

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ

Душан М. Стојнић

ПРИМЕНА ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКОГ  
ОДЛУЧИВАЊА У ПЛАНИРАЊУ МРЕЖЕ  
ШУМСКИХ ПУТЕВА У ШУМАМА  
ПОСЕБНЕ НАМЕНЕ

докторска дисертација

БЕОГРАД, 2019.

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF FORESTRY

Dušan M. Stojnić

APPLICATION OF MULTI-CRITERIA  
DECISION-MAKING TO FOREST ROAD  
NETWORK PLANNING IN SPECIAL-  
PURPOSE FORESTS

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2019.

## ИНФОРМАЦИЈЕ О МЕТНОРУ И ЧЛАНОВИМА КОМИСИЈЕ

Ментор: **Др Милорад Даниловић**, редовни професор  
Универзитета у Београду – Шумарског факултета

Чланови комисије: **Др Милорад Златановић**, редовни професор  
Универзитета у Нишу – Грађевинско-архитектонског  
факултета

**Др Милан Медаревић**, редовни професор  
Универзитета у Београду – Шумарског факултета

**Др Милорад Јанић**, ванредни професор  
Универзитета у Београду – Шумарског факултета

**Др Здравко Трајанов**, редовни професор  
Универзитета „Св. Кирил и Методиј“ – Шумарског  
факултета, Скопје

Датум одбране: \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . године

## УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ – ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ

### КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИОНА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број (РББ)	
Идентификациони број (ИБР)	
Тип документације (ТД)	Монографска публикација
Тип записа (ТЗ)	Текстуални штампани материјал
Врста рада (ВР)	Докторска дисертација
Аутор (АУ)	маст. инж. шум. Душан М. Стојнић
Ментор (МН)	Др Милорад Даниловић, редовни професор Универзитета у Београду – Шумарског факултета
Наслов рада (НР)	Примена вишекритеријумског одлучивања у планирању мреже шумских путева у шумама посебне намене
Језик публикације (ЈП)	српски – ћирилица
Језик извода (ЈИ)	српски – ћирилица, енглески
Земља публикације (ЗП)	Република Србија
Географско подручје (ГП)	Србија
Година издавања (ГИ)	2019.
Издавач (ИЗ)	Ауторски репринт
Место издавања и адреса (МС)	Београд, ул. Кнеза Вишеслава бр. 1, Р. Србија
Физички обим рада (ФО) (број поглавља/ страна/ литературних извора/ табела/ прегледа/ графикона/ дијаграма/ шема/ карти/ фототаблица/ прилога)	8 поглавља / 302 стране/ 272 литературна извора/ 88 табела / 12 графикона / 16 слика/ 7 шема/ 58 карата
Научна област (НО)	Шумарство
Научна дисциплина (ДИС)	Отварање шума
Предметна одредница / Кључне речи (ПО)	отварање шума, шумски путеви, вишекритеријумско одлучивање, вишекритеријумска анализа, географски информациони систем, шуме посебне намене
УДК	
Чува се (ЧУ)	Библиотека Шумарског факултета, ул. Кнеза Вишеслава бр. 1, 11030 Београд, Р. Србија
Важна напомена (ВН)	Нема
Датум прихватања теме (ДП)	Одлука Наставно-научног већа Шумарског факултета, број: 01-2/135 од 25.05.2016. год. Одлука Већа научних области биотехничких наука, број: 61206-2825/2-16 од 15.06.2016. год.
Датум одбране (ДО)	

## UNIVERSITY OF BELGRADE – FACULTY OF FORESTRY

### KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number (ANO)	
Identification number (INO)	
Document type (DT)	Monographic publication
Type of record (TR)	Textual printed article
Contains code (CC)	Doctoral dissertation
Author (AU)	M.Sc. Dušan M. Stojnić
Mentor (MN)	Ph.D. Milorad Danilović, Full Professor, University of Belgrade, Faculty of Forestry
Title (TI)	Application of multi-criteria decision-making to forest road network planning in special-purpose forests
Language of text (LT)	Serbian – Cyrillic alphabet
Country of publication (CP)	Republic of Serbia
Locality of publication (LP)	Serbia
Publication year (PY)	2019
Publisher	Author's reprint
Publication place (PL)	Belgrade, Republic of Serbia, Kneza Višeslava 1
Physical description (PD) (number of chapters/ pages/ citations/ tables/ reviews/ charts/ diagrams/ scheme/ maps/ images/ annexes)	8 chapters / 302 pages/ 272 citations/ 88 tables / 12 charts / 16 images/ 7 scheme/ 58 maps
Science field (SF)	Forestry
Science discipline (SD)	Forest opening
Subject/Key words (CX)	Forest opening, forest roads, multi-criteria decision-making, multi-criteria analysis, geographic information system, special purpose forests
UDC	
Holding data (HD)	Library of Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade, Republic of Serbia
Note (N)	None
Accepted by scientific board on (ACB)	Date of acceptance of the topic (DP) Decision NNV Faculty of Forestry, No. 01-2/135, from 25.05.2016. Decision of the Scientific Council of Biotechnical Sciences, No. 61206-2825/2-16, from 15.06.2016.
Defended on (DE)	

## ИЗЈАВА ЗАХВАЛНОСТИ

*Изражавам посебну, дубоку и искрену захвалност ментору, Проф. др Милораду Даниловићу, на несебично пруженој стручној, моралној и пријатељској подршци, не само током израде дисертације, већ и током целокупног рада на Факултету.*

*Изузетну захвалност дугујем Проф. др Милораду Златановићу на указаном поверењу, на подстицању на напредовање и изузетном професионалном односу који смо до сада имали на релацији професор – асистент. Изражавам захвалност Проф. др Милану Медаревићу на искреној подршци и корисним саветима које ми је пружао током мог досадашњег научно-истраживачког и стручног рада. Захвалност дугујем Проф. др Милораду Јанићу на веома успешној сарадњи коју смо до сада имали и увек радо преношеном знању и искуству. Захваљујем се Проф. др Здравку Трајанову на пријатељској помоћи и времену утрошеном на ангажовању у овој комисији.*

*Захвалност дугујем професорима и колегама са Шумарског факултета, посебно са Катедре искоришћавања шума, који су ми на било који начин помогли у изради дисертације или утицали да донесем исправну одлуку.*

*Велику захвалност дугујем запосленима у ЈП „Национални парк Фрушка гора“, посебно инжењерима Мирославу Живановићу, Мирославу Јаковачком и Ђорђу Грозданићу на безусловној помоћи, као и другим колегама инжењерима из Националног парка „Фрушка гора“.*

*Захваљујем се свима који су прихватили учешће у истраживању: професорима и колегама са шумарских факултета из Београда, Бања Луке, Сарајева, Скопља, Загреба, Падове и Брашова, колегама из Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде – Управе за шуме, Покрајинског секретеријата за заштиту животне средине, националних паркова „Фрушка гора“, „Тара“ и „Бердан“ и „Истраживачко развојног и пројектног центра“ из Бања Луке.*

*Неизмерну захвалност дугујем својој породици, супрузи Горани и сину Лазару, мајци Смиљи и брату Срђану, на неизрециво великој подршци у истрајању, али и покојном оцу Миленку, који је до 2010. године табао стазе успеха којима сада настављамо. Ову докторску дисертацију посвећујем њима.*

Аутор

# ПРИМЕНА ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКОГ ОДЛУЧИВАЊА У ПЛАНИРАЊУ МРЕЖЕ ШУМСКИХ ПУТЕВА У ШУМАМА ПОСЕБНЕ НАМЕНЕ

## *Извод*

Шумски путеви су најважнији инфраструктурни објекти у шумама. Приликом планирања мреже шумских путева у ранијем периоду, углавном се водило рачуна да путна мрежа задовољи економске циљеве и да буде у функцији искоришћавања шума, док се данас све више пажње посвећује еколошким и социјалним чиниоцима. Шуме посебне намене, какве су и шуме Националног парка „Фрушка гора“, одликује читав низ специфичности, али и различитих ограничења, која се морају узети у обзир при изради планова управљања. При планирању мреже шумских путева у шумама посебне намене често се дешава да је потребно донети такву одлуку којом се истовремено остварује више циљева, који често могу бити конфликтни.

При избору најпогоднијих локација за градњу шумских путева у шумама посебне намене, само једна струка не може препознати и извршити вредновање свих утицајних фактора. Укључивање интересних група у доношење одлука о градњи шумских путева у шумама посебне намене, може бити кључ решења и помирења различитих ставова. Избор утицајних критеријума на градњу шумских путева у истраживаном подручју извршен је у процесу групног одлучивања применом делфи методе. Од укупног броја предложених критеријума издвојено је 7 критеријума као веома утицајних. Даље вредновање изабраних критеријума спроведено је применом аналитичког хијерарахијског процеса (АХП), чиме су добијени тежински коефицијенти за сваки критеријум. Множењем тежинских коефицијената са стандардизованим вредностима сваке ћелије растера формиране су мапе погодности по сваком критеријуму. Коначна карта погодности израђена је синтезом (преклапањем) карата погодности по сваком критеријуму, а визуелна представа која осликава просторну дистрибуцију различитих категорија погодности сужава избор доносиоцу одлуке око даљег развијања нових траса шумских путева.

Карте погодности подручја за градњу шумских путева послужиле су као основа за планирање варијанти мреже шумских путева. У свакој газдинској јединици израђене су по три варијанте, а свака варијанта вреднована је на основу 6 критеријума применом АХП-а. Резултат ових анализа је избор најбоље варијанте мреже шумских путева у свакој газдинској јединици. Примена ГИС технологије у комбинацији са методама вишекритеријумског одлучивања представља савремени тренд који не може да замени доносиоце одлука, али им пружа помоћ како би донели најбољу могућу одлуку.

**Кључне речи:** отварање шума, шумски путеви, вишекритеријумско одлучивање, вишекритеријумска анализа, географски информациони систем, шуме посебне намене

# APPLICATION OF MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING TO FOREST ROAD NETWORK PLANNING IN SPECIAL-PURPOSE FORESTS

## *Abstract*

Forest roads are the most important infrastructure facilities in forests. In the past, the major concern in planning a forest road network was that it should meet economic goals and serve the function of forest exploitation, while nowadays ever more attention is paid to environmental and social factors. Special purpose forests, such as the forests of the "Fruška Gora" National Park, have a wide range of specificities, but also various limitations, which must be taken into account when drafting management plans. Forest road network planning in special-purpose forests often requires decision-making aimed at achieving several goals which can often be conflicting.

In selecting the most suitable sites for forest road construction in special-purpose forests, a single profession is not enough to recognize and evaluate all impact factors. The inclusion of stakeholders in the decision-making process related to forest road construction in special-purpose forests can be the key to the solution and reconciliation of different attitudes. The selection of impact criteria for forest road construction in the investigated area was carried out through the process of group decision making using the Delphi method. Out of the total number of proposed criteria, 7 of them were identified as highly influential. Further evaluation of the selected criteria was carried out using the Analytical Hierarchy Process (AHP), and the obtained weights were multiplied with standardized values, which served as the basis for producing site suitability maps for each criterion. The final site suitability map was produced by synthesizing (overlapping) site suitability maps by each criterion, and the visual representation that shows the spatial distribution of different suitability categories narrows down the decision-maker choices regarding further development of new forest road routes.

