

ODREĐIVANJE TEŽIŠTA ODJELA PRIMJENOM OSOBNIH RAČUNALA U SVRHU IZRAČUNAVANJA SREDNJE UDALJENOSTI PRIVLAČENJA

DETERMINATION OF THE COMPARTMENT CENTRE BY THE APPLICATION OF A PERSONAL COMPUTER FOR THE PURPOSE OF WORKING OUT THE MEDIUM DISTANCE FOR DRAGGING

Dragutin PIČMAN, Ivica TOMAZ*

SAŽETAK: Primjenom računala pri planiranju, projektiranju i izgradnji šumskih prometnica omogućen je jednostavniji i dakako točniji način određivanja težišta odsjeka, odjela odnosno gravitacijskih područja, a time i točnije određivanje srednje udaljenosti privlačenja. Izradom digitalnih modela terena i primjenom odgovarajućih računalnih programa (AutoCad 12, ArcInfo i sl.) omogućeno je najtočnije određivanje težišta navedenih površina ili težišta sječivih masa unutar pojedinog odjela ili odsjeka.

Kao geodetska podloga u ovom radu poslužile su šumskogospodarske karte u mjerilu 1:5000 i 1:25000 gospodarske jedinice »Južna Garjevica« šumarije Kutina.

Ključne riječi: srednja udaljenost privlačenja, digitalni model terena, težište odjela — odsjeka, šumske prometnice, optimalna mreža šumskih prometnica.

I. U V O D

Određivanje točnog položaja težišta odjela kao osnovnog elementa pri izradi optimalne mreže šumskih prometnica predstavljalo je do sada određen problem. Rješavanje problema točnog određivanja težišta odjela odnosno odsjeka možemo podijeliti prema različitim domaćim i stranim autorima. Kod metode rada koju su koristili pojedini autori možemo govoriti o dvije vrste odnosno grupe autora:

- autori koji su se bavili ili se bave proučavanjem određivanja srednje udaljenosti privlačenja temeljne na izradi i određivanju težišta primjenom statičkog ili po-

larnog momenta površina: Lovrić (1964), Lovrić (1976), Arnautović (1975), Knežević (1980) i drugi izračunavaju klasičnim načinom. Ovdje možemo govoriti o autorima koji se bave ili su se bavili:

- paralelnim privlačenjem,
- centralnim (središnjim) privlačenjem,
- autori koji su se bavili ili se bave primjenom osobnih računala i za tu svrhu izrađenih digitalnih modela terena (DTM - Digital terrain model): Dietz et al. (1984), Šiba & Löffler (1990), Dürrstein (1992), Sessions (1992), Knežević (1990), Knežević & Sever (1992), Pičman (1993) i drugi.

Različitost u pristupu rješavanja ove problematike uvjetovan je između ostalog i razvojem tehničkih pomagala u prvom redu mislimo na elektroniku (osobna

Dr. sc. Dragutin Pičman, Šumarski fakultet Zagreb
Ivica Tomaz, dipl. inž. geodezije, JP »Hrvatske šume«, Uprava šuma
Zagreb

računala). Najnovija istraživanja na ovom području pokazuju da se točnost određivanja težišta izvodi na vrlo jednostavan način uz primjenu odgovarajućih programa izrađenih u AutoCadu i ArcInfu.

U rješavanje određivanja težišta odjela — odsjeka primjenom osobnih računala koristimo kako je naprijed rečeno digitalne modele terena, koji s obzirom na svoje

mogućnosti prikazivanja mogu u potpunosti simulirati postojeće stanje i na taj način omogućavaju točnost određivanja svih potrebnih elemenata vezanih za utvrđivanje položaja težišta odsjeka ili odjela. Za izradu ovakvih modela koristimo se bazama podataka koje moraju zadovoljavati određene kriterije, obzirom na dostupnost, sigurnost, brzinu pristupa itd.

2. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA

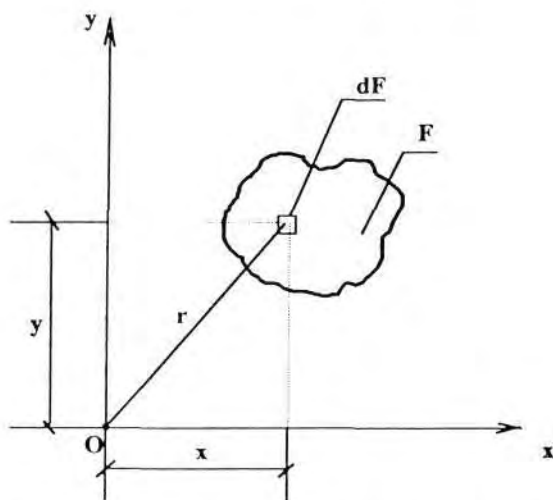
2.1. Težište odjela — odsjeka

Određivanje težišta odjela kao osnovnog elementa pri izradi optimalne mreže šumskih prometnica predstavljalo je uvijek određen problem. U šumarskoj praksi ovom elementu pridaje se određena pozornost i točnost. No, klasičan način određivanja težišta primjenom sječišta triju dijagonala nepravilnog geometrijskog lika nikako ne može dati potrebnu točnost. Kod ovog problema kao pretpostavku uzimamo: drvena masa jednoliko je raspoređena po šumskoj površini i težište sječine predstavlja i težište odjela. Ako na ovakav način gledamo rješavanje težište odjela, onda će rezultati zadovoljiti postavljenu postavku. Stvarno gledano površina pojedinih sječina ne mora predstavljati i cijelu površinu odjela odnosno odsjeka, pa bi se u tom slučaju glede

točnosti određivanja srednje udaljenosti privlačenja kao mjerodavno trebalo uzimati težište takve sječine. Kakve rezultate bi dobili to neće biti predmetom ovog rada ali je sigurno da će se na to trebati obratiti određena pozornost i u svezi toga provesti određena terenska istraživanja.

L o v r i ć (1976) obrađuje centralno (središnje) izvlačenje kod planiranja i projektiranja šumskih transportnih sustava koristeći se pri tome metodom rada Saligera (slika 1).

A r n a u t o v i ć (1975) prikazuje određivanje statičkog momenta površine na način sličan ovom prikazom na slici 1. Isti autor za utvrđivanje troškova privlačenja koristi srednju udaljenost privlačenja i koju određuje na način prikazan slikom 2.

