom europskom sustavu vrednovanja gospodarski razvijenih zemalja (prirodnost hrvatskih šuma, šumski radovi kojima se potiču u šumi prirodni procesi, biološka raznolikost vrsta, potrajnost gospodarenja s ciljem potrajnosti prihoda itd.), nezamislivo je nepostojanje optimalne, možda je bolje reći najbolje moguće u danim uvjetima mreže šumskih prometnica.

Šumske su prometnice, kako primarne (šumske ceste), tako i sekundarne (traktorski putovi i vlake) i napose one posebne, prijeko potrebna infrastruktura pri gospodarenju šumama na prije opisani, suvre-

meni način. Nedostatak je šumskih prometnica u dalekoj, nešto bližoj, pa čak, moramo navesti i tu činjenicu, u prošlosti koju i mi pamtimo, imao prevladavajuće loše i vrlo loše posljedice za šumu, bez obzira na to da li se radilo o regularnim, prebornim ili primorskim šumama, bez obzira na to da li se gospodarilo u nizinskom, prigorskom, brdskom, gorskom ili krškom reljefnom području.

Šumske su prometnice žile kucavice šumskih područja, primarna i sekundarna mreža šumskih prometnica nadovezuje se jedna na drugu i kao takve se međusobno dopunjuju te tek u svome logičnom jedinstvu čine neraskidivu cjelinu i u potpunosti obnašaju svoju temeljnu zadaću – provođenje svih zadataka u postupku gospodarenja šumom definiranih *Programom gospodarenja*.

Optimiziranje je mreže šumskih prometnica od davnina zaokupljalo šumarske stručnjake tehničke sastavnice složene šumarske struke. Ipak su, uz nesporna znanja povezana s problematikom šumskih prometnica, pri planiranju bila potrebna znanja iz širega područja šumarstva te sveobuhvatno rješavanje složenoga problema otvaranja šuma.

Bilo je razdoblja kada su se šume vrlo intenzivno otvarale šumskim prometnicama, što je povezano s mehaniziranjem šumskih radova (otvarale su se šume i prije, ali drugim sustavima otvaranja primjerenim vremenu i prostoru), bilo je pak vremenskih okvira kada je optimiziranje mreže šumskih prometnica počivalo, gotovo isključivo, na teoretskim modelima minimalnih ukupnih troškova pridobivanja drva, što je bila posljedica istovrsne težnje koja se samo koju godinu ranije pojavila u vodećim europskim šumarskim zemljama (npr. Njemačkoj, Austriji, Švicarskoj, Švedskoj, ali i u današnjoj Češkoj i Slovačkoj).

Različiti su stručnjaci na različite načine raščlanili troškove koji imaju utjecaja na izračun tzv. prekretnice troškova, odnosno one količine šumskih cesta (idealno smještene u prostoru), kod koje su ukupni troškovi pridobivanja drva minimalni. Takva »ekonomska« optimizacija mreže šumskih cesta u današnje vrijeme (prema Sabadiju 1990) jedva da još ima opravdanje. Petnaest je godina poslije potpuno bespredmetno raspravljati o ovoj metodi optimiziranja šumskih cesta.

Šumski je ekosustav vrlo dinamičan i fleksibilan, kako sam za sebe tako još izraženije u svom okruženju. Ta izražena sklonost promjenama otežava planiranje šumskih operacija, a time i šumskih prometnica. Srećom, bar s gledišta kvalitetnoga rješavanja problema otvaranja šuma, živimo u vrijeme intenzivnih promjena i gotovo svakodnevnih novih dostignuća u području informatike. Iako je šumarstvo po svojoj definiciji tradicionalna struka, ono je prihvatilo praktična dostignuća razvijenoga svijeta: osobna računala, GIS, GPS, aviosnimci, satelitski snimci itd. te su ona pronašla svoju primjenu koja svakim danom sve više raste.

Tako se i planiranje šumskih prometnica, u imalo ozbiljnijim razmatranjima, ne može i ne smije provoditi bez uporabe suvremenih tehnika, tehnologija i metoda rada. Nekadašnje bojenje karata, preklapanje različitih sadržaja te mukotrпно svakogodišnje ažuriranje promjena klasičnim načinom odlazi u šumarske arhive, a GIS tehnologije i specijalizirani računalni programi ulaze u šumarstvo današnjice na velika vrata.

## 2. Problematika istraživanja – *Scope of research*

Planiranje, projektiranje, izgradnja i održavanje šumskih cesta osnovne su sastavnice kompleksnoga postupka uspostavljanja optimalne mreže primarnih šumskih prometnica na terenu. Te se sastavnice međusobno prožimaju i jedna su s drugom neraskidivo povezane, što znači da se ne može pristupiti

idućoj fazi rada prije nego što je prethodna faza uspješno odrađena.