Site suitability maps for forest road construction served as the basis for planning the variants of a forest road network. Three variants were produced in each forest management unit, and each variant was evaluated based on 6 criteria using AHP. The result of this analysis is the selection of the best forest road network variant in each forest management unit. The application of GIS technology in combination with multi-criteria decision-making methods is a modern trend which cannot replace decision-makers but can help them take the best possible decision.

**Key words:** forest opening, forest roads, multi-criteria decision-making, multi-criteria analysis, geographic information system, special purpose forests



# САДРЖАЈ

САДРЖАЈ ТАБЕЛА .....	X
САДРЖАЈ КАРАТА .....	XII
САДРЖАЈ ГРАФИКОНА.....	XIII
САДРЖАЈ СЛИКА.....	XIII
САДРЖАЈ ШЕМА.....	XIV
<b><u>1. УВОД.....</u></b>	<b><u>1</u></b>
1.1. Проблематика истраживања.....	3
1.2. Предмет и циљеви истраживања .....	6
1.3. Полазне хипотезе.....	7
<b><u>2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА.....</u></b>	<b><u>8</u></b>
2.1. Планирање мреже шумских путева .....	8
2.2. Примена ГИС-а у планирању мреже шумских путева.....	9
2.3. Примена вишекритеријумског одлучивања у шумарству .....	15
2.4. ГИС-базирано вишекритеријумско одлучивање у планирању мреже шумских путева.....	18
<b><u>3. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ ГИС-БАЗИРНОГ ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКОГ ОДЛУЧИВАЊА.....</u></b>	<b><u>32</u></b>
3.1. Одлучивање.....	32
3.1.1. Групно одлучивање.....	33
3.1.1.1. Избор учесника у групном одлучивању .....	33
3.1.1.2. Делфи метода као техника групног одлучивања.....	35
3.1.2. Вишекритеријумско одлучивање.....	38
3.1.2.1. Вишеатрибутивно одлучивање (вишекритеријумска анализа).....	40
3.1.2.2. Аналитички хијерархијски процес.....	42
3.2. Географски информациони систем.....	44
3.3. ГИС-базирана вишекритеријумска анализа.....	47
3.3.1. ГИС и аналитичко хијерархијски процес (АХП).....	49
<b><u>4. ПОДРУЧЈЕ ИСТРАЖИВАЊА.....</u></b>	<b><u>51</u></b>
4.1. Шире подручје истраживања – Национални парк „Фрушка гора“ .....	51
4.2. Уже подручје истраживања.....	54
4.2.1. Опште информације о газдинским јединицама.....	55
4.2.1.1. ГЈ „Равне“ .....	55
4.2.1.2. ГЈ „Биклав“ .....	58
4.2.1.3. ГЈ „Јанок“ .....	59
4.2.1.4. ГЈ „Гвоздењак – Лице“ .....	61
4.2.1.5. ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“ .....	62
4.2.2. Режији заштите .....	64
4.2.2.1. Режим заштите I степена.....	66

4.2.2.2. Режим заштите II степена.....	67
4.2.2.3. Режим заштите III степена.....	72
4.2.3. Саобраћајна инфраструктура.....	74
<b>5. МЕТОД РАДА.....</b>	<b>79</b>
5.1. Инвентура шумских путева.....	79
5.2. Катастар шумских путева.....	81
5.3. Израда ГИС пројекта и дигиталног модела терена.....	86
5.3.1. ГИС пројекат истраживаног подручја.....	86
5.3.2. Дигитални модел терена (ДМТ).....	88
5.4. Анализа тренутног стања мреже шумских путева.....	89
5.4.1. Густина мреже шумских путева.....	89
5.4.2. Средња транспортна дистанца.....	91
5.4.2.1. Геометријска (еуклидска) транспортна дистанца.....	91
5.4.2.2. Фактор корекције средње транспортне дистанце.....	92
5.4.2.3. Стварна средња транспортна дистанца.....	96
5.4.2.4. Средња удаљеност од пута.....	99
5.4.3. Релативна отвореност.....	100
5.4.3.1. Коефицијент ефикасности мреже шумских путева.....	101
5.5. Оптимална густина мреже шумских путева.....	101
5.6. Избор погодних површина за градњу шумских путева у шумама посебне намене.....	106
5.6.1 Избор критеријума за дефинисање погодних површина за градњу шумских путева.....	107
5.6.2. Вредновање изабраних критеријума.....	110
5.7. Планирање варијанти мреже шумских путева.....	116
5.7.1. Критеријуми за избор најбоље варијанте.....	118
<b>6. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА.....</b>	<b>122</b>
6.1. Катастар шумских путева.....	122
6.1.1. Катастар путева у ГЈ „Равне“.....	123
6.1.2. Катастар путева у ГЈ „Биклав“.....	127
6.1.3. Катастар путева у ГЈ „Јанок“.....	129
6.1.4. Катастар путева у ГЈ „Гвоздењак – Лице“.....	131
6.1.5. Катастар путева у ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“.....	135
6.2. ГИС пројекат и ДМТ истраживаног подручја.....	138
6.3. Тренутно стање мреже шумских путева.....	139
6.3.1. Густина мреже шумских путева.....	140
6.3.2. Средња транспортна дистанца.....	141
6.3.2.1. Геометријска (еуклидска) транспортна дистанца.....	143
6.3.2.2. Фактор корекције средње транспортне дистанце.....	147
6.3.2.3. Стварна средња транспортна дистанца.....	149
6.3.3. Оптимална густина мреже шумских путева.....	156
6.3.4. Релативна отвореност и коефицијент ефикасности мреже путева.....	158
6.4. Оцена погодности подручја за градњу шумских путева.....	166
6.4.1. Избор критеријума у поступку групног одлучивања.....	166
6.4.2. Дефинисање и вредновање атрибута критеријума.....	178

6.4.2.1. Угроженост од пожара.....	179
6.4.2.2. Транспортна дистанца.....	183
6.4.2.3. Дрвна запремина.....	185
6.4.2.4. Сечиви етат.....	187
6.4.2.5. Заступљеност изворишта воде.....	189
6.4.2.6. Нагиб терена.....	192
6.4.2.7. Повезаност са насељеним местима.....	195
6.4.3. Формирање матрице одлучивања.....	196
6.4.4. Израда карте погодности.....	199
6.5. Планирање мреже шумских путева.....	202
6.5.1. Планирање варијанти мреже шумских путева.....	202
6.5.2. Критеријуми за избор најбоље варијанте мреже шумских путева.....	208
6.5.2.1. Отвореност погодних површина.....	208
6.5.2.2. Конверзија тракторских влака и шумских просека у путеве.....	211
6.5.2.3. Потреба за реконструкцијом постојећих путева.....	213
6.5.2.4. Трошкови изградње.....	215
6.5.2.5. Релативна отвореност.....	217
6.5.2.6. Коефицијент ефикасности мреже путева.....	218
6.5.3. Избор најбоље варијанте мреже шумских путева.....	219
<u>7. ДИСКУСИЈА.....</u>	<u>226</u>
<u>8. ЗАКЉУЧЦИ.....</u>	<u>251</u>
<u>ЛИТЕРАТУРА:.....</u>	<u>256</u>

## САДРЖАЈ ТАБЕЛА

Табела 1: Наменске целине у ГЈ „Равне“ .....	57
Табела 2: Наменске целине у ГЈ „Биклав“ .....	59
Табела 3: Наменске целине у ГЈ „Јанок“ .....	60
Табела 4: Наменске целине у ГЈ „Гвоздењак-Лице“ .....	62
Табела 5: Наменске целине у ГЈ „Ворово-Липовача- Шидско церје“ .....	63
Табела 6: Табела атрибута за унос података у ГИС софтверу .....	82
Табела 7: Оцена квалитета резолуције ДМТ .....	88
Табела 8: Коефицијенти развијања линије пута за различите нагибе терена.....	93
Табела 9: Број позваних експерата по групама.....	108
Табела 10: Пример стандардизације атрибута.....	111
Табела 11: Сатијева скала .....	112
Табела 12: Пример матрице поређења .....	112
Табела 13: Пример одређивања тежина критеријума применом апрокс. процедуре .....	113
Табела 14: Вредности случајног индекса RI.....	115
Табела 15: Рекласификација вредности ћелија код карте погодности.....	116
Табела 16: Одређивање укупних тежинских коеф. варијанти мреже шумских путева .....	120
Табела 17: Катастар путева у ГЈ „Равне“ .....	126
Табела 18: Катастар путева у ГЈ „Биклав“ .....	129
Табела 19: Катастар путева у ГЈ „Јанок“ .....	130
Табела 20: Катастар путева у ГЈ „Гвоздењак – Лице“ .....	134
Табела 21: Катастар путева у ГЈ „Ворово - Липовача - Шидско церје“ .....	137
Табела 22: Густина мреже путева по газдинским јединицама.....	140
Табела 23: Фактори корекције за шуме у ГЈ „Ворово - Липовача - Шидско церје“ .....	149
Табела 24: Средња удаљеност тачака од пута и средња транспортна дистанца по ГЈ.....	156
Табела 25: Оптимална растојања и оптималне густине мреже шумских путева по ГЈ.....	158
Табела 26: Листа предложених критеријума.....	168
Табела 27: Листа најутицајнијих критеријума након 2. фазе истраживања.....	176
Табела 28: Коначна листа најутицајнијих критеријума након 3. фазе истраживања .....	177
Табела 29: Вредновање атрибута – степен угрожености од пожара .....	182
Табела 30: Вредновање атрибута – средња транспортна дистанца .....	184
Табела 31: Вредновање атрибута – дрвна запремина .....	186
Табела 32: Вредновање атрибута - сечиви етат .....	188
Табела 33: Вредновање атрибута – зоне заштите око извора воде .....	191
Табела 34: Категоризација нагиба терена према Borisvu и Kostiću .....	193
Табела 35: Категоризација нагиба терена у 5 класа.....	194
Табела 36: Вредновање атрибута – класа нагиба терена.....	194
Табела 37: Стандардизоване вредности.....	197
Табела 38: Одређивање тежинских коефицијената изабраних критеријума.....	198
Табела 39: Рекласификација вредности ћелија и формирање класа погодности .....	200
Табела 40: Анализа варијанти шумских путева у ГЈ 3808.....	203
Табела 41: Анализа варијанти шумских путева у ГЈ 3809.....	204
Табела 42: Анализа варијанти шумских путева у ГЈ 3810.....	205
Табела 43: Анализа варијанти шумских путева у ГЈ 3811.....	206
Табела 44: Анализа варијанти шумских путева у ГЈ 3812.....	207
Табела 45: Заступљеност класа погодности на тампон зонама око путева у ГЈ 3808.....	209
Табела 46: Заступљеност класа погодности на тампон зонама око путева у ГЈ 3809.....	209