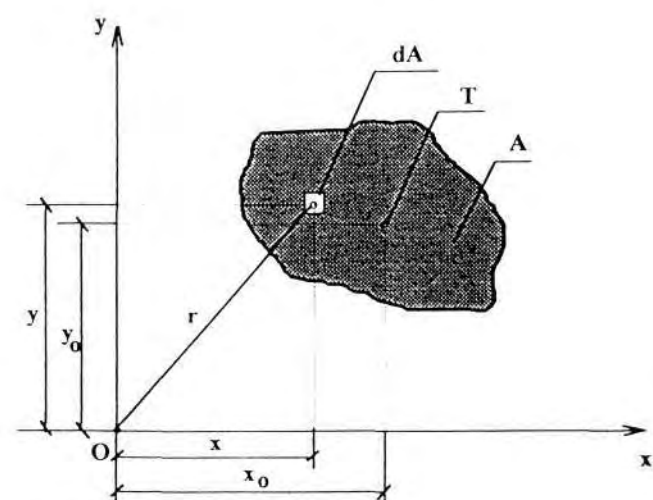


Slika 1. Prikaz površinskog momenta prvog reda prema Saligeru, Lovrić (1976)

Fig. 1. Presentation of the surface Moment of the First Order According to Saliger, Lovrić (1976)

2.2 Određivanje srednje udaljenosti privlačenja

Kod prostornog planiranja i projektiranja šumskih prometnica odnosno kod određivanja optimalne otvorenosti šuma potrebno je osobitu pozornost posvetiti točnosti i načinu određivanja srednje udaljenosti privlače-



Slika 2. Prikaz statičkog momenta površine prema Arnautoviću (1975)

Fig. 2. presentation of the Static Moment of the Surface According to Arnautović (1975)

nja. Kako smo vidjeli u prethodnom poglavlju L o v r i ć (1976) koristi metodu rada prema Saligeru.

Srednju udaljenost privlačenja između ostalih obrađuju M i h a ĉ (1970), S i m o n o v i ć (1949), N i k o l i ć (1972), S a m s e t (1969), A r n a u t o v i ć (1975), D i e t z e t a l. (1984), K n e ž e v i ć (1990), J u r i k

(1984), Pičman (1993) i mnogi drugi strani i domaći autori. Na temelju objavljenih radova Arnautovića Knežević & Sever (1992) za određivanje srednje udaljenosti privlačenja primjenjuju osobno računalo i kod toga primjenjuju sljedeću formulu:

$$l_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} l_i \cdot m_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^{i=n} m_i \cdot t_i}$$

Tumač znakova:

- l_s — srednja udaljenost privlačenja
- l_i — stvarna udaljenost privlačenja pojedinog tereta
- m_i — masa pojedinog tereta
- t_i — troškovi privlačenja za pojedinu udaljenost

Explanation of Symbols:

- l_s — medium distance of dragging
- l_i — actual distance of dragging a single load
- m_i — mass of a single load
- t_i — costs of dragging for each distance

Kod određivanja stvarne i teorijske srednje udaljenosti privlačenja u metodološkom smislu možemo se služiti *analitičkim i empirijskim metodama*. Knežević (1990) navodi da se može odrediti na tri načina:

- * određivanje srednje udaljenosti privlačenja analitičkim ili grafoanalitičkim putem iz geometrijskog oblika sječine,
- * određivanje srednje udaljenosti privlačenja u ovisnosti od razmaka puteva,
- * određivanje srednje udaljenosti privlačenja kao funkcije gustoće mreže puteva.

U svom radu Sabadi (1992) navodi da se kratke udaljenosti privlačenja i niski troškovi postižu samo uz velike troškove šumskih cesta i obrnuto minimalna izdvajanja za šumske ceste utječu na udaljenosti privlačenja i troškove.

Kod određivanja srednje udaljenosti privlačenja Pičman (1993) koristi digitalne modele terena i primjenjuje osobna računala. Autor pritom koristi metode koje su prethodno koristili i usavršili mnogi autori, a između svih ovdje ćemo spomenuti radove Shibe & Löfflera (1990), Sessionsa (1992), Dürrsteina (1992) i drugih.

Ako pretpostavimo da je srednja udaljenost privlačenja neke šumske površine ona udaljenost koja povezuje težište površine s jednom od šumskih prometnica (šumska cesta, traktorska vlaka), onda je određivanje

težišta jedan od najbitnijih elemenata za postizanje najveće točnosti. Osnovna pretpostavka ove tvrdnje leži u tome što smatramo da se optimalno gospodarenje nekom šumskom površinom s obzirom na otvaranje postiže kod optimalne otvorenosti šuma. Ako se privlačenje obavlja na nategnutom terenu onda se kod obračuna srednjih udaljenosti mora odrediti tzv. korekcijski čimbenik, odnosno srednji nagib terena za svaku pojedinu površinu (odjel ili odsjek).

2.3. Digitalni model terena

Brzim razvojem elektronike digitalni model terena isto kao i informacijski sustav koji sadrži i obrađuje zemljopisne podatke (GIS) postaju sve dostupniji i prisutniji u šumarskoj znanosti i praksi. To omogućava automatsko povezivanje sa mrežom odnosno bazom podataka, pa se stoga dosadašnji mukotrpan ručni rad u potpunosti može izbjeći. *Digitalni model terena* (čija kratica na engleskom jeziku glasi DTM — Digital terrain model) prema Dürrsteinu (1992) predstavlja zapravo topografski prikaz terena izrađen u obliku mreže obročanih četverokuta, kod kojeg svaka točka mreže predstavlja koordinate terena (x, y, z). Ovakav model moguće je prema austrijskoj tvrtki TDV (1993) izraditi i pomoću mreže trokuta poznatih koordinata (x, y, z).