Optimalna mreža šumskih cesta jamči racionalnije i potpunije, a svakako i uspješnije gospodarenje čitavim šumskim ekosustavom, uz minimalno narušavanje ekoloških zakonitosti i ekološke ravnoteže koja tu vlada. Također, dobro položena i pravilno razmještena mreža šumskih cesta omogućuje izvođenje svih zadataka predviđenih gospodarskom osnovom određenoga šumskoga područja uz minimalne troškove i maksimalni radni učinak.

Mnogi su se autori bavili otvaranjem šuma i planiranjem trasa šumskih cesta. Različiti autori imali su različite ideje koje su rezultirale drugačijim pristupom navedenoj problematici. Kronološkim slijedom navodimo najznačajnije autore: Von Segebaden (1964), Dietz, Knigge i Löffler (1984), Shiba, Ziesak i Löffler (1990), Shiba (1992), Session (1992), Dahlin i Sallnas (1992), Tan (1992), Lihai (1992), Setyabudi (1994), Krč (1995), Hentschel (1996), Dürstein (1996), Erdas, Acar, Karaman i Gümüs (1997), Pičman i Pentek (1998), Häyrinen (1998), Heinimann (1998), Pentek (1998), Yoshimura i Kanzaki (1998), Wolf (1998), Sessions, Chung i Heinimann (2001), Pičman, Pentek i Poršinsky (2002), Pentek, Pičman, Krpan i Poršinsky (2003), Pentek, Pičman i Nevečerel (2004), Pentek, Pičman i Poršinsky (2004), Pentek, Pičman, Nevečerel, Horvat i Poršinsky (2005), Pentek, Pičman, Potočnik, Dvorščak i Nevečerel (2005), Potočnik, Pentek i Pičman (2005).

Analizom radova navedenih autora mogu se razlučiti ovi pristupi optimizaciji mreže šumskih cesta:

- tradicionalno (klasično) planiranje
- planiranje primjenom suvremenih tehnologija (GIS, GPS, DTM...)
- kombinirano planiranje.

Kombinirano je planiranje idealno rješenje jer pretpostavlja interakciju suvremenih tehnologija i šumarskoga znanja, informatičkih dostignuća, stručnosti i iskustva. Razlog uporabe suvremenih tehnologija pri planiranju optimalne mreže šumske prometne infrastrukture leži u značajnom broju čimbenika koje treba uskladiti. Da bi se to suglasje postiglo, nužno je obraditi velik broj relevantnih informacija. Održiva je činjenica da se najbolja moguća inačica određene šumske ceste može odrediti samo i samo tako da se teoretski računalni modeli testiraju na terenu i u praksi odnosno u konkretnim, stvarnim uvjetima. Osim provjere dobivenih rezultata nužna je i provjera ulaznih podataka, jer su ulazni podaci, njihova struktura i težina »ključ« odabira optimalnih rješenja.

Pentek (1998) smatra da se čimbenici koji najviše utječu na prostorni raspored mreže šumskih prometnica mogu podijeliti u ove skupine:

- na čimbenike izravno vezane uz šumski teren koji se otvara mrežom šumskih prometnica
- na čimbenike normiranih tehničkih obilježja određene kategorije šumskih prometnica
- na čimbenike šumskih sastojina na otvorenom području
- na čimbenike primijenjene metode i tehnologije rada pri sječi i izradbi
- na čimbenike tehničkih sredstava koji se upotrebljavaju u drugoj fazi iskorištavanja
- na čimbenike postojeće prometne infrastrukture (šumske i javne prometnice)
- na čimbenike općekorisnih funkcija šume
- na ekološke čimbenike, na klimatske čimbenike
- na sociološke čimbenike, te na ostale čimbenike.

Pentek (2002) piše kako primarna mreža šumskih prometnica (šumske ceste) može biti optimizirana prema prevladavajućem kriteriju optimizacije (prosudbe optimalnosti), te da se pritom razlikuju: ekonomska optimizacija, tehničko-tehnološka optimizacija, okolišno-ekološka optimizacija, sociološko-estetska optimizacija i sveobuhvatna optimizacija.

Sveobuhvatna je optimizacija ideal kojemu treba težiti pri postupku planiranja mreže šumskih cesta, a upravo što bliža rješenja tomu idealnomu stalna su težnja šumarskih stručnjaka.

U današnje vrijeme globalnoga buđenja čovjekove svijesti o potrebi čuvanja i očuvanja okoliša šumske su prometnice, kao građevinski objekti u šumi, izvrnute većoj kritici nego ikada prije. Određenu štetnost šumskih prometnica na šumski ekosustav (koja se pametnim planiranjem može maksimalno umanjiti) ne treba negirati, ali se ne smije ići ni u drugu krajnost i tu štetu uvećavati.

Pravilno položena mreža šumskih prometnica, koja je svoje mjesto u prostoru pronašla temeljem studioznoga pristupa problemu i detaljne raščlambe cjelokupne kompleksne problematike sagledane s različitih stajališta, svakako će u konačnici polučiti mnogostruko više koristi za čovjeka, šumu i šumarstvo nego što će prouzročiti šteta. Potrebno je angažmanom svih potencijala postići neraskidivu skladnu vezu šuma – šumska prometnica, u kojoj će se šumska prometnica nenametljivo uklopiti u svoje okruženje.