Табела 47: Заступљеност класа погодности на тампон зонама око путева у ГЈ 3810.....	209
Табела 48: Заступљеност класа погодности на тампон зонама око путева у ГЈ 3811.....	209
Табела 49: Заступљеност класа погодности на тампон зонама око путева у ГЈ 3812.....	210
Табела 50: Матрица одлучивања - отвореност погодних површина у ГЈ 3808 .....	210
Табела 51: Матрица одлучивања - отвореност погодних површина у ГЈ 3809 .....	210
Табела 52: Матрица одлучивања - отвореност погодних површина у ГЈ 3810 .....	210
Табела 53: Матрица одлучивања - отвореност погодних површина у ГЈ 3811 .....	211
Табела 54: Матрица одлучивања - отвореност погодних површина у ГЈ 3812 .....	211
Табела 55: Процент. учешће деоница шумских путева преко постојећих влака .....	212
Табела 56: Матрица одлучивања - конверзија влака у шумске путеве у ГЈ 3808.....	212
Табела 57: Матрица одлучивања - конверзија влака у шумске путеве у ГЈ 3809.....	212
Табела 58: Матрица одлучивања - конверзија влака у шумске путеве у ГЈ 3810.....	213
Табела 59: Матрица одлучивања - конверзија влака у шумске путеве у ГЈ 3811.....	213
Табела 60: Матрица одлучивања - конверзија влака у шумске путеве у ГЈ 3812.....	213
Табела 61: Дужина постојећих путева које је неопходно реконструисати .....	214
Табела 62: Матрица одлучивања - реконструкција постојећих путева у ГЈ 3808 .....	214
Табела 63: Матрица одлучивања - реконструкција постојећих путева у ГЈ 3809 .....	214
Табела 64: Матрица одлучивања - реконструкција постојећих путева у ГЈ 3810 .....	214
Табела 65: Матрица одлучивања - реконструкција постојећих путева у ГЈ 3811 .....	215
Табела 66: Матрица одлучивања - реконструкција постојећих путева у ГЈ 3812 .....	215
Табела 67: Трошкови градње шумских путева (у милионима динара).....	215
Табела 68: Матрица одлучивања - трошкови изградње шумских путева у ГЈ 3808 .....	216
Табела 69: Матрица одлучивања - трошкови изградње шумских путева у ГЈ 3809 .....	216
Табела 70: Матрица одлучивања - трошкови изградње шумских путева у ГЈ 3810 .....	216
Табела 71: Матрица одлучивања - трошкови изградње шумских путева у ГЈ 3811 .....	216
Табела 72: Матрица одлучивања - трошкови изградње шумских путева у ГЈ 3812 .....	216
Табела 73: Матрица одлучивања – релативна отвореност ГЈ 3808.....	217
Табела 74: Матрица одлучивања – релативна отвореност ГЈ 3809.....	217
Табела 75: Матрица одлучивања – релативна отвореност ГЈ 3810.....	217
Табела 76: Матрица одлучивања – релативна отвореност ГЈ 3811.....	217
Табела 77: Матрица одлучивања – релативна отвореност ГЈ 3812.....	218
Табела 78: Матрица одлучивања – коеф. ефикасности мреже шумских путева у ГЈ 3808.....	218
Табела 79: Матрица одлучивања – коеф. ефикасности мреже шумских путева у ГЈ 3809.....	218
Табела 80: Матрица одлучивања – коеф. ефикасности мреже шумских путева у ГЈ 3810.....	219
Табела 81: Матрица одлучивања – коеф. ефикасности мреже шумских путева у ГЈ 3811.....	219
Табела 82: Матрица одлучивања – коеф. ефикасности мреже шумских путева у ГЈ 3812.....	219
Табела 83: Матрица одлучивања - одређивање тежинских коефицијената критеријума .....	220
Табела 84: Синтезна табела за избор најбоље варијанте .....	222
Табела 85: Синтезна табела – изједначене вредности критеријума .....	223
Табела 86: Синтезна табела – умањење вредности критеријума ОПП за 20% .....	224
Табела 87: Синтезна табела – увећање вредности критеријума ОПП за 20% .....	225
Табела 88: Критеријуми које су други истраживачи укључивали у анализама.....	242

## САДРЖАЈ КАРАТА

Карта 1: Сателитски снимак Фрушке горе.....	51
Карта 2: Подручје истраживања .....	55
Карта 3: Режији заштите у истраживаном подручју Националног парка „Фрушка гора“ .....	66
Карта 4: Карта државних путева на простору Национално парка „Фрушка гора“ .....	75
Карта 5: Планирана деоница државног пута бр. 18 – сателитски снимак .....	76
Карта 6: Просторни распоред бицикличких рута на бицикличкој рути Срем.....	78
Карта 7: Карта ГЈ „Равне“ са уцртаном мрежом прим. и важнијих секунд. путева.....	124
Карта 8: Карта путева у ГЈ „Биклав“ .....	128
Карта 9: Карта ГЈ „Јанок“ са уцртаном мрежом путева.....	130
Карта 10: Карта ГЈ „Гвоздењак – Лице“ са уцртаном мрежом путева.....	132
Карта 11: Карта путева у ГЈ „Ворово - Липовача - Шидско церје“.....	137
Карта 12: Мрежа јавних и шумских путева у истраживаном подручју.....	140
Карта 13: Еуклидска транспортна дистанца у ГЈ „Равне“.....	144
Карта 14: Еуклидска транспортна дистанца у ГЈ „Биклав“.....	144
Карта 15: Еуклидска транспортна дистанца у ГЈ „Јанок“.....	145
Карта 16: Еуклидска транспортна дистанца у ГЈ „Гвоздењак – Лице“.....	145
Карта 17: Еуклидска транспортна дистанца у ГЈ „Ворово - Липовача - Шидско церје“.....	146
Карта 18: Еуклидска трансп. дист. у ГЈ „Ворово - Липовача - Шидско церје“ (инт. 200 m).....	146
Карта 19: Мрежа тачака густине 50 x 50 m у ГЈ „Равне“ .....	150
Карта 20: ГЈ „Равне“ – растер нагиба терена .....	150
Карта 21: ГЈ „Равне“ – растер сечивог етата по ha .....	150
Карта 22: Мрежа тачака густине 50 x 50 m у ГЈ „Биклав“ .....	152
Карта 23: ГЈ „Биклав“ – растер нагиба терена .....	152
Карта 24: ГЈ „Биклав“ – растер сечивог етата по ha .....	152
Карта 25: Мрежа тачака густине 50 x 50 m у ГЈ „Јанок“ .....	153
Карта 26: ГЈ „Јанок“ – растер нагиба терена .....	153
Карта 27: ГЈ „Јанок“ – растер сечивог етата по ha .....	153
Карта 28: Мрежа тачака густине 50 x 50 m у ГЈ „Гвоздењак-Лице“ .....	154
Карта 29: ГЈ „Гвоздењак-Лице“ – растер нагиба терена.....	154
Карта 30: ГЈ „Гвоздењак-Лице“ – растер сечивог етата по ha.....	154
Карта 31: Мрежа тачака густине 50 x 50 m у ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“.....	155
Карта 32: ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“ – растер нагиба терена.....	155
Карта 33: ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“ – растер сечивог етата по ha.....	155
Карта 34: ГЈ „Равне“ – тампон зоне око путева.....	160
Карта 35: ГЈ „Биклав“ – тампон зоне око путева.....	161
Карта 36: ГЈ „Јанок“ – тампон зоне око путева .....	162
Карта 37: ГЈ „Гвоздењак - Лице“ – тампон зоне око путева.....	163
Карта 38: ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“ – тампон зоне око путева.....	164
Карта 39: Карта погодности подручја за градњу путева са аспекта заштите од пожара.....	183
Карта 40: Карта погодности подручја за градњу путева са аспекта транспортне дистанце .	185
Карта 41: Карта погодности подручја за градњу путева са аспекта дрвне запремине.....	187
Карта 42: Карта погодности подручја за градњу путева са аспекта сечивог етата.....	189
Карта 43: Хидролошка рејонизација Фрушке горе - прегледна карта.....	190
Карта 44: Карта извора на Фрушкој гори.....	190
Карта 45: Карта извора, чесми и бунара на истраживаном подручју.....	191
Карта 46: Карта погодности подручја за градњу путева са аспекта заступљ. извора воде ....	192

Карта 47: Карта погодности подручја за градњу путева са аспекта нагиба терена.....	194
Карта 48: Карта погодности површина за градњу шумских путева на примеру ГЈ 3808.....	199
Карта 49: Погодност површина за градњу шумских путева.....	200
Карта 50: Карта класа погодности површина за градњу шумских путева .....	201
Карта 51: Карта класа погодности површина за градњу путева са изузетим површинама...	201
Карта 52: Варијанте мреже шумских путева у ГЈ 3808 – вар. 1 (А), вар. 2 (В) и вар. 3 (С).....	203
Карта 53: Варијанте мреже шумских путева у ГЈ 3809 – вар. 1 (А), вар. 2 (В) и вар. 3 (С).....	204
Карта 54: Варијанте мреже шумских путева у ГЈ 3810 – вар. 1 (А), вар. 2 (В) и вар. 3 (С).....	205
Карта 55: Варијанте мреже шумских путева у ГЈ 3811 – вар. 1 (А), вар. 2 (В) и вар. 3 (С).....	206
Карта 56: Варијанте мреже шумских путева у ГЈ 3812 – вар. 1 (А), вар. 2 (В) и вар. 3 (С).....	207
Карта 57: Заступљеност класа погодности на тампон зонама око путева - пример.....	208
Карта 58: Карта са коначно усвојеним варијантама мреже шумских путева.....	221

## САДРЖАЈ ГРАФИКОНА

Графикон 1: Дужина путева по функционалним категоријама у газдинским јединицама ....	141
Графикон 2: Геометријска (еуклидска) средња и максимална транспортна дистанца .....	143
Графикон 3: Тренутна и оптимална густина мреже путева по газдинским јединицама.....	158
Графикон 4: Релативна отвореност за ширину појаса која одговара двострукој SDcilj .....	165
Графикон 5: Коефицијент ефикасности за ширину појаса која одговара двострукој SDcilj...	165
Графикон 6: Релативна отвореност и коеф. ефикасности мреже шумских путева по ГЈ .....	165
Графикон 7: Број учесника у 2. фази истраживања по панелима.....	174
Графикон 8: Укупан број бодова по критеријумима .....	174
Графикон 9: Просечне оцене, ст. дев. и коеф. вар. по критеријумима након 2. фазе.....	175
Графикон 10: Просечне оцене, ст. дев. и коеф. вар. по критеријумима након 3. фазе.....	177
Графикон 11: Тежински коефицијенти критеријума .....	198
Графикон 12: Тежински коеф. критеријума за избор најбоље варијанте шумског пута .....	220