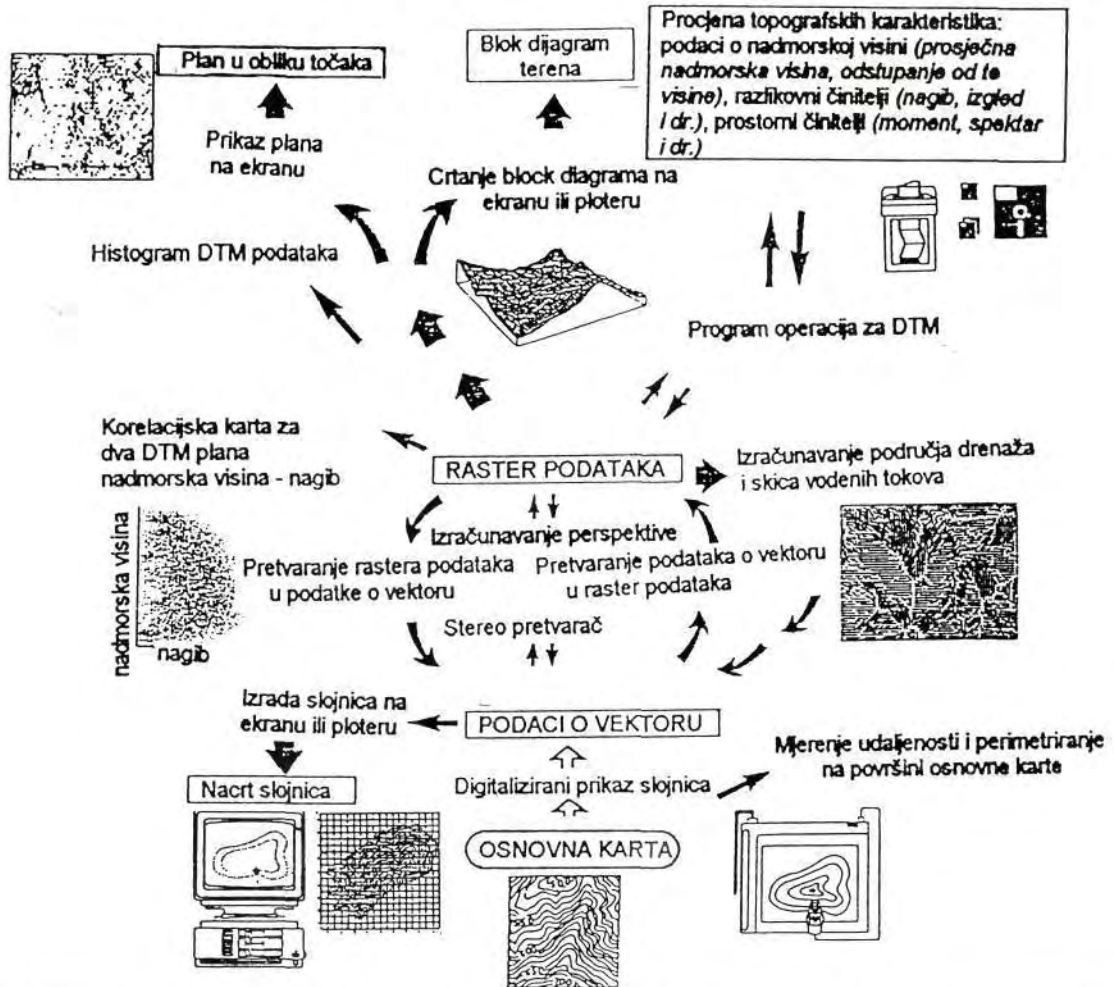
Prema Fritsch & Pfannensteynu (1992) postoje tri osnovna načina transformacije osnovnih podataka u određen kvalitetan prikaz digitalnog modela terena:

- * nepravilna mreža trokuta,
- * pravilna mreža,
- * istovremeno korištenje pravilne i nepravilne mreže.

Detaljno objašnjenje pojedinih načina izrade i prikazivanje daje u svom radu Kusan (1994).

Osobnim se računalom može izraditi mreža točaka tako da mu se da skup pravila koja točno određuju npr. *maksimalni uspon* koji transportno vozilo može savladati. S druge strane u takvim digitalnim modelima terena mogu se označiti čimbenici okoliša, kao npr. *nesigurne padine* koje se moraju izbjegavati, *vodne površine i sl.* Da bi cjelokupan sustav mogao u potpunosti izvršiti svoj zadatak u ovakve modele terena mogu se ugraditi troškovne funkcije, kako bi se izračunali *fiksni i varijabilni troškovi*. U svakoj točki digitalnog modela terena uspostavlja se veza sa susjednom točkom mreže i na taj se način postiže jednakomjerno djelovanje po cijeloj površini, što daje željenu kakvoću prikaza.

Pičman (1993) kod određivanja ekonomske opravdanosti izgradnje šumskih prometnica koristi digitalne modele terena cijele gospodarske jedinice »Bistranska gora«, gdje za odjele 5 i 19 3D model terena.



Slika 3. Prikaz nastajanja digitalnog modela terena i obrade podataka TERDAS programa, Shiba & Löffler (1990)

Fig. 3. Presentation of an Attempted Digital Model for Terrain and Data Processing, TERDES Programme Shiba and Löffler (1990)

Proučavajući problematiku izgradnje šumskih prometnica promatramo između ostalog i kretanje otvorenosti šuma određenog šumskog područja ili gospodarske jedinice. Pri tome uvijek polazimo od tvrdnje da je sječiva količina drva jednakomjerno raspoređena na cjelokupnoj površini odjela ili odsjeka. U ovom je radu kao najmanja šumska površina (jedinica) poslužio je odjel s odsjecima određene površine izražene u (ha).

Cijela problematika određivanja srednje udaljenosti privlačenja u ovom se radu odnosi na područje brdskih (prigorskih) šuma u kojima su odjeli nepravilnog oblika, različitih površina odsjeka, različitog nagiba terena (inklinacija), različite geološke podloge i ostalog. Određivanje točnog položaja težišta takvih odjela predstavlja zapravo problematiku koja će se u ovom radu izučavati.

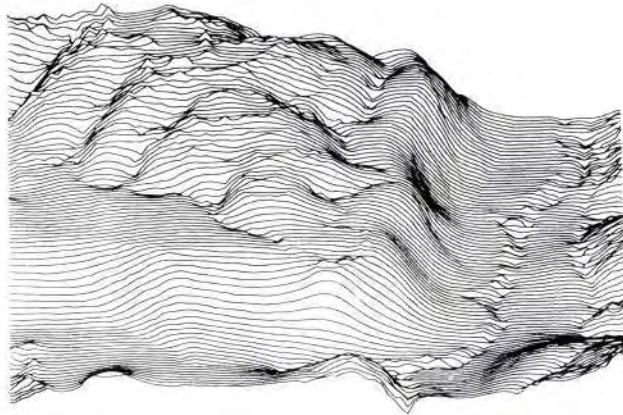
Kako smo naveli jednoličan raspored sječive drvene mase po površini odjela određuje u ovom slučaju težište sječive površine i biti će isto kod težišta određenog odsjeka. U svojim radovima Knežević, Pićman & Jakovac (1991) određuju optimalnu gustoću traktor-

skih vlaka u odjelu u kojem je točno određen položaj svakog stabla predviđenog za sječu, a kasnije je praćeno kretanje svakog trupca koji se privlačio po slobodnoj šumskoj površini ili tzv. zajedničkim linijama privlačenja.

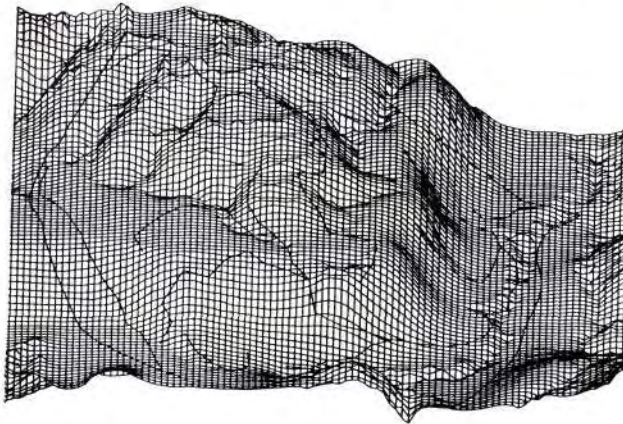
Raspored sječina (sječivog drva) na određenom predjelu odnosno odjelu predviđena je Osnovnom gospodarenja gospodarske jedinice. Kod odjela koji se sastoji od nekoliko odsjeka ovakvo određivanje težišta klasičnim načinom predstavlja vrlo veliki problem. Točnost izrade zasniva se na nizu kako smo ranije naveli subjektivnih odnosa. Sve mogućnosti koje se mogu pojaviti pri rješavanju ovog problema u ovom se radu neće obrađivati, dok će se najveća pozornost pokloniti onom dijelu istraživanja koje se odnosi na stvarno stanje i određene šumske prilike.