### 3. Rezultati istraživanja – Results of research

#### 3.1. Postojeća situacija u Republici Hrvatskoj – Current situation in the Republic of Croatia

Sukladno mnoštvu različitosti sastojinskih i stanišnih čimbenika na relativno malom području, kako je Republika Hrvatska, postojeća otvorenost i

**Tablica 1.** Minimalna i planirana otvorenost prema različitim šumskim područjima u Hrvatskoj

**Table 1** Minimum and planned openness of different forest areas in Croatia

Šumsko područje RH <i>Forest area in RC</i>	Minimalna otvorenost 1990. g., m/ha <i>Minimum openness in 1990, m/ha</i>	Planirana otvorenost 2010. g., m/ha <i>Planned openness in 2010, m/ha</i>
Nizinsko područje <i>Lowland area</i>	7,00	15,00
Prigorsko-brdsko područje <i>Hilly-mountainous areas</i>	12,00	20,00
Planinsko područje <i>Mountainous area</i>	15,00	25,00
Krško područje <i>Karst area</i>	-	10,00

potreba za daljnjim otvaranjem šuma šumskim cestama (s ciljem postizanja optimalne otvorenosti ili bar otvorenosti blizu optimalne ili najbolje moguće otvorenosti) poprilično je različita.

Kolika je optimalna otvorenost određenoga reljefnoga područja? Kako izračunati optimalnu otvorenost? Da li je optimalna otvorenost iskazana duljinom šumskih prometnica po jedinici površine dovoljan putokaz pri otvaranju šuma? Navedena i još mnoga druga pitanja zahtijevaju konkretne i brze odgovore.

No, vratimo se postojećoj situaciji. Šikić i dr. (1989) definiraju osnovne parametre za izračun otvorenosti određenoga šumskoga područja šumskim cestama. Ti autori definiraju minimalnu i planiranu otvorenost prema različitim reljefnim područjima, što je prikazano u tablici 1.

Treba napomenuti kako su navedene vrijednosti otvorenosti samo putokaz koji u nedostatku boljega treba slijediti, ali ga se ne treba slijepo držati jer je otvaranje svake gospodarske jedinice, odnosno slivnoga ili gravitacijskoga područja, problem za sebe koji u konkretnim uvjetima traži najbolja rješenja.

Nedostatak vremena pri izvedbi svih šumskih radova propisanih gospodarskom osnovom, kronična nestašica financijskih sredstava kao osnovni razlog za rezanje u prvom redu planova investicija, ali i nedovoljna inicijativa šumara koji se bave cjelokupnom problematikom šumskih prometnica, uz još niz što objektivnih, a što subjektivnih razloga, osnovni su razlozi nedovoljnoga pridavanja pozornosti planiranju šumskih prometnica.

Ova se faza uspostave optimalne mreže šumskih prometnica na terenu, pri svakodnevnom obavljanju šumarskih zadaća, najčešće marginalizira i stavlja u drugi plan, iako je potpuno jasno da se samo studioznim i planskim pristupom otvaranju šuma može-

mo približiti optimalnoj otvorenosti i uspješno uspostavljenoj mreži šumskih prometnica na terenu.

Treba naglasiti svijetle primjere iz prošlosti kada su na području današnjih UŠP Vinkovci, Osijek i Našice, u vrijeme kada nije bilo suvremenih tehnologija, tehnika i metoda rada, klasičnim, ali vrlo kvalitetnim pristupom planiranju, izrađivani investicijski planovi otvaranja šuma. Te su »studije otvaranja« definirale idejne trase šumskih cesta, branile njihovu opravdanost, utvrđivale dinamiku gradnje, projicirale troškove izgradnje i održavanja šumskih prometnica te davali mnoštvo ostalih, vrlo korisnih podataka i za otvaranje šuma, i za planiranje šumskih operacija i poslovanje poduzeća u cjelini.

Preskakanjem ove prve faze rada otvaranju se šuma pristupa više-manje stihijski, bez kratkoročnih, srednjoročnih i dugoročnih planova otvaranja, otvaraju se manja (izdvojena) područja (najčešće neotvoreni ili nedovoljno otvoreni odjeli koji dopijevaju na red za sječju), odjeli se otvaraju po načelu gašenja vatre i kratkotrajnoga rješavanja problema, grade se kilometri cesta koji ne ispunjavaju najbolje svoju osnovnu zadaću (ako govorimo o gospodarskim šumama, to je smanjivanje srednje udaljenosti privlačenja), odabrane lokacije trasa budućih šumskih prometnica nisu detaljno raščlanjene i kao takve uklopljene na najbolji mogući način u postojeću šumsku prometnu infrastrukturu itd.

Posljedica takva pristupa otvaranju šuma, uz neučinkovitu mrežu šumskih prometnica koja nije u potpunom suglasju s okolišem, jesu veći troškovi izgradnje i održavanja šumskih prometnica te veći troškovi pridobivanja drva.