## САДРЖАЈ СЛИКА

Слика 1: Типови просторних података према структури.....	45
Слика 2: Шематски приказ најкраћег растојања и стварне руте кретања.....	95
Слика 3: ГПС уређај Pridion VIP-6000.....	122
Слика 4: Електронски формулар у ArcPad-у за унос података о снимљеном путу.....	122
Слика 5: Напуштени површински коп „Средње брдо“ .....	124
Слика 6: Пут ка Трешњевцу .....	125
Слика 7: Јеленска дивљач у ограђеном узгајалишту на Трешњевцу .....	125
Слика 8: Пут са крутом коловозном конструкцијом до виле „Равне“ .....	126
Слика 9: Вила „Равне“ .....	126
Слика 10: Шумски пут „Бања – Вадаши“ .....	133
Слика 11: Језеро Мохарач.....	133
Слика 12: Вишфункц. пут од Ердевика до Нештина, део са природним коловозом .....	133

Слика 13: Тракторски путеви на локалитету Лице .....	133
Слика 14: Тракторска екипажа у ГЈ „Гвоздењак – Лице“ .....	142
Слика 15: Мрежа тачака у ограђеном делу ГЈ .....	148
Слика 16: Матрица одлучивања у софтверу MS Excel 2016.....	199

## **САДРЖАЈ ШЕМА**

Шема 1: Хијерархија проблема одлучивања.....	43
Шема 2: Шематски дијаграм за моделирање погодних површ. за градњу шумских путева.....	50
Шема 3: Шематски приказ модела за спровођење инвентуре шумских путева.....	81
Шема 4: Шематски приказ модела израде карте погодн. подручја за градњу путева.....	107
Шема 5: Структурирање проблема при одређивању карте погодности.....	116
Шема 6: Циљ, критер. и алтерн. у хијерархијском процесу при избор најбоље варијанте.....	118
Шема 7: Циљ, групе критеријума, критеријуми и атрибути у хијерархијском процесу .....	178



## 1. УВОД

Управљање заштићеним подручјима у данашњем периоду у коме је потребно ускладити економски развој са очувањем природе, представља велики изазов. Са развојем друштва расла је и потреба за јачањем привредних активности, што је довело до прекомерне и неконтролисане експлоатације простора и природних ресурса (*Luburić, 2016*). У циљу смањења антропогених утицаја на заштићена подручја, пред управљаче заштићеним подручјима поставља се задатак за проналажењем одрживих модела њиховог коришћења. Данас постоје евидентна настојања у проналажењу мера које би помириле повећање економских користи са једне стране и интереса заштите са друге, а да истовремено не дође до супротстављених величина и конфликтних односа између циљева (*Zmijanović, 2018*).

У времену урбанизације и индустријализације и све већег нарушавања животне средине, људи имају потребу да се враћају природи, при чему се повећава и интензивира значај свих функција шума, а не само њене производне функције. Да би такву улогу шума могла да испуни, мора да има посебне карактеристике које се могу остварити само посебним – специфичним мерама газдовања шумама и такве шуме се категоришу као шуме посебне намене (*Krstić, 2008*). Закон о шумама (*Сл. гласник РС, 2010*) под шумама са посебном наменом подразумева: заштитне шуме, шуме за очување и коришћење генофонда шумских врста дрвећа, шуме за очување биодиверзитета гена, врста, екосистема и предела, шуме значајне естетске вредности, шуме од значаја за здравље људи и рекреацију, шуме од значаја за образовање, шуме за научно-истраживачку делатност, шуме културно-историјског значаја, шуме за потребе одбране земље, шуме специфичних потреба државних органа и шуме за друге специфичне потребе. Шуме у заштићеним природним добрима имају приоритетну функцију шуме са посебном наменом.

Простор националних паркова од увек је био предмет интересовања различитих интересних група, а биће предмет и даљег интересовања како оних који се баве планирањем или заштитом простора, тако и других чији је интерес у области инвестирања или експлоатације природних ресурса. Традиционално управљање парком у коме је једина функција заштита, одавно је превазиђено, а нови приступ подразумева менаџерску контролу подручја, заштиту врста и процеса и повезаност заштите и економског развоја, чиме се жели обезбедити делатност која подржава регионалну економију, кооперативни менаџмент и финансијску стабилност заштићеног природног добра (*Panić & Orlović-Lovren, 2014*).

Као важан антропогени утицај на животну средину у шумама посебне намене сматра се изградња шумских путева. Генерално посматрано, развијање мреже шумских путева у циљу транспорта шумских производа, развоја туризма и ефикасне заштите шума, сматра се једном од најважнијих интервенција човека у шумском екосистему (*Drosos, et al. 2010*), и то пре свега због геометријских димензија шумских путева (*Binder, et al. 2014*). *Gumus, et al. (2008)* наводе да је изградња шумских путева врло често главни камен спотицања у разговорима између шумара и еколога.

Правилно планирана, пројектована и изграђена мрежа шумских путева је темељ рационалног и одрживог газдовања шумским екосистемима, посебно у подручјима посебне намене као што су национални паркови. *Çağlar & Acar (2006)* истичу да шумски инфраструктурни објекти, попут шумских путева, играју значајну улогу у газдовању шумама и развоју шума уопште и да шумски путеви нису само у функцији производње дрвних и недрвних производа, већ и у функцији руралног развоја, а често и јавне мреже путева. Сличан став потврђен је и Законом о шумама (*Сл. гласник РС, 2010*) према коме шумски путеви представљају објекте изграђене првенствено ради обављања послова газдовања шумама, а нарочито ради заштите шума од пожара. Лоше планирана мрежа шумских путева може да доведе до низа проблема као што су ерозија земљишта, појава клизишта, загађење водотокова, измена

постојећег земљишног покривача и фрагментација станишта у мање и изолованије површине (*Danilović & Gačić, 2014*).

### **1.1. Проблематика истраживања**

Национални паркови и друга заштићена подручја захтевају постојање одговарајуће инфраструктуре, која мора бити пројектована да задовољи основне функције: побољшање могућности за рекреацију, повећање туристичког капацитета, подршку сигурности посетилаца, смањење трошкова одржавања, заштиту и одржавање еколошког интегритета, подршку културном интегритету, одржавање здравственог стања ваздуха, воде и земљишта, обезбеђивање потреба запослених (*Eagles & McCool, 2002*), али и стварање услова за обављање делатности из сектора шумарства. Подручја којима је омогућен приступ саобраћајницама пружају више могућности од подручја без таквог приступа.

Изградња саобраћајних инфраструктурних система започиње много пре њихове физичке реализације, кроз системски низ уређених поступака планирања и пројектовања (*Andus & Maletin, 2004*). Шумски путеви су планирани, пројектовани и изграђени инфраструктурни објекти чије просторно и конструктивно решење зависи од облика терена, намене шуме, станишних и састојинских прилика шумских екосистема (*Stefanović, et al. 2016*). Планирање мултифункционалне мреже шумских путева је предуслов за одрживо газдовање шумама и коришћење шумских ресурса (*Tampekis, et al. 2015*). Приликом планирања мреже шумских путева у ранијем периоду, углавном се водило рачуна да путна мрежа задовољи економске циљеве и да буде у функцији искоришћавања шума, а мање пажње је посвећивано еколошким чиниоцима (*Firouzan, et al. 2010; Majlingová, 2012*). У данашњим условима интегралног газдовања, у коме шуме, а и шумски путеви имају мултифункционални карактер, економски критеријум при отварању шума никако не би смео да буде једини. Стога је развијен нови приступ у проблематици отварања шума који се базира на идеји једнаких функција шума

и представља техничко-економско-еколошки концепт отварања, који треба да допринесе смањењу негативних ефеката изградње и употребе путне мреже на шумски екосистем (*Hruza, 2003*). Данас се планирање спроводи уважавајући еколошке, економске, социјалне и техничке критеријуме, а у оквиру њих налази се велики број подкритеријума, који зависе од специфичности подручја у ком се развија мрежа путева (*Eker & Ada 2011*).

Бројни аутори, међу којима и *Caliskan (2013)* и *Danilović & Gačić (2014)*, наводе да је приликом планирања мреже шумских путева потребно узети у обзир више варијанти мреже шумских путева, а избор најбоље извршити на основу трошкова градње и одржавања, али и најмањег утицаја на животну средину. *Aricak & Acar (2004)* утврдили су да већа пажња у фази планирања мреже шумских путева смањује негативан утицај путева на животну средину. Сличног мишљења је и *Medarević (2010)* који истиче да власници и корисници шума и шумског земљишта, у остваривању својих права дужни су да у шумама пројектују и граде шумску инфраструктуру на начин који је најмање штетан за шумско станиште, водећи бригу о посебним геолошким, вегетационим, хидролошким и другим вредностима, а посебно о вредним деловима екосистема утврђеним посебним прописима (делови еколошке мреже, станишта, коридори ретких, осетљивих или угрожених врста).

Ако су лоше испланирани и пројектовани, изграђени и одржавани, шумски путеви могу имати велики утицај на деградацију животне средине. Такви путеви утичу на промене водених токова, таложење материјала, ерозију земљишта, па и на појаву клизишта (*Çağlar & Acar, 2006*). При градњи шумских путева неопходно је да се са једне стране прати серија правила и препорука које обезбеђују заштиту животне средине, а са друге стране да се предвиде могући утицаји на животну средину, као и мере у погледу њиховог спречавања или смањења (*Ciobanu, et al. 2011*).

Квалитетан просторни распоред мреже шумских путева утиче на редукцију појављивања и ширења пожара широких размера (*Lugo & Gucinski, 2000*). Проширење мреже путева у националним парковима треба да буде

умереног интензитета са сигурним приступом сваком угроженом делу шуме како би се олакшало управљање и заштита шумских ресурса (*Demir, 2007*). Поред великог значаја у репресивној заштити шума од пожара, шумски путеви утичу и на повећање опасности од настанка пожара, јер већим присуством излетника и кампера расте ризик од настанка пожара (*Chuvieco & Congalton, 1989*). Шумски путеви су од суштинског значаја и за одржавање заштитне инфраструктуре, као што су осматрачнице, репетитори, резервоари са водом, противпожарне пруге и сл. (*Marchi, et al. 2010*).

*Nasiri & Lotfalian (2012)* сматрају да на планирање мреже шумских путева велики утицај имају и социјални критеријуми. Један од основних социјалних критеријума које треба узети у обзир приликом отварања шума је и рекреативна функција шума (*Grace III & Clinton, 2007*). Изградња шумских путева може проузроковати конфликт интереса између различитих функција. Узимајући као пример производњу дрвета (економска функција) и коришћење у туристичке сврхе (рекреативна функција) *Binder, et al. (2014)* истичу да постоји потреба за развојем одговарајуће методологије отварања шума, која уважава и вреднује различите утицајне функције за смањење конфликтних ситуација између корисника.