Kod određivanja otvorenosti šuma bilo mrežom šumskih cesta (primarna otvorenost) ili mrežom traktorskih vlaka (sekundarna otvorenost) možemo slobodno reći da se određuju tri veličine:

2D model



3D model



Slika 4. Odjel 64 izrađen u 3D i 2D modelu
Fig. 4. Compartment 64 worked Out in a 3-D and 2-D Model



Slika 5. Odjel 64 s rasporedom odsjeka u mjerilu 1:10 000 prema šumsko-gospodarskoj karti
Fig. 5. Compartment 64 with Lay-out of Sub-Compartments to the Scale 1:10,00 According to the Forest-Management Map

- sadašnja otvorenost (odjela ili cijele gospodar-ske jedinice),
- otvorenost dobivena na osnovi planirane izgrad-nje šumskih prometnica u vremenskom trajanju neke go-spodarske osnove,
- optimalna otvorenost.

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Za određivanje težišta potrebnih za izračunavanje srednje udaljenosti privlačenja odabrano je područje Moslavačke gore koje je karakterizirano mnogim vodotocima i orografskim elementima. Istraživanje je prove-

deno u gospodarskoj jedinici »Južna Garjevica« i u njoj je odabran i obrađen odjel 64. Površina odjela iznosi 48,38 ha i podijeljena je na odsjeke: a, b, c, d, e.

Površina odjela prema Osnovi gospodarenja
Compartment Area According to Management Basis

Tablica — Table 1.

ODSJEK	POVRŠINA	NAGIB TERENA	UDALJENOST	DRVNA MASA	GODIŠNJI TEČAJNI PRIRAST	DESETGODIŠNJI ETAT
	ha	(°)	m	m ³	m ³ /ha	m ³
a	14,43	45	400	1000	3,23	1226
b	13,89	45	450	3202	9,53	431
c	15,22	30	200	2999	9,50	517
d	1,92	45	400	653	8,55	96
e	2,92	60	300	642	14,07	108
UKUPNO	48,38		350	8496		2378

Napomena: Podaci korišteni pri izradi ove tablice uzeti su iz Osnove gospodarenja za gospodarsku jedinicu »Južna Garjevica« u razdoblju 1986 — 1995.

Površina ove gospodarske jedinice prostire se južnim obroncima planine Garjevica, koja predstavlja središnje uzvišenje Moslavine. Gospodarska jedinica omeđena sa četiri rijeke zapad (Zelina), sjever (Česma), istok (ilova) i jug (Sava). Moslavačka gora — »Garjevica« u sednjem je vijeku nazvana i »Zaprta gora« bila je podijeljena među više plemenskih župa koje postepeno prelaze u posjede plemićkih obitelji.

Na temelju Zakona o segregaciji iz 1875. dio vlastelinskih šuma prelazi u vlasništvo općina bivših kmetova, kako bi oni mogli na vrijeme namiriti svoje potrebe za drvom. Prva uređivanja šuma za dijelove područja »Južna Garjevica« izrađena su u tzv. »francuski posjed« 1925., a prva cjelovita Osnova gospodarenja za ovu jedinicu izrađena je za razdoblje 1951 — 1970. g.

Kako smo naveli gospodarska se jedinica pruža južnim obroncima Moslavačke planine »Garjevica« nadmorske visine 125—488 m. središnji dio gorja izgrađen je iz paleozojskih granita i gnajsa zrnate građe. Utjecajem različitih čimbenika (podloga, biljni pokrov i dr.) nalazimo sljedeće tipove tla: distrični silikatni koluvij, euteričko smeđe tlo, distrično smeđe tlo, srednje paleozolsko tlo i pseudoglej.

Biljne zajednice (prema Osnovi gospodarenja) na cijelom području g.j. podijeljene su u sljedeće:

a — **šuma kitnjaka i običnog graba** (*Quercus carpinetum illyricum*) i podvrsta **šuma hrasta kitnjaka s grabom i bukvom** (*Quercus carpinetum illyricum* var. *Fagus sylvatica*),

b — **šuma kitnjaka s bekicom** (*Luzula - Quercetum petraeae*),

c — **šuma crne johe** (*Carici bryoides - Alnetum*).

Nadmorskim visinama iznad 250 m prevladavaju bukove šume sveze *Fagetum illyricum* i to na dubljem svježijim tlima zajednice *Asperula - Fagetum*, a na plitkim tlima strmih strana i na kiselim podlogama *Blechnum - Fagetum* i *Luzula-Fagetum*.

Na cijelom području gospodarske jedinice prema istraživanjima Šumarskog instituta iz Jastrebarskog (Osnova gospodarenja) postoje sljedeći ekološko-gospodarski tipovi: II-D-10, II-D-20, II-E-10, II-E-11, II-E-30.

Na osnovi podjele gospodarske jedinice na uređajne razrede na području istraživanja 64 odjela imamo sljedeće uređajne razrede:

64 a - panjača bagrema

64 b - hrast kitnjak

64 c - hrast s bukvom

64 d - bukva s hrastom

65 e - bukva s kitnjakom

4. CILJ ISTRAŽIVANJA

Provedena istraživanja imaju za cilj da omoguće odbir najtočnije inačice određivanja težišta kao osnovnog elementa za točno određivanje srednje udaljenosti privlačenja. Postavljanje mreže elementarnih površina kvadratnog oblika veličine 1 ha na terenu predstavlja vrlo veliki problem. Postaviti ovakvu mrežu i odrediti težište svake površine, a zatim udaljenost privlačenja od težišta do vlake, dat će upravo onu srednju udaljenost koja se najviše približava stvarnoj — terenskoj.

Kao cilj istraživanja postavljeno je određivanje točnosti podataka na kartama (šumsko-gospodarskoj i topografskoj). Zbog nemogućnosti korištenja točnijih podataka korištene su karte u mjerilu 1:5000 s ekvidistancom 5 m s time da su granice odsjeka i odjela preslikane iz šumskogospodarske istog mjerila. Kao osnovna geodetska podloga poslužile su najnovije državne karte izrađene 1990. godine.

Dakle, iz svega navedenog vidimo da je cilj istraživanja odrediti najpovoljniji i najtočniji položaj težišta odsjeka, kako bi se mogla na osnovu toga dobiti optimalna srednja udaljenost rada. Prema opisu područja istraživanja vidljiva je razlika u nagibu terena tzv. inklinaciji (od 30 — 60°). Upravo taj poprečan nagib terena ima izravnu vezu s uzdužnim nagibom šumskih cesta (P i ć m a n, 1993).