### 3.2. Prijedlozi rješavanja problema – *Proposed solutions*

Problem je planiranja šumskih prometnica moguće riješiti samo zajedničkim djelovanjem svih sastavnica šumarske struke u Hrvatskoj. Tu moraju biti uključene »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb, koje će u rješavanju navedenoga problema prepoznati svoj interes i dugoročno određeni prosperitet, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, koji treba izraditi *Metodološku studiju primarnoga* i *Metodološku studiju sekundarnoga otvaranja šuma* uz izobrazbu stručnjaka iz operative za njihovu samostalnu izradu, te Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva, koje će pripremiti zakonske okvire za ostvarivanje predmetne ideje.

Otvaranje se šuma ne smije provoditi stihijski s jedinim ciljem izgradnje što veće količine šumskih cesta godišnje kako bi se postigla otvorenost što bliža optimalnoj, već se samo temeljem izrađene *Studije primarnoga otvaranja* za određeno šumsko područje na znanstveno-stručnom načelu mogu izraditi cjelo-

vita, općeprihvatljiva rješenja. Za svako je šumsko gospodarsko područje nužno, na razini gospodarske jedinice, izraditi *Studiju primarnoga otvaranja* za desetogodišnje razdoblje koju će prihvaćati za tu svrhu imenovano povjerenstvo. To pretpostavlja uspostavljanje centra za stalnu izobrazbu, provedbu ispita i izdavanje dopusnica za izradu studija otvaranja šuma – Šumarske komore.

U izradu svake *Studije primarnoga otvaranja* potrebno je uključiti sve fizičke i pravne osobe (privatni šumovlasnici, jedinice lokalne uprave i samouprave, nadležna ministarstva i institucije) kojima je u interesu da sudjeluju pri donošenju određenih odluka u šumarstvu (u ovom slučaju u odabiru trasa budućih šumskih prometnica). Naime, »glas javnosti« se u zapadnoeuropskim zemljama sve više uzima u obzir. Javnost se uključuje, kada je o šumskim cestama riječ, u postupak planiranja, ali ravnopravno sudjeluje i u raspodjeli troškova kako gradnje tako i održavanja šumskih cesta.

Pri planiranju šumskih prometnica treba koristiti GIS (sustav koji se sastoji od integriranih geokodiranih kartografskih podloga i relacijskih baza podataka, zatim od algoritama pomoću kojih upravljamo tim podacima, te od postupaka za brzo i ekonomično uspostavljanje nastalih promjena, što je osobito značajno u praćenju dinamike promjena u šumarstvu) i GPS uređaje (za inventarizaciju postojećih šumskih prometnica, izradbu katastra, ali i za prenošenje računalnim modelima odabranih i na odgovarajućim podlogama simuliranih idejnih trasa šumskih prometnica na teren).

Upravo se GIS potvrdio kao tehnologija koja povezuje podatke po svim vrstama kriterija, omogućuje neprekinuto praćenje promjena u šumskom ekosustavu, te planiranje i pravodobno donošenje odluka, dok se GPS pokazao kao izuzetno učinkovito sredstvo za dopunu GIS-a slojem postojećih šumskih prometnica te za lociranje odabranih trasa budućih šumskih cesta na terenu (provjera opstojnosti računalnoga modela na terenu).

Po određivanju lokacija budućih šumskih cesta na računalu nužno ih je pomoću GPS-a prenijeti na teren, obaviti rekognosciranje terena te u moguću trasu budućih šumskih cesta uklopiti osovinski poligon (čime započinje faza projektiranja šumskih cesta).

### 3.3. Studija primarnoga otvaranja šuma – *Study of Primary Forest Opening*

Faze kreiranja sveobuhvatno optimizirane mreže šumskih cesta definirali smo kako slijedi:

- definiranje osnovne funkcije šuma sastojinsko-ga oblika i načina gospodarenja, dizajniranje računalnih baza podataka te stvaranje GIS-a istraživanoga područja



- raščlamba postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture
- određivanje mogućih trasa budućih šumskih cesta
- raščlamba odabranih mogućih lokacija budućih šumskih cesta i postizanje ciljane otvorenosti
- optimiziranje mreže odabranih šumskih cesta glede visinskoga razvijanja trase
- prenošenje idejnih trasa šumskih cesta na teren te ispitivanje opstojnosti modela na terenu.

### 3.3.1. Nulta faza optimiziranja – *Zero stage of optimizing*

Nulta je faza optimiziranja svojevrsna pripremna faza za daljnji tok postupka optimizacije mreže šumskih cesta. Tu treba definirati osnovnu namjenu šuma, sastojinski oblik i način gospodarenja, te osmisliti, dizajnirati i stvoriti potrebne računalne baze podataka i povezati ih sa šumskogospodarskim zemljovidima digitalnoga oblika s ciljem uspostave GIS-a.