Преклапање интереса, који се огледа у мултифункционалности простора, захтева виши ниво међусекторске сарадње и имплементира се кроз секторску политику у планове, програме и пројекте. При томе се, примењујући савремене методе (партиципативног/интегралног) планирања, смањују могућности настајања конфликта у коришћењу простора (*Szabados & Kiš, 2013*). Планирање се може посматрати као хијерархија у којој се број људи потребних за израду планова повећава од операционог ка стратешком планирању. Стратешко планирање фокусира се на постизање дугорочних циљева газдовања, при чему се просторни аспекти планова газдовања углавном занемарују. У процесима тактичког планирања, планиране активности дефинисане су и просторно и временски, а то значи да овај ниво планирања идентификује активности специфичне за локацију, које доприносе већој сврси плана, али су технички детаљи имплементације активности

ограничени (*Bettinger, et al. 2009*). На најнижем нивоу хијерархије је операционо планирање, које је неопходно за стварно спровођење управљачких активности. У хијерархији планирања мора да постоји чврста веза, јер операциони планови морају бити вођени тактичким плановима, а тактички стратешким плановима.

Изградња шумских путева ствара све већу забринутост јавности због дугорочног утицаја на животну средину (*Danilović, et al. 2012*).

## **1.2. Предмет и циљеви истраживања**

При планирању мреже шумских путева у шумама посебне намене, као што је случај у шумама Националног парка „Фрушка гора“, често се дешава да је потребно донети такву одлуку којом се истовремено остварује више циљева, који често могу бити конфликтни. Смањење могућности настанка конфликта постиже се благовременом идентификацијом спорних питања, за шта је неопходно укључивање интересних група и организација из различитих подручја деловања у процес одлучивања. При избору најпогоднијих локација за градњу шумских путева у шумама посебне намене, само једна струка не може препознати и извршити вредновање свих утицајних фактора. Код савременог приступа решавања проблема, проблем је потребно посматрати са више гледишта, при чему стручњаци из ужег подручја истраживања постају нужни део ширег, интердисциплинарног тима у којем значајну улогу у процесу доношења одлука имају стручњаци других профила. Укључивање интересних група у доношење одлука о градњи шумских путева у шумама посебне намене, може бити кључ решења и помирења различитих ставова.

Да би се приступило планирању нове, допунске мреже шумских путева веома је важно познавање тренутног стања шумских путева на одређеном простору. Подаци о квантитативним и квалитативним показатељима стања шумских путева, морају бити садржани у катастру шумских путева. Јединствен

катастар шумских путева на простору наших шума до сада није успостављен, а није дефинисан ни његов садржај, нити начин вођења.

Из свега наведеног следи и први циљ истраживања, а то је дефинисање методологије израде јединственог катастра шумских путева, који ће бити у складу са важећим законима, правилницима и Кодним приручником за информациони систем о шумама Републике Србије, као и сама израда катастра у истраживаном подручју.

Други циљ истраживања је да се кроз процес групног одлучивања изврши избор утицајних критеријума на градњу шумских путева у шумама посебне намене, да се одреде њихови тежински коефицијенти и израде карте погодности подручја за градњу шумских путева применом вишекритеријумског одлучивања у ГИС окружењу.

Трећи циљ је планирање варијанти мреже шумских путева и избор најбоље варијанте на бази вишекритеријумског одлучивања.

### **1.3. Полазне хипотезе**

Основне хипотезе од којих се полази у овом истраживању су:

- стање мреже шумских путева у истраживаном подручју не одговара потребама одрживог газдовања шумама;
- при планирању мреже шумских путева у шумама посебне намене економски критеријуми нису критеријуми од највећег значаја;
- вишефункционално планирање газдовања шумама захтева и већу густину мреже шумских путева;
- применом просторних анализа и вишекритеријумског одлучивања могуће је креирати широко применљиве моделе за доношење одлука у процесима одређивања погодних површина за планирање и градњу мреже шумских путева.

## 2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА

### 2.1. Планирање мреже шумских путева

Планирањем мреже шумских путева и одређивањем најбољег просторног распореда и оптималне густине бавили су се бројни аутори. У претходном периоду планирање и градња мреже шумских путева најчешће су били у функцији коришћења шума, при чему је основни циљ био створити услове за максимално искоришћење уз минималне трошкове производње. Упоредо са развојем техника и технологија коришћења шума мењала се и сама методологија планирања мреже шумских путева. Анализирајући протекли период, *Тићерић (1989)* долази до закључка да се повећано интересовање за одређивање оптималне густине шумских саобраћајница јављало у периодима наглог индустријског развоја, пре свега крајем XIX века и у периодима после I и II светског рата или након промене технологије у експлоатацији шума и начину транспорта (60. година прошлог века, увођењем трактора точкаша у фазу привлачења уместо анимала и замена железничког транспорта камионским), али и увођењем рачунара и електронике у све фазе технолошког процеса. Увођењем интегрисаних планова газдовања шумама, који подразумевају планирање које узима у обзир истовремено све капацитете ресурса и потребе и захтеве свих заинтересованих страна (*Medarević, 2010*), мења се и концепт отварања шума. *Drosos & Malesios (2011)* наводе да од 1980. године еколошки критеријуми постају све значајнији када је у питању отварање шума. Шумски путеви су објекти изградњени у специфичним и веома нестабилним шумским еко-системима тако да њихова изградња и коришћење има повећан степен негативног утицаја на животну средину (*Coffin, 2007*). У циљу изградње једног километра новог шумског пута, потребно је очистити 0,6 - 1,0 ha шуме и притом посећи од 400 до 3.500 стабала, зависно од старости састојине (*Aricak, et al. 2010*). Изградњом шумских путева ствара се негативан утицај на животну средину. Свођење негативних ефеката на најмањи могући ниво је захтев модерног и еколошки свесног газдовања шумама (*Aricak, et al. 2010*).



## 2.2. Примена ГИС-а у планирању мреже шумских путева

При планирању мреже шумских путева, тежак задатак који се ставља пред шумарске инжењере јесте да пронађу добар положај шумског пута, узимајући у обзир социјалне, економске и еколошке утицаје (Aruga, 2005). Због великог броја утицајних фактора, сматра се да је планирање мреже шумских путева тежак и дуготрајан посао (Abdi, et al. 2009). У ранијем периоду шумарски инжењери развијали су мрежу шумских путева ручно, користећи топографске карте. Такав начин одређивања просторног распореда шумских путева, уважавајући економске, топографске и газдинске активности, није био ни мало лак задатак (Chung & Sessions, 2001). Пошто је број алтернатива које могу повезати две крајње тачке неограничен, ручним пројектовањем не може се доћи ни до оптималног, а ни до приближно оптималног пројекта (Aruga, et al. 2005). Развојем информационих технологија, посебно увођењем географског информационог система (ГИС-а) у шумарство, створени су услови за брже, једноставније и тачније управљање великим бројем података, што се позитивно одразило и на планирање мреже шумских путева. Анализом алтернативних праваца у канцеларији применом географских информационих система (ГИС), могу се уштедети дани, па и недеље у процесу планирања, и на крају, може се доћи до бољег решења него традиционалним путем (Rogers, 2005). Географски информациони систем представља организовани скуп рачунарског хардвера, софтвера, података, особља и мрежа ради ефикасног прикупљања, складиштења, ажурирања, руковања, анализе, моделовања, преноса и приказа свих облика просторних информација. Коришћењем ГИС-а, даљинске детекције и ГПС-а, које заједничким именом називају *Three-S* систем, можемо успоставити информационо-административни систем шумских ресурса, који омогућава брзо чување, претрагу и анализу података (Weilin, et al. 1999). Добро организована и редовно ажурирана база података представља полазну тачку свих даљих анализа. Gumus & Acar (2003) наводе да топографске карте размере 1:25.000 са учртаном мрежом шумских путева не пружају довољно информација за квалитетно планирање. Применом ГПС уређаја потребно је прикупити велики

број података о квантитету и квалитету шумских путева, а затим израдити графичку и табеларну базу података у ГИС-у. *Pentek, et al. (2005)* наводе да је анализа постојеће примарне путне инфраструктуре прва фаза у планирању и оптимизацији мреже шумских путева и састоји се од низа операција и процедура чији је задатак детерминисање квалитета, квантитета и евентуалних недостатака постојеће путне мреже. *Eker & Ada (2011)* развили су методологију за процену квалитета шумских путева и креирали критеријуме и сетове индикатора за помоћ при доношењу одлука да ли је пут квалитетан или није. Аутори су установили четири критеријума, а сваки критеријум је подељен на подкритеријуме, подкритеријуми на индикаторе, а индикатори на варијабле. Основни критеријуми за процену квалитета су: еколошки, економски, социјални и технички. У оквиру еколошких критеријума у обзир су узети подкритеријуми: хидрологија, конзервација станишта, губитак продуктивне површине и шумски пожари. Економски критеријуми обухватају производњу добара и услуга и цене. Утицај на историјске и културне вредности, естетске вредности и приступачност за јавни транспорт су подкритеријуми који припадају социјалном критеријуму, а геометријска својства, сигурност и функционалност су подкритеријуми у оквиру техничког критеријума. Сваки подкритеријум даље се дели на сет индикатора, а сетови индикатора на варијабле. Варијабле се могу вредновати мерењем или бројањем или анализом просторних података. У зависности од потреба, број варијабли се може повећавати или смањивати.

*Hasmadi & Taylor (2008)* применили су ГИС, дигитални модел терена (ДМТ) и анализу осетљивости за одређивање оптималног просторног положаја шумских путева у планинском подручју Малезије. *Mohtashami (2010)* је применио технику базирану на ГИС-у за планирање главних шумских путева за спровођење сече, водећи рачуна о минималном утицају на оштећења земљишта и вода у једном предузећу у Шведској. Користећи алате „*Path Distance*“ и „*Cost Path*“ у „*Model builder*“ окружењу у софтверу *ArcMap 10*, пројектовани су главни приступни правци до површина предвиђених за сечу. Формирани модел предложио је најјефтинију руту, засновану на вредностима

трошковног индекса (cost-index values). Аутори *Abdi, et al. (2005)* бавили су се сличном проблематиком у јужном делу Каспијског језера у Ирану, с тим да је једини критеријум за избор варијанте шумског пута био економски, тј. варијанта са најнижим трошковима градње. У ГИС софтверу израђен је дигитални модел терена који је послужио за одређивање нагиба и експозиција. Уз помоћ софтвера *PAGGER* пројектовано је 12 варијанти шумских путева, а њихова оцена извршена је са техничке тачке гледишта коришћењем Бекмунд (*Backmund*) методе у ГИС-у. Бекмунд метода служила је за рачунање индекса отворености шума путевима. У случају свих 12 варијанти отвореност је била између 75,5% и 80,8%. Поређење трошкова градње сваке варијанте извршено је на основу три критеријума: нагиба, експозиције и типа земљишта.