Prema D i e t z u et al. (1984) određivanja svih elemenata potrebnih za određivanje otvaranja može se provesti primjenom računala, što predstavlja jedan potpuno novi pristupu izučavanju ove problematike.

Određivanje srednje udaljenosti privlačenja u ovom radu obrađena je primjenom osobnog računala, a kao usporedba poslužili smo se podacima o srednjoj udaljenosti privlačenja prema važećoj Osnovi gospodarenja a ona iznosi:

64 a = 400 m

64 b = 450 m

64 c = 200 m

64 d = 400 m

64 e = 300 m

Uzevši u obzir nagib terena, navedene udaljenosti privlačenja su u svakom slučaju prevelike. Prema mnogim autorima i provedenim istraživanjima (S a b a d i 1992) optimalna udaljenost između dvije vlake iznosi oko 100 — 200 m, što između ostalog ovisi i o duljini užeta na vitlu.

Srednja udaljenost privlačenja po terenu ovisi o razmaku puteva i gustoći prometnica određene mreže šumskih prometnica.

Prema S e v e r u & K n e ž e v i ć u (1992) pod srednjom udaljenošću privlačenja drva podrazumijeva se ona vrednovana udaljenost na kojoj bi se posječeno drvo s jedne sječine trebalo micati. To treba nastupiti onda kada su troškovi privlačenja jednaki troškovima kada bi isto drvo privlačili s raznih mjesta u sječini do privremenog stovarišta.

5. METODA RADA

Kako je naprijed navedeno ovaj rad ima za cilj odrediti najtočniji položaj težišta šumskih površina kao jednog od osnovnih elemenata prijeko potrebnih za točnost određivanja i izračunavanja optimalne otvorenosti šuma. Obrada podataka i izrada svih karata izvršena je na osobnom računalu uz primjenu tzv. periferne jedinice digitalizatora uz primjenu AutoCad 12 R programa. Sva obrada snimljenih podataka digitalnih karata izvršena je u ArcInfo programu.

Kao osnovnu metodu rada odabrali smo centralno (središnje) privlačenje kod kojeg je potrebno odrediti težište pojedinog dijela odjela ili odsjeka. Planiranje i projektiranje mreže traktorskih vlaka izvršeno je na šumsko-gospodarskoj karti u mjerilu 1:5000, zatim je izvršeno određivanje težišta klasičnim načinom, a na osnovi toga izračunate su srednje udaljenosti privlačenja. Kao novina primijenjeni su DTM i pomoću njih su izračunate srednje udaljenosti privlačenja. Obzirom na

razvedenost vodenih tokova i konfiguracije terena projektirane su mreže traktorskih vlaka čije su nul linije trasa različitog nagiba (12,5%, 15%, 17,5% i 20%). Ovi nagibi su odabrani zbog mogućnosti praćenja ukupnih duljina vlaka po odsjecima i za cijeli odjel, a time smo ujedno proveli usporedbu otvorenosti odjela dobivenu prema ovim nagibima. Manji nagib nul linije dao je preveliku šumsku površinu pod vlakama (više od 5%) što smatramo vrlo neekonomičnim. Povećanjem površine traktorskih vlaka »uništava« se šumsko tlo i smanjuje se njegova proizvodnost.

Projektiranje traktorskih vlaka izvršeno je koristeći se tzv. indirektnom metodom polaganja nul linija. Ova se metoda rada zasniva na planiranju i projektiranju budućih trasa šumskih prometnica na odgovarajućim šumskogospodarskim ili nekim drugim kartama s ucrtanim slojnicama. Planirana mreža traktorskih vlaka povezuje se s točkama poznatih koordinata što omo-

gućuje lakše rekognosciranje terena i točnije postavljanje projektirane mreže. Pri ovoj metodi rada određuje nul linija se određuje primjenom tzv. koraka šestara, prema formuli:

$$k = \frac{100 \cdot e}{n \cdot M}$$

(Tumač znakova):
k = korak šestara
e = ekvidistanca
n = nagib nul linije
M = mjerilo karte

k = divider span
n = zero line inclination,
M = map scale

U cilju što točnijeg određivanja zadanih elemenata izrađene su četiri inačice mreže traktorskih vlaka odgovarajućeg projektiranog nagiba (12,5 — 15,0 — 17,5 i 20,0%). Ukupne duljine traktorskih vlaka projektirane na Osnovnoj

državnoj karti, izmjerene klasičnim načinom, kretale su se u granicama od 5129 do 5226 m što je prikazano u tablici 2. točnosti očitavanja i izmjere veličina kod određivanja klasičnim načinom uzeta je na 1,0 m.

Ukupne duljine projektiranih traktorskih vlaka u odjelu 64 obrađene klasičnim načinom

Total Lengths of designed tractor skidding roads in Compartment 64 Worked Out by a Classical Method

Tablica — Table 2.

ODSJEK	PROJEKTIRANI NAGIB TRAKTORSKIH VLAKA			
	12,5%	15,0%	17,5%	20,0%
	UKUPNE DULJINE TRAKTORSKIH VLAKA (m)			
a	1540	1616	1488	1886
b	1545	1566	1511	1609
c	1315	1470	1499	1165
d	170	135	160	103
e	590	439	521	436
UKUPNO	5160	5226	5129	5199

Ukupne duljine projektiranih traktorskih vlaka u odjelu 64 obrađene primjenom osobnog računala