Osnovna funkcija šuma je, u modelu optimizacije koji se osniva na načelu funkcionalnosti, polazište i temeljni čimbenik na koji se dalje nadograđuju, po fazama optimizacije, ostali dominantni utjecajni čimbenici i cjelokupna metodologija optimizacije. Definiranjem osnovne funkcije šuma izravno smo definirali i kategoriju šumskih cesta, kojima će se otvaranje predmetnoga područja provesti. Sastojinski oblik i način gospodarenja šumama otvaranoga područja također su neizbježni parametri koje treba raščlaniti na samom početku provedbe postupka optimiziranja.

Računalna baza podataka sama za sebe ima vrijednost utoliko što su svi podaci o određenom šumskom području prikupljeni na jednom mjestu i sortirani na način kako nama najbolje odgovara; međutim njezina prava vrijednost dolazi do izražaja onoga trenutka kad se atributna baza podataka poveže s prostornom jedinicom odsjeka. Povezivanjem računalne baze podataka i odsjeka na šumskogospodarskim zemljovidima u digitalnom obliku u kombinaciji s GIS tehnologijom, dobivene su valjane podloge za provedbu različitih raščlamba, rezultat kojih su dobre, pravovaljane i pravodobne odluke.

### 3.3.2. Prva faza optimiziranja – *The first stage of optimizing*

Raščlamba postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture sastoji se od niza operacija i postupaka kojima je osnovna zadaća utvrditi kakvoću, kolikoću i možebitne nedostatke postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture. Ovisno o polučanim rezultatima raščlamba, usmjerit će se daljnji tok optimiziranja šumske transportne mreže.

U ovoj fazi optimiziranja utvrđuju se: prosječna postojeća stvarna srednja udaljenost privlačenja, postojeći troškovi privlačenja drva, ciljana otvorenost i ciljana stvarna srednja udaljenost privlačenja, relativna otvorenost za izračunatu prosječnu ciljnu stvarnu srednju udaljenost privlačenja, učinkovitost pojedine šumske ceste i cestovne mreže u cjelini, te se definiraju neotvorene površine. Po potrebi se mogu odrediti i drugi parametri.

### 3.3.3. Druga faza optimiziranja – *The second stage of optimizing*

Za svaku gospodarsku jedinicu stvara se zasebna računalna baza podataka. Izuzetno bogatu, potpunu bazu podataka treba smanjiti, pojedine čimbenike objediniti i ponovno definirati. Razlozi smanjivanja broja ulaznih podataka potrebnih za izračun leže u osnovnim značajkama svih vrsnih modela, u jednostavnosti, preciznosti, primjenjivosti i provjerljivosti.

Pri dizajniranju nove, radne baze podataka opredijelili smo se za metodu rada »iz velikoga u malo«, odnosno »od općega k posebnomu«. Prvo su definirani *kriteriji procjene optimalnosti* mreže šumskih cesta koji su svrstani u prioritetne razine postupka optimiziranja, a zatim su, za svaki pojedini kriterij procjene, određeni *složeni dominantni utjecajni čimbenici* u koje su zatim objedinjeni *jednostavni dominantni utjecajni čimbenici*.

### 3.3.4. Treća faza optimiziranja – *The third stage of optimizing*

U ovoj fazi optimiziranja mreže šumskih cesta potrebno je ponajprije definirati bodovnu granicu opstojnosti osnovnih četverokutnih nositelja informacija u daljnjem tijeku postupka optimiziranja. Drugim riječima, oni osnovni nositelji informacija čiji je broj prikupljenih bodova ispod granice opstojnosti eliminiraju se iz daljnjih operacija isto kao i oni osnovni nositelji informacija koje smo izbacili radi primjene načela isključivosti pri ocjeni određenoga složenoga dominantnoga utjecajnoga čimbenika. Osnovni nositelji informacija čiji je zbroj bodova veći od minimalno potrebnoga, opstaju u postupku optimiziranja i na njima provodimo treću fazu optimiziranja mreže šumskih cesta.

Dobiveni model mogućih trasa budućih šumskih cesta prilagođava se konkretnoj situaciji, a primjenom metode omeđenih površina provodi se izračun površine učinkovitih omeđenih površina, površine »mrtvih zona« i koeficijenta učinkovitosti, te obavlja raščlamba mogućih lokacija budućih šumskih cesta prema kriteriju najvećega utjecaja na otvaranje predmetnoga šumskoga područja. Nakon izlučivanja trasa

novoprojektiranih šumskih cesta ponovno se obavlja njihovo uklapanje u postojeću mrežu šumskih cesta, a za ukupnu (postojeću i novoprojektiranu) mrežu šumskih cesta ponovno se provodi postupak raščlambe kao u *provoj fazi optimiziranja*.