*Majlingová (2012)* је користећи ГИС и ГНСС (Глобални навигациони сателитски систем) представила једноставан приступ одређивања релативне отворености шума са аспекта приступачности терена за ватрогасна возила. Шумска путна инфраструктура снимљена је помоћу ГНСС технологије (ГПС уређајем) при чему су добијени подаци о квалитету шумских путева и њиховој погодности за кретање ватрогасних возила. Снимљени подаци обрађени су у рачунарском програму *ArcGIS 9.3* и као резултат направљена је база података која је после коришћена за анализу отварања истраживаног подручја у софтверском пакету *IDRISI Tajga*, применом функције алгоритама, дигитализованих топографских карата и анализе растојања између путева. Анализа је извршена у газдинској јединици „Храбусице“ у националном парку „Словенки рај“ у Словачкој, у којој је индекс опасности од пожара оцењен као врло висок. Циљ рада био је анализа релативне отворености истраживаног подручја и дефинисање неприступачних подручја за ватрогасна возила *Tatra 148* и *Mercedes Unimog*. Приступачност подручја израчуната је на бази максималног домета противпожарног црева, растојања између шумских путева и индекса отварања шума.

*Danilović, et al. (2013)* извршили су планирање мреже шумских путева у ГЈ „Боровик“, једној од најмање отворених газдинских јединица у ШГ „Врање“.

Планирање је обављено применом ГИС-а, а с обзиром да је реч о привредним (економским) шумама, економски и техничко-технолошки критеријуми били су примарни. Одређивање оптималне густине мреже шумских путева извршено је кроз четири фазе: израда ГИС-а истраживаног подручја, анализа постојеће примарне мреже шумских путева, одређивање могућих траса будућих шумских путева и анализа новопроектованих шумских путева. Планирана је градња три нова шумска пута, чиме би се густина мреже путева повећала са 2,96 на 6,82 m/ha, релативна отвореност са 36,20% на 61,88%, а средња транспортна дистанца са 1.357 на 674 m.

Географски информациони систем у планирању мреже шумских путева у областима различитог степена заштите у оквиру ЈП „Национални парк Ђердап“ применили су *Danilović, et al. (2012)*. Прикупљени су подаци о стању шума, степенима заштите и хидролошкој мрежи, а затим је ГПС уређајем снимљена постојећа мрежа шумских путева. Планиране су две варијанте мреже шумских путева, са пет, односно са два нова путна правца. Планирање нових шумских путева вршено је у складу са еколошким, а потом и економских захтевима. На основу поређења трошкова градње и одржавања, трошкова привлачења, количине дрвне масе која ће бити транспортована новим путевима, али и утицају на животну средину, варијанта 1 изабрана је као повољнија.

*Enache, et al. (2015a)* користили су различите методе подржане ГИС-ом при одређивању средње дистанце привлачења дрвних сортимената и припадајућих фактора корекције у планинским шумама Румуније, што је један од главних улазних параметара када је у питању планирање мреже шумских путева. За одређивање теоријске, геометријске и стварне средње транспортне дистанце, коришћене су четири методе рада подржане ГИС-ом: растерска метода, метода правилне мреже тачака са пет величина отвора мреже (10, 50, 100, 500 и 1000 m), метода омеђених површина и тежишна метода. За тестирање, међусобно поређење и оцену коришћених метода израђена су четири сценарија оптимизације примарних шумских путева. Први сценарио представља постојеће стање, а остала три сценарија унапређење постојеће

примарне шумске путне инфраструктуре са циљем њихове оптимизације. Уз средњу транспортну дистанцу, за сваки сценарио одређене су највећа и најмања дистанца привлачења, као и растојање између шумских путева. Метода правилне мреже тачака величине отвора мреже 100 m, препоручује се за оперативну примену у шумским комплексима површине преко 1000 ha. На истраживаном подручју одређена је вредност корекционог фактора привлачења сортимената и она се кретала у распону од 1,13 до 1,79, са средњом вредношћу од 1,50.

Дефинисање тренутног квантитативног и квалитативног стања шумских путева, као и издвајање делова газдинских јединица са недовољно развијеном мрежом шумских путева у две газдинске јединице у оквиру система ЈП „Србијашуме“ у брдско-планинском подручју Србије, извршили су *Danilović & Stojnić (2014)*. Издвајање ових делова газдинских јединица извршено је на основу густине мреже шумских путева по одељењима и по мрежи чије су ћелије димензија 500 x 500 m, а затим и на основу омеђених површина са различитим ширинама појасева око шумских путева. Неотворени делови газдинских јединица, који су приоритет за отварање при изради програма отварања, представљени су нијансама црвене боје на тематским картама. Дигитализоване карте газдинских јединица са уцртаном мрежом шумских путева, послужиле су као основа за утврђивање тренутне отворености. Сви уцртани путеви подељени су у сегменте, при чему је сваки сегмент представљао део пута између две раскрснице. Обиласком свих сегмената путева на терену, извршена је њихова категоризација на асфалтне путеве, шумске путеве са туцаничким коловозом и шумске путеве са земљаним коловозом. Након прикупљања података о стању путева, израчуната је апсолутна густина мреже путева за обе газдинске јединице, а затим за свако одељење унутар газдинске јединице, што је представљено на карти. Одељења су, у зависности од густине мреже путева, представљена градијентом боја, од црвене (одељења кроз која не пролазе путеви) до зелене (одељења са густином мреже путева преко 30 m/ha). Како би се занемарили облик и величина одељења и истакли делови газдинске јединице са

недовољно развијеном мрежом шумских путева, приступило се изради мреже са димензијама ћелија 500 x 500 m. За сваку ћелију посебно израчуната је површина под шумом и дужина путева који кроз њу пролазе, а затим и густина мреже путева. Као и у претходном случају, ћелије су, у зависности од густине мреже путева, представљене на карти градијентом боја од црвене до зелене. С обзиром да трошкови привлачења дрвета до стоваришта на шумском путу имају велики утицај на укупне трошкове производње дрвних сортимената, у раду је извршено омеђавање површина око шумских путева у појасима од 0 до 200, 200 до 400, 400 до 600, 600 до 800 и преко 800 m. Омеђене површине представљене су на карти градијентом боја од зелене (0-200 m) до црвене (преко 800 m).

*Gruber & Scholz (2005)* своја истраживања о развоју мреже шумских путева на две огледне површине у шумарском предузећу „Innere Salzammergut“ у Österreichische Bundesforste AG (ÖBf) у Аустрији, базирају на интердисциплинарном приступу географском информационом систему и технологији, операционим истраживањима и научним достигнућима, ради превазилажења ограничења традиционалног процеса планирања мреже шумских путева.

На подручју планине Крусија у северној Грчкој, на површини од око 15.000 ha, применом савремених техника као што су дигитална фотограмetriја и ГИС, *Drosos, et al. (2010)* израдили су интегрални план отварања шума уважавајући утицај мреже путева на животну средину. *Nevečerel, et al. (2007)* су на основу израђеног ГИС-а истраживаног подручја, анализе секундарне отворености и симулацијом транспорта дрвних сортимената од сечине до асфалтних путева, одредили саобраћајну оптерећеност примарне мреже шумских путева. Овако израчуната оптерећеност може да послужи као основ за планирање и рационализацију трошкова изградње и одржавања шумских путева. Истраживање се састојало из неколико корака: успостављање ГИС-а истраживаног подручја, одређивање положаја привремених стоваришта, анализи секундарне мреже путева,

одређивању гравитационих поља, одређивање саобраћајног оптерећења и категоризација примарне мреже путева.

*Jusoff (2008)* са Универзитета Јејл, истраживао је који је блок или одсек најпогоднији за градњу нових шумских путева. Истраживање је спровео у северном делу Малезије, у области Келантан. Приликом вредновања сваког блока користио је четири критеријума: сечиви етат, нагиб терена, услови терена и удаљеност од тренутно најближег пута. Сваки критеријум подељен је на више подкритеријума, а сваком подкритеријуму додељене су вредности од 0 до 100. Сечиви етат подељен је на пет подкритеријума: преко 50 m<sup>3</sup>/ha, од 40 до 50, од 30 до 40, од 20 до 30 и мање од 20 m<sup>3</sup>/ha. Нагиб терена такође је подељен у пет подкритеријума: 0-15 °, 15-25 °, 25-35 °, 35-45 ° и преко 45 °. Услови терена подељени су на добре, средње, лоше и веома лоше, а критеријум удаљеност од постојећих путева на пет подкритеријума: 0-750 m, 750 – 1500, 1.500 – 2.250, 2.250 – 3.000 и преко 3.000 m. Рачунање укупних вредности блокова извршено је у софтверу *ArcGIS*, помоћу алата *Raster Calculator*.

### **2.3. Примена вишекритеријумског одлучивања у шумарству**

Одлуке у планирању газдовању шумама често карактеришу комплексност, неповратност и неизвесност (*Ananda & Herath, 2003*). Како је процес планирања постајао све компликованији, јавила се потреба за увођењем оперативних алата за пружање помоћи планерима (*Temiz & Tecim, 2009*). *Tuček, et al. (2015)* наводе да систем за подршку при одлучивању (*Decision Support System*) који се данас користи у управљању природним ресурсима, може се поделити у три основне класе: 1. модели вишекритеријумског одлучивања (користећи технике оптимизације као што су математичко програмирање, хеуристичка оптимизација, аналитичка хијерархија и аналитичке мрежне методе, укључујући *Promethee* и *Electre* методе), 2. вештачке неуронске мреже и 3. експертски системи засновани на знању. Најновији трендови, како у планирању мреже шумских путева, тако и у планирању газдовања шумама уопште, заснивају се на примени

вишекритеријумског одлучивања као алата за пружање помоћи при доношењу одлука и географског информационог система. За помоћ при доношењу одлука у шумарству користе се разне методе вишекритеријумског одлучивања, као што су: вишеобјективно програмирање (*Multi-Objective Programming*), циљно програмирање (*Goal Programming*), компромисно програмирање (*Compromise Programming*), вишеатрибутивна теорија коришћења (*Multi-Attribute Utility Theory*), фази вишекритеријумско програмирање (*Fuzzy Multi-Criteria Programming*), аналитички хијерархијски процес (*Analytic Hierarchy Process*), групне технике доношења одлука (*Group Decision Making Techniques*) и многе друге (*Diaz-Baleiro & Romero, 2008*).

*Diaz-Baleiro & Romero (2008)* наводе да је у периоду од 1973. до 2008. у међународно признатим часописима објављено 255 оригиналних научних радова из области шумарства у којима је примењена нека од техника вишекритеријумског одлучивања. АХП метод је примењиван у 56 научних радова, затим следи групна техника доношења одлука (46), циљно програмирање (45), вишеатрибутивна теорија коришћења (43)... АХП метода највише је коришћена у темама везаним за шумски биодиверзитет (15) и планирање коришћења шума (12).