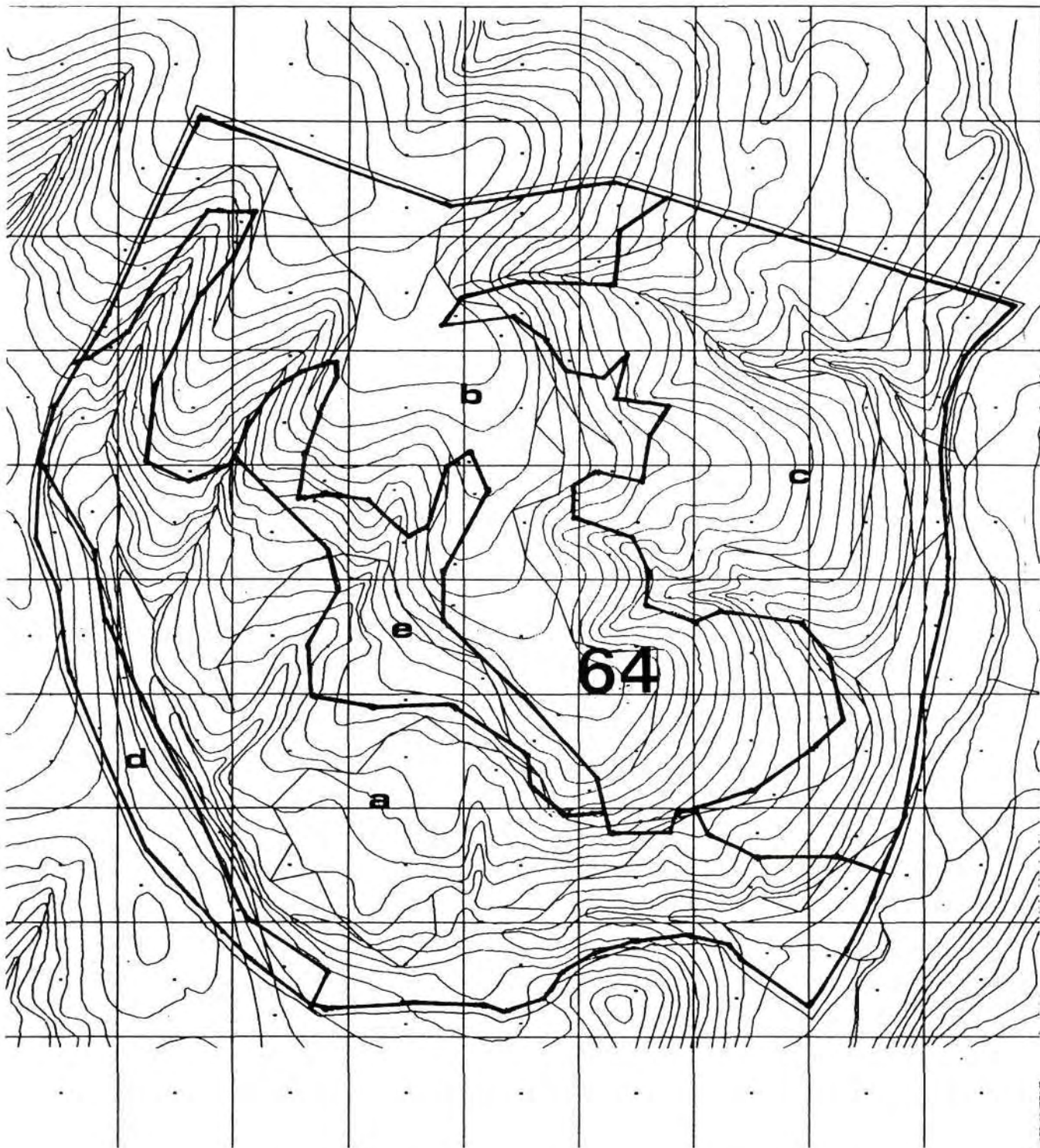
Total Lengths of designed tractor skidding roads in Compartment 64 Worked Out by of Personal Computer

Tablica — Table 3.

ODSJEK	PROJEKTIRANI NAGIB TRAKTORSKIH VLAKA			
	12,5%	15,0%	17,5%	20,0%
	UKUPNE DULJINE TRAKTORSKIH VLAKA (m)			
a	1509.76	1623.60	1509.11	1915.00
b	1343.45	1493.28	1501.26	1643.30
c	1237.67	1400.02	1435.64	1216.93
d	169.96	144.57	114.92	102.59
e	534.77	441.47	534.20	408.89
UKUPNO	479.61	5103.03	5095.13	5286.71

U tablici 3 prikazani su podaci o duljinama traktorskih vlaka različitog nagiba, uz primjenu DMT te su sve udaljenosti određene na dvije decimale (teoretska točnost je 8 decimala). Ukupne udaljenosti traktorskih vlaka izmjerene na ovakav način kretale su se u granicama od 4795,61 do 5286,71 m.

Šumsko-gospodarska karta poslužila je kao model za izradu digitalizirane karte prikazane na slici 6, koja je poslužila kao osnova za sve izvršene izmjere, postavljanje elementarnih površina, određivanje težišta i ostaloga.

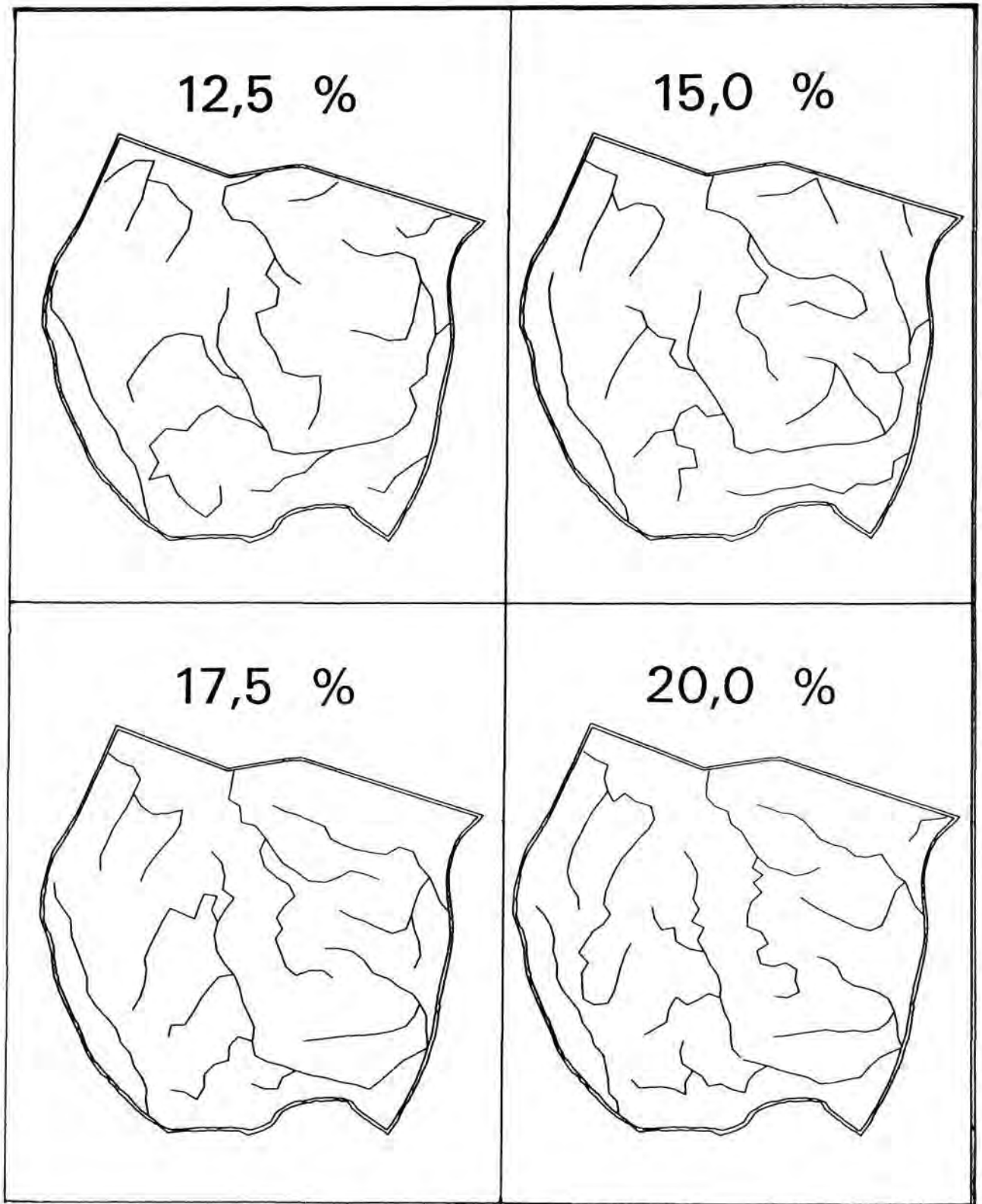


Slika 6. Digitalizirana šumsko-gospodarska karta za odjel 64
Fig. 6. Digitalized Forest-Management Map for Compartment 64

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Sam način rada odnosno metoda rada objašnjena je u petom poglavlju, tako da su svi rezultati istraživanja dobiveni iz digitalnog modela terena odjela 64 u kojeg

su ucrtane inačice otvaranja traktorskim vlakama različitog uzdužnog nagiba.