### 3.3.5. Četvrta faza optimiziranja – *The fourth stage of optimizing*

Rezultat treće faze optimiziranja mreže šumskih cesta jest položajno optimalna mreža šumskih cesta; kao lokacije novoprojektiranih šumskih cesta odabrani su oni osnovni nositelji informacija za koje se različitim metodama i sustavima ocjenjivanja optimalnosti, od složenih dominantnih utjecajnih čimbenika preko kriterija i prioritetnih razina do sveobuhvatne optimizacije, utvrdilo da su najbolji. Kao podloge se koriste slojnički zemljovid u digitalnom obliku, na njih se primijenjuje GIS tehnologija raščlambe podataka i informacija, pri čem se rabe već postojeće ili uvode vlastite metode. Svi se rezultati optimiziranja odnose na plošni raspored mreže šumskih cesta, dok se visinska sastavnica razvijanja trasa šumskih cesta dosad nije razmatrala. To je zadaća ove faze optimiziranja.

### 3.3.6. Peta faza optimiziranja – *The fifth stage of optimizing*

Idejne se trase šumskih cesta određene temeljem *Studije primarnoga otvaranja šuma* prenose na teren pomoću GPS uređaja. U našim je istraživanjima korišten GPS uređaj Trimble GeoExplorer 3, a na teren su prenesene samo lomne točke (točke u kojima šumska cesta mijenja svoj smjer) idejnih trasa šumskih cesta. One su na terenu obilježene crveno obojenim kolčićima s upisanim brojem lomne točke. Oznake su lomnih točaka (poradi lakšega pronalaženja i osiguranja idejne trase šumske ceste) upisivane crvenim markirnim sprejem i na stabla u neposrednoj blizini lomnih točaka. Na taj je način na terenu ugrubo postavljena svojevrsna istoznačica nultoj liniji pri klasičnom postupku planiranja (u engleskom jeziku se za idejnu trasu određenu temeljem studije otvaranja koristi naziv *P-line*).

Idejna trasa služi kao putokaz pri postavljanju osovinskoga poligona (operativnoga poligona) šumske ceste. Uklapanje je obavljeno primjenom padomjera s preklopnom busolom uz što kvalitetnije zadržavanje smjera obilježene trase buduće šumske ceste, ali i uz poštovanje svih pravila i uzusa koji vrijede pri postavljanju osovinskoga poligona šumske ceste pri normalnom slijedu njezina planiranja (uklapanje osovinskoga poligona u najpovoljniju nultu liniju) i projektiranja.

Poligone su točke iznova snimljene GPS-om te primjenom programa GPS Pathfinder Office 2.80 obrađene i prebačene na digitalne zemljovide pomoću programske paketa ArcGIS. Slikovni prikazi sa slojnicama kao podlogom zorno prikazuju odstupanje osovinskoga poligona projektirane šumske ceste od idejne trase šumske ceste locirane računalnim modelom. To omogućuje određene korekcije ostalih idejnih trasa kako bi se u konačnici na terenu uspostavila uistinu najbolja moguća mreža šumskih cesta.

### 3.4. Koristi polučene 'Studijom primarnoga otvaranja šuma' – *Benefits achieved by the 'Study of Primary Forest Opening'*

Koristi koje se mogu polučiti od svih izrađenih studija primarnoga otvaranja šuma dijele se na izravne i neizravne koristi. Sljedeće su izravne koristi potvrđene na pilot projektu u dvjema gorskim gospodarskim jedinicama:

- Već prva faza optimiziranja daje odgovor na pitanje o kakvoći i kolikoći postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture (kako u cjelini tako i za pojedinu sastavnicu) te usmjerava naše daljnje aktivnosti glede otvaranja šuma primarnim šumskim prometnicama, čime se izbjegava nepotreban gubitak vremena u boljem ili nepotrebnom investiciji u gorem slučaju.
- Ista se ili veća učinkovitost (iskazana koeficijentom učinkovitosti) mreže primarne šumske prometne infrastrukture uz istu ili manju srednju udaljenost privlačenja drva postiže s približno 2 do 4 km manje šumskih cesta po 1000 ha ako se uspoređuje plansko otvaranje na razini gospodarske jedinice (preko *Studije primarnoga otvaranja*) s tzv. stihijskim otvaranjem bez sustavnoga, razrađenoga pristupa.
- Manjim se intenzitetom gradnje šumskih cesta uz jednake rezultate učinkovitosti mreže primarne šumske prometne infrastrukture samo na troškovima izvedbe šteti između 500 000 i 1 000 000 kn na površini šuma i šumskoga zemljišta od 1000 ha (uz pretpostavku prosječne planske cijene izgradnje 1 km šumske ceste od 250 000 kn/km), dok se u pretpostavljenom razdoblju amortizacije (35 do 40 godina), na temelju potrebe za provedbom radova tekućega i periodičnoga održavanja (u prosječnim uvjetima), taj iznos udvostručuje i doseže vrijednost od 1 000 000 do 2 000 000 kn/1000 ha površine.
- Izgradnja je šumskih cesta jeftinija (u usporedbi s planskom cijenom) jer je jedan od kriterija prosudbe optimalnosti i ekonomski kri-

terij, a troškovi su održavanja također niži jer je interval između pojedinih periodičnih popravaka dulji te intenzitet radova održavanja šumskih cesta manji.