*Ananada & Herath (2008)* користили су вишекритеријумско одлучивање, тј. аналитички хијерархијски процес за вредновање мишљења интересних група приликом одређивања оптималног начина коришћења шумског земљишта. За ову анализу послужио је Аустралијски споразум о регионалним шумама. Интересне групе које су биле укључене у ово истраживање припадале су групама из дрвопрерађивачке индустрије, заштите животне средине, пољопривреде, туризма и корисника шума у рекреативне сврхе. Резултат анализе показао је да АХП метода може да формализује учешће јавности у доношењу одлука и повећа транспарентност и кредибилитет процеса.

*Synek & Klimánek (2014)* су на бази вишекритеријумског одлучивања извршили избор еколошки најприхватљивијег средства за обављање прве фазе транспорта са сваки одсек на огледним пољима у горњем делу слива реке



Оскава. Избор је извршен између пољопривредног трактора, зглобног трактора (скидера), шумске жичаре, форвардера и форвардера у комбинацији са харвестером. Улазни параметри на основу којих је вршено оцењивање погодности примене сваког од наведених средстава су: нагиб терена, носивост подлоге, ризик од настанка ерозије услед транспорта дрвних сортимената, присуство и величина препрека, транспортна дистанца, облике терена и старост састојине. Тежине параметара за вишекритеријумско оцењивање утврђене су Сатијевом матрицом. Различита опрема (стандардне гуме, гуме ниског притиска, гумене гусенице) и климатски услови (суво, влажно) такође су узети у обзир приликом оцењивања средстава. *Karleuša, et al. (2003)* наводе да сложеност проблема планирања и пројектовања путева произилази из све већег броја критеријума меродавних за избор најбољег од понуђених решења. У претходном периоду решења су бирања на основу техничких и економских критеријума. Развојем савремених - нетрадиционалних поступака избора решења омогућено је сагледавање алтернатива кроз већи број, развојем друштва условљених, критеријума, а то су еколошки, социјални и критеријуми безбедности у саобраћају. У раду је дат преглед поступака вишекритеријумског рангирања варијанти као могући начин избора оптималних решења за сложене проблеме планирања и пројектовања путева. Описани су поступци: *PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enric-hment Evaluations)*, *ELECTRE (ELimination and (Et) Choice Transla-ting Reality)* и *AHP (Analitic Hierarchy Process)*. Аутори закључују да су наведени поступци примењиви на подручју планирања саобраћајница уз услов квалитетног и објективног дефинисања и процене критеријума, али да је неопходна практична провера могућности и достигнућа наведених поступака на конкретним примерима.

У својим истраживањима *Najafi, et al. (2008)* истичу потребу за применом нових алата и методе који ће помоћи унапређењу постојеће мреже шумских путева ради бољег и ефикаснијег извођења радова у шумарству, а посебно на коришћење шума. Као основни проблем рада намеће се питање како уз што мање укупне трошкове изградити довољно добру мрежу шумских

путева која ће осигурати приступ свим, у фази планирања дефинисаним као кључним, шумским радилиштима. Одговор на ово питање аутори су покушали да реше применом ГИС-а и линеарног програмирања. Најпре је израђен ГИС истраживаног подручја и формиране су две карте погодности: карта погодности за пролазак шумског пута и карта погодности за радове на коришћењу шума изражену у  $m^3/ha$ . На бази карата погодности планиране су четири варијанте шумских путева, а метода линеарног програмирања утемељена на минимализацији укупних трошкова, послужила је за избор најбоље методе.

*Tubić (2017)* је у својој докторској дисертацији применио аналитичко хијерархијски процес за избор и рангирање циљева газдовања шумама Сремског шумског подручја као моделног објекта, а *Marinković (2018)* исту методу у циљу рангирања и одређивања најбољег плана газдовања шумама у односу на производњу дрвне биомасе. *Lakićević, et al. (2015)* применили су вишекритеријумско одлучивање у вредновању четири стратегије управљања Националним парком „Фрушка гора“.

#### **2.4. ГИС-базирано вишекритеријумско одлучивање у планирању мреже шумских путева**

Примена вишекритеријумског одлучивања у ГИС окружењу пружа могућност за комбиновање и спајање различитих типова информација са различитим вредностима. Као предност таквог система, посебно при планирању мреже путева, истиче се визуализација варијанти што додаје нову вредност поступцима доношења одлука и оцени проблема везаних за путну инфраструктуру, посебно када су у вредновање укључени сви учесници, како експерти тако и нестручна јавност (*Deluka-Tubljaš, et al. 2013*). Три су основна питања која се постављају пред планере (пројектанте) шумских путева када је у питању примена метода за подршку при доношењу одлука, а то су: који метод вишекритеријумског одлучивања изабрати, на основу којих

критеријума доносити одлуке и које интересне групе изабрати да изврше вредновање датих критеријума?

У свом истраживању *Chung & Sessions (2001)* развили су методологију стварања повољних алтернативних локација за градњу мреже шумских путева, користећи хеуристичке технике. Локације за градњу шумских путева утврдили су на бази техничких стандарда пута, начина коришћења шума и трошкова транспорта и топографских услова. При избору оптималног положаја главног приступног пута од којег се даље гранају остали приступни путеви коришћен је генетички алгоритам (ГА).

Метод тежинских коефицијената, као један од метода вишекритеријумског одлучивања, у комбинацији са ГИС-ом, применили су *Stefanović, et al. (2016)* у студији случаја у Националном парку „Тара“ при планирању мреже шумских путева у подручју угроженом од шумских пожара. Циљ истраживања био је евалуација, избор и верификација једне од четири варијанте мреже шумских путева коришћењем наведене методе. Планирање варијанти мреже шумских путева, прорачуни и добијање вредности параметара потребних за избор мреже путева рађени су уз помоћ ГИС технологије. Мрежа шумских путева је, у конкретном случају, првенствено планирана у функцији превентивне и репресивне заштите од пожара, али нису занемарене еколошке, економске и социјалне функције путева. Избор најбоље варијанте мреже шумских путева извршен је на основу вредновања седам критеријума: трошкова градње и одржавања сталних шумских путева, трошкова градње и одржавања привремених путева, покривености простора мрежом шумских путева, најближе удаљености сталног пута од ивице платоа, дужине трасе сталног пута на удаљености до 100 m од ивице платоа, удаљености сталног пута од видиковца на коти 1.315 m и кружног тока саобраћаја. У избору мреже шумских путева применом више критеријума коришћена је метода тежинских коефицијената, при чему су њихове вредности, за сваки критеријум посебно, добијене по методи ентропије. Метод тежинских коефицијената се заснива на одређивању величине утицаја

појединих критеријума на вредновање и евалуацију пројектног решења, при чему доносилац одлуке даје већи или мањи значај неком критеријуму.

*Tampekis, et al. (2015)* описали су просторно мапирање за оптималну мрежу шумских путева и оцену еколошких утицаја на бази технике вишекритеријумског оцењивања. Истраживања су извршена на подручју медитеранског острва Тасос у Грчкој, на површини од око 38,6 хиљада хектара. Због честих пожара, шуме на овом острву су непродуктивне шуме. За спровођење потребних анализа аутори су користили софтвер *ArcGIS*, дигиталне ортофото снимке на бази којих је израђен дигитални модел терена, као и план управљања (посебна основа газдовања шумама) за ово подручје. Техника вишекритеријумског оцењивања, која је примењена у овим истраживањима, укључује процену критеријума интензитета и апсорпције. Критеријуми интензитета односе се на утицај шумских путева на животну средину, а критеријуми апсорпције на способност животне средине да апсорбује утицаје које проузрокују шумски путеви. Критеријуми интензитета коју су узети приликом истраживања су: проценат заштитних шума, густина мреже шумских путева, примењена средства привлачења, смер привлачења, број посетилаца и величина товара камиона и локација шумског пута. Критеријуми апсорпције подељени су на шумарске, топографске и социјалне критеријуме. Вредност критеријума одређена је на бази експертских мишљења. На основу спроведених истраживања и по процени критеријума интензитета и апсорпције, утврђено је да шумски путеви нису изграђени са препорученим начином оптималног просторног распореда на шумски екосистем.

*Enache, et al. (2013)* за избор најповољније варијанте шумског пута применили су вишекритеријумску анализу корисности (МАУТ). У једној газдинској јединици у околини Брашова у Румунији, најпре је извршена квалитативна и квантитативна анализа постојеће мреже шумских путева на основу ГИС базе података, дигиталног модела терена, планова газдовања и спроведених теренских мерења. У следећој фази пројектоване су три варијанте мреже шумских путева и извршена је анализа сваке варијанте на

исти начин као код постојеће мреже путева. Избор најповољније варијанте извршен је применом вишекритеријумске анализе корисности (МАУТ), узимајући у обзир критеријуме: газдовање, трошкови, заштита животне средине, социјални фактори и ризици. Сваки наведени критеријум подељен је на подкритеријуме, а подкритеријуми на индикаторе. Вредновање критеријума и подкритеријума извршиле су интересне групе (шумовласници, управљачи шумама, агенције за заштиту животне средине, извођачи радова у шумарству и други). На основу извршеног вредновања критеријума и подкритеријума и применом вишекритеријумске анализе корисности, израчунате су укупне вредности за сваки сценарио. Интересне групе највећи значај дале су следећим подкритеријумима: приступачност за извођење радова (20%), заштита еколошки важних подручја (14%) и трошкови изградње путева (11%). Најмањи значај додељен је подкритеријуму везаном за приступачност са туристичке, локалне или културне тачке гледишта (1%). Као најповољнија варијанта оцењена је варијанта 3 са оценом 0,682.

У алпском делу Словеније у области Језерско, на површини од око 5.000 ха шума, *Košir & Krč (2000)* одредили су најпогоднија подручја за градњу шумских путева и влака на основу критеријума дефинисаних од стране експерата из ове области. Најпре су прикупљени подаци о тренутном стању мреже шумских путева и израђени су база података, дигитални модел терена и дигитализована је мрежа шумских путева и влака. Прикупљене информације садржане су у растеру са ћелијама димензија 50 x 50 m. Током истраживања примењена је метода поређења парова при одређивању значаја појединих фактора. Израђено је 5 матрица: матрица погодности за избор средства за привлачење дрвних сортимената, матрица погодности за пројектовање шумских путева, матрица погодности за изградњу шумских путева, матрица погодности за пројектовање влака и матрица погодности за изградњу влака. При изради матрице погодности за избор средства за привлачење нису коришћени растери, а укључени су следећи критеријуми: нагиб терена, дистанца до камионског пута, каменитост, стеновитост, чврстина земљишта и дубина земљишта. При изради осталих матрица

примењени су критеријуми: нагиб терена, сечиви етат, чврстина земљишта, стеновитост, каменитост и функција шуме.