Slika 7. Mreža traktorskih vlaka u odjelu 64 izrađena za četiri različitog uzdužnog nagiba

Fig. 7. Network of Tractor Skidding Roads in Compartment 64, Worked Out for Four Different Longitudinal Inclinations

Iz podataka prikazanim u tablici 4 u kojoj su obrađene udaljenosti privlačenja dobivene na osnovi projektiranih traktorskih vlaka vidimo da prostorni

raspored traktorskih vlaka u inačici s uzdužnim nagibom od 17,5% i tablični rezultati daju optimalno rješenje.

Prikaz ukupne duljine traktorskih vlaka, gustoće vlaka, srednje duljine privlačenja za projektirane inačice
Presentation of the Total Length of the tractor Dragging Road, Density of the Dragging Road, Medium Length
of Dragging for Projected Variants

Tablica — Table 4.

ODJEL (ODSJEK)	POVRŠINA	DULJINA VLAKA	GUSTOĆA TRAKTORSKIH VLAKA	SREDNJA DULJINA PRIVLAČENJA DO VLAKE	SREDNJA DULJINA PRIVLAČENJA PO VLAKAMA
	ha	m	m/ha	m	
(1) NAGIB TRAKTORSKIH VLAKA 12,5%					
64 a	15,69	1509,76	96,22	48,25	535,60
64 b	15,94	1343,45	84,82	55,93	375,84
64 c	12,98	1237,67	95,352	38,01	212,86
64 d	2,46	169,96	69,08	28,01	118,82
64 e	3,42	534,77	159,00	58,71	690,95
UKUPNO	50,49	4795,61	94,98	45,78	385,67
(2) NAGIB TRAKTORSKIH VLAKA 15,0%					
64 a	15,69	1623,69	103,49	48,15	514,01
64 b	15,94	1493,28	93,68	44,70	329,13
64 c	12,98	1400,02	107,86	23,83	212,11
64 d	2,46	144,57	58,77	31,21	112,18
64 e	3,42	441,47	129,08	26,42	718,61
UKUPNO	50,49	5103,03	101,07	34,86	377,21
(3) NAGIB TRAKTORSKIH VLAKA 17,5%					
64 a	15,69	15,09,11	96,18	45,40	397,95
64 b	15,94	1501,26	94,18	42,24	288,53
64 c	12,98	1435,64	110,60	24,59	168,32
64 d	2,46	114,92	46,71	27,74	47,47
64 e	3,42	534,20	156,20	60,75	595,52
UKUPNO	50,49	4795,61	94,98	45,78	385,67
(4) NAGIB TRAKTORSKIH VLAKA 20,0%					
64 a	15,69	1915,00	122,05	31,32	424,12
64 b	15,94	1643,30	103,09	42,13	287,78
64 c	12,98	1216,93	93,75	29,67	156,87
64 d	2,46	102,59	41,70	29,04	50,36
64 e	3,42	408,89	119,56	68,63	573,75
UKUPNO	50,49	5286,71	104,71	40,16	298,58

To znači da projektiranje traktorske vlake svojim položajem odnosno rasporedom najpovoljnije pokrivaju šumsku površinu. S druge strane vidljivo je da su udaljenosti privlačenja kod 17,5% u odnosu na 20,0% neznatno manje, što nam daje za pravo zaključiti da je ova (III) inačica najpovoljnija. Kada promatramo optimalne udaljenosti privlačenja iz Osnove gospodarenja gdje srednja udaljenost privlačenja iznosi 350 m, vidi-

mo da srednja duljina privlačenja po vlakama iznosi 299,56 m (300 m).

Određivanje težišta odjela i odsjeka u ovom samom radu radili metodom najmanjih elementarnih površina kvadratnog oblika i površine 1 ha. Koristeći osobno računalo u mogućnosti smo odrediti težište svake pa i najmanje površine s koje će se drvo privlačiti do vlake i isto tako po vlaci. Simuliranjem terenskih prilika

koristeći se DTM približava nas stvarnom stanju na terenu, te je prenošenje projektiranih veličina s karte na teren jednostavnije i lakše u odnosu na dosadašnji rad.

Jedan od pokazatelja dobre položenosti i veličine odnosno duljine traktorskih vlaka predstavlja i površina

šumskog proizvodnog tla koje se nalazi pod vlakama. Kako traktorske vlake predstavljaju sekundarnu mrežu šumskih prometnica te one nisu trajni objekti, ova će se površina šumskog tla pod traktorskim vlakama tijekom idućeg razdoblja polagano smanjivati.

Površina šumskog proizvodnog zemljišta pod vlakama
Area of forest Productive Land Under Skidding Roads

Tablica 5.

UZDUŽNI NAGIB TRAKTORSKIH VLAKA	UKUPNA DULJINA TRAKTORSKIH VLAKA	POVRŠINA ŠUMSKOG ZEMLJIŠTA POD TRAKTORSKIM VLAKAMA
%	m	%
12,5	4795,61	3,32
15,0	5103,03	3,54
17,5	5095,13	3,53
20,0	5288,71	3,67

Mreža projektiranih traktorskih vlaka sa 17,5% nagiba daja je u ovsim istraživanjima srednju duljinu privlačenja do vlake u iznosu od 40,14 m što je za ove terenske prilike izvrstan rezultat. To isto možemo reći

i za gustoću traktorskih vlaka koja se kreće u granicama od 94,98 do 104,71 m/ha, dok za odabranu inačicu iznosi 100,91 m/ha.

7. ZAKLJUČAK

Izrada ovoga rada imala je za cilj da se ukaže na vrlo velike mogućnosti primjene osobnih računala u svrhu određivanja srednjih udaljenosti privlačenja, a time i na iznalaženju optimalnih rješenja kod otvaranja šumskih površina. Korištenjem digitalnih modela terena omogućeno je da se težište svake i najmanje šumske površine približi stvarnom stanju. Pravilno položena mreža traktorskih vlaka za inačicu od 17,5% omogućila je optimalnu pokrivenost šumske površine 3,53% zauzetog proizvodnog šumskog tla.