- Ako postoji *Studija primarnoga otvaranja šuma* za područje u kojem još treba provesti značajne zahvate u izgradnji šumskih cesta, moguće je pri izradi studije simulirati frekvenciju i intenzitet prometa u pojedinim dijelovima šumskoga transportnoga sustava te temeljem rezultata raščlambe preporučiti različite tehničke značajke za različite dionice šumskih cesta; time je moguća daljnja ušteda pri uspostavi najbolje moguće mreže primarne šumske prometne infrastrukture.
- U svezi s prethodnom točkom, temeljem *Studije primarnoga otvaranja šuma* za pojedina područja, mogu se i pojedine dionice šumskih cesta, opet u ovisnosti o prometnom opterećenju i frekvenciji prometa, ciljano, planski i kontrolirano održavati, čime se postiže smanjivanje troškova.
- Troškovi su pridobivanja drva manji poradi planskoga, sustavnoga otvaranja šuma i odabira najpovoljnijih lokacija šumskih cesta prema tehničko-tehnološkomu kriteriju prosudbe optimalnosti, a idejne trase šumskih cesta i stvarno projektirane trase šumskih cesta novo ucrtane u GIS podloge omogućuju izradu *Studije sekundarnoga otvaranja šuma*, čime se detaljno provodi planiranje »finoga« otvaranja šuma te pridonosi daljnjemu smanjenju troškova pridobivanja drva.

Kao neizravne koristi mogu se izdvojiti:

- Jednom uspostavljen GIS istraživanoga područja primjenjiv je u svim segmentima šumarstva te kao takav pomaže pri planiranju ostalih radova u šumarstvu.
- Baza podataka i GIS sustav se može komercijalizirati i izvan šumarstva jer postoji puno zainteresiranih korisnika šume i šumskoga prostora (npr. operateri mobilne telefonije, televizijske kuće, elektroprivreda, vodoprivreda, lokalna uprava, turistička zajednica i dr.).

#### 4. Literatura – References

Dahlin, B., O. Sallnas, 1992: Using network analysis for road and harvest planning. Proceedings IUFRO Workshop on Computer Supported Planing of Roads and Harvesting, Feldafing, Germany, 36–41.

Dietz, P., H. Löffler, W. Knigge, 1984: Walderschließung, Eine Lehrbuch für Studium und Praxis unter besonderer

Berücksichtigung des Waldwegebbaus. Verlag Paul Parey, Hamburg – Berlin, 1–196.

Dürstein, H., 1996: Opening up of a mountainous region – decision making by integration of the parties concerned applying cost-efficiency-analysis. Proceedings on Seminar on Environmentaly sound forest roads and wood transport, Sinaia (Romania), 17–22 June 1996, basic paper, 34–43.

Erdas, O., H. Acar, A. Karaman, S. Gümüs, 1997: Selecting of Forest Road Routes on the Mountainous Areas Using Geographical Information Systems. XI. World Forestry Congress, Antalya, Turkey, Vol. 3, 214–220.

Häyrinen, T., 1998: Forest road planning and landscaping. Proceedings of the Seminar on Environmentaly sound forest roads and wood transport, Sinaia (Romania), 17–22, June 1996, 50–61.

Heinimann, H. R., 1998: Opening-up planning taking into account environmental and social integrity. Proceedings of the Seminar on Environmentaly sound forest roads and wood transport, Sinaia (Romania), 17–22 June 1996, 62–72.

Hentschel, S., 1996: GIS gestutze Herleitung der flachenhaften. Forsttechnische Informationen, 1–2: 8–13.

Krč, J., 1995: Model napovedovanja oblika spravila lesa. Magistrsko delo, Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, 1–115.

Lihai, W., 1992: Computing optimal combination of seasonal and all season roads for harvesting operations in China. Proceedings IUFRO Workshop on Computer Supported Planing of Roads and Harvesting, Feldafing, Germany, 53–56.

Pentek, T., 1998: Šumske protupožarne ceste kao posebna kategorija šumskih cesta i čimbenici koji utječu na njihov razmještaj u prostoru. Glasnik za šumske pokuse, Zagreb, 93–141.

Pentek, T., D. Pičman, A. Krpan, T. Poršinsky, 2003: Inventory of primary and secondary forest communications by the use of GPS in Croatian mountainous forest. Proceedings of Austro 2003 CD/DVD MEDIJ – High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain Schlaegl, Austrija, 5–9. 10. 2003. / Karl, Stampfer (ur.).–Viena: University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Beč, 1–12.

Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2004: Environmental – ecological component of forest road planning and designing. International scientific conference: Forest constructions and ameliorations in relation to the natural environment. Technical University in Zvolen, Slovakia, 16th – 17th September 2004, Proceeding CD/DVD MEDIJ, 94–102.

Pentek, T., D. Pičman, T. Poršinsky, 2004: Planning of forest roads in Croatian mountainous forest by the use of modern technologies. International scientific conference on Forest engineering: new techniques, technologies and the environment, Lviv, Ukraine, October 5–10, 2004, Proceeding, 380–389.

- Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, D. Horvat, T. Poršinsky, 2005: Applicability of computer model of forest road network optimisation in the real terrain conditions. International Scientific Conference »Ecological, ergonomic and economical optimization of forest utilization in sustainable forest management«, Krakow – Krynica, Poland, June 15–18, 2005, Proceeding, 243–251.
- Pentek, T., D. Pičman, I. Potočnik, P. Dvorščak, H. Nevečerel, 2005: Analysis of an existing forest road network. Croatian Journal of Forest Engineering, 26 (1): 39–50.
- Pičman, D., T. Pentek, 1998: Relativna otvorenost šumskog područja i njena primjena pri izgradnji šumskih protupožarnih prometnica. Šumarski list, Zagreb, CXXII (1–2): 19–30.
- Pičman, D., T. Pentek, T. Poršinsky, 2002: Application of modern technologies (GIS, GPS,...) in making methodological studies on the primary open of hilly-mountain forests. Forest Information Technology 2002 – International Congress and Exhibition, 3–4 September, 2002, Helsinki, Finland, Proceedings, 1–10.
- Potočnik, I., T. Pentek, D. Pičman, 2005: Traffic characteristics on forest roads due to forest management. Croatian Journal of Forest Engineering 26(1): 51 – 57.
- Segebaden, von G., 1964: Studies of cross-country transport distances and road net extension. Studia Forestalia Suecica, 18.
- Shiba, M., M. Zeisek, H. Löffler, 1990: Der Einsatz moderner Informationstechnologie bei der forstlichen Erschließungsplanung. Forstarchiv, 61: 16–21.
- Shiba, M., 1992: Optimization of road layout in opening of forest. Proceedings IUFRO Workshop on Computer Supported Planing of Roads and Harvesting, Feldafing, Germany, 1–12.
- Sessions, J., 1992: Using networks analysis for roads and harvest planning. Proceedings IUFRO Workshop on Computer Supported Planing of Roads and Harvesting, Feldafing, Germany, 36–41.
- Sessions, J., W. Chung, H. R. Heinemann, 2001: New algorithms for solving large transportation planning problems. Proceedings on Workshop on New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains, Osiach (Austria), 18–24 June 2001, 253–258.
- Setyabudi, A., 1994: Design of an optimum forest road network using GIS and linear programming. ITC Journal, 2: 172–174.
- Tan, J., 1992: Planning a forest road network by a spatial data handling-network routing system. Acta Forestalia Fennica, 227: 1–85.
- Yoshimura, T., K. Kanzaki 1998: Fuzzy expert system laying out forest roads based on the risk assesment. Proceedings of the Seminar on Environmentally sound forest roads and wood transport, Sinaia (Romania), 17–22 June 1996, 144–150.
- Wolf, W., 1998: Assessment of forest roads alternatives with special emphasis on environmental protection. Proceedings of the Seminar on Environmentally sound forest roads and wood transport, Sinaia (Romania), 17–22 June 1996, 130–143.
- \*\*\*\*, 1991: Program gospodarenja g. j. Veprinačke šume od 1992. do 2001. godine.
- \*\*\*\*, 1993: Program gospodarenja g. j. Lisina od 1994. do 2003. godine.
- \*\*\*\*, 2001: Interni cjenik rada strojeva i prijevoza građevinskog materijala u šumskom građevinarstvu, Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, str. 1–8.



---

*Abstract*

---

## Planning of forest roads – current status, identifying problems and trends of future activities

*Planning of forest roads should be the first and most important phase of a complex procedure for establishing an optimum density of forest roads network. Modern techniques, technology and methods of work, primarily personal computers, appropriate software packages, GIS, GPS, etc. provide the possibility to make various simulations, analyses, comparisons and finally the selection of the most favourable solutions. What is the current situation in Croatia, are there certain problems in forest opening, how to act in future, what direction to follow – these are only some of the topics discussed in this paper. The basic conclusions can be summarised in the recommendation that the approach to planning of forest roads should be highly serious and systematic with the application of all available techniques, technologies and methods of work that could be of help in reaching fair, timely and reasonable decisions. Such an approach would result in a variety of direct and indirect benefits, and to do so strict legal frameworks, laws and regulations, should be defined.*

**Key words:** *Planning of forest roads, primary forest roads, secondary forest roads, study of forest opening, Forestry Chamber*

---

**Adresa autora – Authors address:**

Doc. dr. sc. Tibor Pentek  
Doc. dr. sc. Dragutin Pičman  
Hrvoje Nevečerel, dipl. ing. šum.  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije  
Svetošimunska 25  
10 000 Zagreb  
HRVATSKA  
e-mail: pentek@hrast.sumfak.hr  
e-mail: picman@hrast.sumfak.hr  
e-mail: hnevecerel@hrast.sumfak.hr

Primljeno (*Received*): 10. 9. 2005.  
Prihvaćeno (*Accepted*): 22. 11. 2005.