Srednja udaljenost privlačenja od 299,56 m (300 m) je u odnosu na plansku kraća za 50 m, a ukupna duljina

svih traktorskih vlaka u ovoj inačici iznosila je 5095,13 m. Ako promatramo rezultate dobivene za 20,0% nagiba vidimo da je ukupna duljina traktorskih vlaka 5286,71 m a srednja udaljenost privlačenja 298,58 m. Ovi rezultati upućuju na zaključak da se optimalna otvorenost traktorskim vlakama za istraživani objekt dobiva kod nagiba od 17,5%.

Smatramo da ovakva obrada podataka dobivena na osnovi digitalnih modela terena može dati točniji i pravilniji prostorni raspored, a time i točnije i jednostavnije određivanje optimalne otvorenosti šuma.

8. LITERATURA

- Arnautović, R., (1975): Određivanje srednje daljine privlačenja, Narodni šumar 4-6, Sarajevo. s. 137-151.
- Dietz, P., W. Knigge, & H. Löffler, (1984): Walderschließung, eine Lehrbuch für Studium und Praxis unter besonderer Berücksichtigung des Waldwegebau, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, s. 1-196.
- Dürstein, H., (1992): Detailed road planning using microcomputers, Proceedings IUFRO Workshop on Computer Supported Planning of Roads and harvesting, Feldafing, Germany, p. 57-66.
- Fritsch, D., & A. Pfannenstern, (1992): conceptual Models for Efficient DTM Integration into GIS; Conference Proceedings, EGIS'92, Munich, Vol. 1:702-710.
- Jeličić, V., (1971): Planiranje i određivanje gustoće mreže šumskih puteva. Simpozij »Šumarstvo i prerada i njihov značaj za razvoj nerazvijenih područja, Sarajevo
- Jurík, L., a kolektiv (1984): Lesné cesty, Priroda, Bratislava, ČSSR.
- Knežević, I., (1980): Utjecaj strukture sastojine na optimalnu gustoću mreže šumskih prometnica u prebornim šumama Gorskog kotara, Mehanizacija šumarstva 5, 3-4, Zagreb, s. 107-122.
- Knežević, I., (1990): Utjecaj gospodarenja i vrste sječe na ekonomičan raspored šumskih prometnica u prebornim šumama, disertacija, Šumarski fakultet, Zagreb, s. 1-199.

- Knežević, I., D. Pičman & H. Jakovac, (1991): Utjecaj načina gospodarenja na optimalnu gustoću šumskih prometnica u prebornim šumama Gorskog kotara, *Mehanizacija šumarstva* 16, 1-4, Zagreb, s. 16-19.
- Knežević, I., D. Pičman & H. Jakovac, (1991): Neravnopravnost intenziteta sječe odjela - čimbenik pri utvrđivanju srednje udaljenosti privlačenja u prebornim šumama Gorskog kotara, *Mehanizacija šumarstva* 16, 1-4, Zagreb, s. 20-24.
- Knežević, I., & S. Sever, (1992): Računalom podržano određivanje optimalne gustoće traktorskih vlaka pri stalnoj gustoći kamionskih cesta, *Mehanizacija šumarstva* 17, 3-4, Zagreb, s. 41-51.
- Kušan, V., (1994): digitalni model terena i njegova primjena, Zbornik referata sa seminara za geodetske i šumarske stručnjake zaposlene u J. P. Hrvatske šume, Zagreb, s. 63-80.
- Lovrić, N., (1964): Određivanje srednje daljine prijenosa kod centralnog privlačenja pomoću težišta, *Šumarski list* 11-12, Zgreb, s. 496-506.
- Lovrić, N., (1976): Mogućnost primjene centralnog izvlačenja kod planiranja i projektiranja šumskih transportnih sustava, *Disertacija*, Šumarski fakultet, Zagreb, s. 1-200.
- Mihaić, B., (1970): Mehanizovani utovar i istovar drveta, Sarajevo.
- Nikolić, S., (1972): Teorijska osnova ustanovljavanja optimalne gustine mreže šumskih komunikacija, *Šumarstvo*, 5-6, Beograd.
- Pičman, D., (1993): Utjecaj konfiguracije terena i hidrografskih prilika na ekonomsku opravdanost izgradnje optimalne mreže šumskih prometnica, *disertacija*, Šumarski fakultet Zagreb, s. 1-117.
- Sabadi, R., (1992): *Ekonomika šumarstva*, skripta, Školska knjiga, Zagreb, s. 197-225.
- Seeson, J., (1992): Using network analysis for roads and harvest planning, *Proceedings IUFRO Workshop on Computer Supported Planning og Roads and Harvesting*, Feldafing, Germany, p. 36-41.
- Sever, S., & I. Knežević, (1992): Computer-aided determination of optimal forest road density in mountainous areas, *Proceedings IUFRO Workshop on Computer Supported Planning of Roads and Harvesting*, Feldafing, Germany, p. 13-25.
- Shiba, M., & H. D. Löffler, (1990): computer Application for Environmental Impact Evaluation in teh Opening-up Planning process, *Proceedings XIX IUFRO World Congress*, montreal, Canada, p. 214-225.

SUMMARY: *The main problem studied in this paper was the accuracy of determination of forest area centres by the application of known methods and by means of a personal computer. Determination of medium dragging distances represents one of the factors needed to determine, as accurately as possible, the working cost for building a network of drag roads. In other words the accessibility of forests should be based on a correct regional design and planned network of forest drag roads with optimal density. In fact, by reducing to a minimum level the costs of dragging and transport, drag road construction and their maintenance, it is possible to reach an optimal solution for the problem of road accessibility. This paper describes one of the possible ways of determining the medium distances from the central dragging point by the application of a personal computer. The aim of the study was, for the realized orographic, hydrographic, stand characteristics and other properties of a particular forest land, to process one existing compartment (Compartment 64 of the Managemental Unit »Južna Garjevica«). Digital models of terrain were worked out on the terrain were worked out. On the basis of existing forest-management and topographic maps. By means of this digital model of maps. By means of this digital model of terrain the forest area was shown in 3-D, namely 2-D, projection and included the projected network of the tractor skidding roads of different longitudinal inclination. Projected variants of the skidding road: 12.5 - 15.0 - 17.5 and 20.0% take up 3.32 - 3.67% of the productive forest land area. The medium dragging distance, according to the Basis of Management, should be 350 m, while with this investigation we arrived at a value of 299.56 m as the most suitable, that is optimal variant of 17.5%. The density of skidding roads ranged between 94.98 up to 104.81 m/ha, and the optimal one was selected measuring 100.91 m/ha. With the application of a personal computer it is possible to fully simulate existing conditions in the field, reaching a high degree of accuracy, and in this way, during the data processing, existing situation in reality. The accuracy of work is unquestionable and consequently it can be concluded that further elaboration and usage of personal computers in the aforementioned field should be continued. Furthermore, it is expected that in the process of further practical application new simple, and even more accurate methods than these presented in this paper, will be realized.*