Примена аналитичког хијерархијског процеса у ГИС окружењу пружа могућност за комбиновање и спајање различитих типова информација са различитим вредностима. За разлику од класичног начина планирања мреже шумских путева, применом АХП методе одлуке се доносе на основу мишљења већег броја експерата. *Babarour, et al. (2014)* применили су АХП и ГИС при планирању мреже шумских путева у провинцији Гилан у Ирану. Мрежу шумских путева планирали су на основу израђених карата погодности земљишта, уважавајући техничке и економске принципе. Карте погодности израђене су тако што су најпре идентификовани утицајни фактори, а затим су ти фактори ранжирани по значајности уз помоћ АХП методе. При изради карата погодности вредновани су следећи критеријуми: нагиб терена, експозиција, надморска висина, тип шуме и дубећа запремина по хектару. Подаци о прва три критеријума добијени су израдом дигиталног модела терена, а подаци о типу шуме и дубећој запремини преузете су из основа газдовања. Вредновање критеријума извршили су шумарски инжењери, експерти из области планирања и пројектовања шумских путева, а релативне вредности сваког критеријума анализирани су АХП методом применом софтвера *Expert Choice*. Преклапањем карата свих критеријума, добијена је карта погодности површина за градњу шумских путева. У следећем кораку планирано је 18 варијанти мрежа шумских путева помоћу софтвера *PAGGER* у оквиру ГИС-а, а затим је изабрана најбоља.

Вишекритеријумско одлучивање у комбинацији са ГИС-ом применили су *Moghadasi, et al. (2013)* при одређивању погодних површина за пројектовање мреже шумских путева у провинцији Гилан у Ирану. Аутори су најпогодније површине издвојили на основу осам критеријума: нагиб терена, запремина по хектару, тип земљишта, тип шуме, пејзаж, пољопривредно земљиште, мрежа канала и експозиција. Вредност критеријума урађена је поређењем парова у оквиру АХП методе, а растерске карте за сваки критеријум комбиноване су применом пондерисане линеарне комбинације

(*Weighted Linear Combination*). Растерске карте израђене су помоћу софтвера *Idrisi Kilimanjaro*. Стандардизовање растерских карата извршено је *fuzzy* методом (логиком), тако да су најпогоднији делови за градњу путева имали вредност 255, а најнепогоднији вредност 0. Коришћене су сигмоидна, линеарна и J-облика *fuzzy* функције. Утврђен је и степен конзистентности, који је износио 0,05. Критеријум који је највише утицао на погодност подручја за градњу шумских путева био је нагиб терена (30%), затим запремина по хектару (20%), тип земљишта (15%), тип шуме (12%), а удаљеност од мреже канала имала је најмањи утицај (3,8%).

*Firouzan, et al. (2010)* истраживања о избору најповољније варијанте шумског пута базирали су пре свега на еколошким, а потом на техничким критеријумима. У области Тосакти у Ирану, у шумској области површине 2.144 ha са густином мреже шумских путева од 7,5 m/ha, пројектовано је шест варијанти мреже шумских путева, а избор најбоље варијанте извршен је помоћу Бекундовога индекса. Најпре је формирана мапа погодности за градњу шумских путева, а у обзир су узети рељеф, надморска висина, геолошка подлога, тип земљишта, запремина дрвета по ha, станиште и начин обнављања. Такође, издвојене су позитивне (заравни, чистине, природне терасе, налазишта песка и шљунка...) и негативне тачке (стеновите површине, клизишта, стрме површине, изворишта, села, објекти за водоснабдевање...). Вредновање наведених критеријума извршено је спровођењем упитника и коришћењем софтвера *Expert Choice*, а одређивање тежина критеријума поређењем парова у процесу одлучивања познатом као аналитички хијерархијски процес (АХП). На овај начин формирано је пет класа погодности површина за градњу шумских путева. У следећој фази, применом софтвера *PAGGER*, пројектовано је шест варијанти шумских путева, при чему се водило рачуна да путеви пролазе што је могуће више кроз најпогодније класе. Еколошка процена базирала се на апсолутној и релативној заступљености варијанти у свакој класи погодности, а техничка на основу дужине путева, густине мреже шумских путева и покривености површине путевима добијене по Бекмундовој методи.

Аналитички хијерархијски процес, као један од метода вишекритеријумског одлучивања, применили су *Abdi, et al. (2009)* при вредновању критеријума приликом планирања мреже шумских путева у околини Каспијског језера у Ирану. Пројектовано је шест варијанти путева помоћу софтвера *PAGGER*, а избор најбоље, тј. варијанте са најмањим трошковима градње и одржавања, извршено је помоћу АХП методе. У овом случају вредновани су следећи фактори: нагиб терена, тип земљишта, геолошка подлога, експозиција, надморска висина и дубећа дрвна запремина. Спровођењем упитника и применом АХП методе извршена је оцена тежина свих критеријума, а њихове значајности на избор најбоље варијанте су следећи: нагиб терена (0,444), тип земљишта (0,247), геолошка подлога (0,161), експозиција (0,080), надморска висина (0,044) и дубећа дрвна запремина (0,025).

Циљ истраживања које је спровео *Caliskan (2013)* био је планирање мреже шумских путева у планинском подручју Турске применом ГИС-а, вишекритеријумског одлучивања (АХП методе) и софтвера *RoadEng*. При планирању мреже путева анализирани су нагиб терена, експозиција, надморска висина, дубећа запремина, хидролошка мрежа, земљиште, геолошка подлога и угроженост од настанка клизишта. Нагиб терена подељен је у три категорије (0-45%, 46-70% и преко 70%), експозиција у четири (исток, запад, север, југ), надморска висина у три (250-750, 750-1250 и преко 1250 m), дубећа запремина у три (0-100, 100-250 и преко 250 m<sup>3</sup>/ha), хидролошка мрежа подељена је у три категорије на основу омеђених површина око водотокова (0-20, 20-40 и 40-60 m), земљиште у три категорије на основу дубине (до 45 cm, 55-65, преко 70 cm), геолошка подлога у три (риодацит, гранит и андезит-базалт), могућност појаве клизишта подељено је у три категорије (0-33%, 34-65% и преко 66%). Поређењем парова критеријума утврђена је тежина сваког критеријума: нагиб 0,194, хидролошка мрежа 0,172, геолошка подлога 0,165, дубина земљишта 0,164, дубећа запремина 0,087, угроженост од клизишта 0,077, експозиција 0,072, надморска висина 0,069. Применом АХП методе и преклапањем растерских мапа у ГИС-у, утврђена је



погодност површина за градњу путева. Погодности за градњу подељене су на: висока, средња и ниска погодност.

Проблематиком најбољег просторног распореда шумских путева бавили су се и аутори *Norizah & Hasmadi (2012)*. У својим истраживањима аутори користе комбинацију АХП методе и ГИС-а за оцену најпогоднијег терена за изградњу шумских путева у пет одељења у брдско-планинском подручју у Малезији. Аутори су изабрали четири критеријума, а сваки критеријум састојао се из три подкритеријума. Поређењем парова утврђене су тежине сваког критеријума, па је као критеријум са највећом тежином одређен нагиб терена (0,558), затим прелазак преко водотока (0,303), надморска висина (0,095) и постојећи шумски путеви (0,044).

Вишекритеријумско одлучивање у комбинацији са ГИС-ом применили су и *Hayati, et al. (2012a)* при одређивању најповољније варијанте мреже шумских путева у области Бахарбон на обали Каспијског језера у Ирану. Избор најповољније мреже обављен је у три корака: дефинисање критеријума помоћу Делфи методе, вредновање критеријума АХП методом и стандардизација и комбинација слојева мапа, пројектовање и оцена пројектованих варијанти. Избор критеријума који су вредновани при избору најповољније мреже, дефинисани су помоћу Делфи методе. У избору критеријума учествовало је девет учесника, експерата из области планирања мреже шумских путева, а сам поступак дефинисања критеријума одвијао се у три круга. У првом кругу учесницима је постављено питање који критеријуми су најбитнији приликом планирања мреже шумских путева? У другом кораку, учесници су извршили поређење парова критеријума (сваки са сваким), а вредност сваког критеријума одређена је методом АХП у софтверу *Expert Choice*. Највеће вредности имали су критеријуми: нагиб терена (32,0%), затим састав земљишта (19,1%) и угроженост од клизишта (18,7%), а најмању вредност имао је критеријум удаљеност од водотока (4,5%). У трећем кораку, преклапањем карата помоћу софтвера *IDRISI* направљена је мапа погодности површине за градњу шумских путева и пројектовано је 9 варијанти мреже шумских путева. Користећи вишекритеријумско одлучивање на бази

просторних података, тзв. вишекритеријумско просторно оцењивање (*Spatial multi-criteria evaluation*), анализирани су све варијанте и утврђено да алтернативе 5 и 9 имају највеће вредности. Узимајући у обзир добијене вредности, али и дужине путева у ове две варијанте, а самим тим и трошкове градње, утврђено је да је варијанта 5 знатно боља од варијанте 9.

Приликом вредновања критеријума, они често подлежу различитим изворима неизвесности. То се дешава због непотпуних информација које имају доносиоци одлука или неразумевања значаја критеријума на објекат који је предмет истраживања. Те неизвесности могу допринети јављању сумње у квалитет добијених вредности. Због тога је оправдано урадити анализу осетљивости (*Sensitivity Analysis*) да се испита осетљивост рангирања алтернатива када су промењени приоритети критеријумима. Служећи се примером из претходног случаја, *Hayati, et al. (2013)* истраживали су како ће утицај анализе осетљивости утицати на рангирање варијанти. Вредност ни једног критеријума није промењена у значајној мери, већ су све промене биле у рангу од 2, 5 и 10%. На основу претходних истраживања помоћу Делфи и АХП методе, установљено је да алтернативе 5, 9 и 7 имају највеће вредности. Доносиоци одлука извршили су промене вредности критеријума и установили да су позиције прве и друге алтернативе склоне променама и да у већини случајева алтернатива 9 добија већу вредност од алтернативе 5. Других већих промена у моделу није било, а посебно нису изражене промене у рангирању између најповољнијих и најнеповољнијих варијанти, па аутори закључују да је првобитно добијени модел стабилан.

*Naghdi, et al. (2012)* су применом ГИС-а и АХП методе пројектовали мрежу шумских путева са најнижим трошковима градње и одржавања. Истраживање је спроведено у провинцији Гилан на северу Ирана, на површини од 1.812 ha и са тренутном густином мреже шумских путева од 6,16 m/ha. Аутори су издвојили факторе (критеријуме) за које су сматрали да у овој области могу утицати на планирање мреже шумских путева, а тежину сваког критеријума утврдили су спровођењем анкете са експертима за шумске путеве. Издвојено је осам критеријума, а њихов утицај по важности је следећи:

тип шуме, нагиб терена, дубећа запремина, тип земљишта, природне заравни, експозиција, начин коришћења земљишта и начин обнављања састојина. На основу овако издвојених критеријума формирана је мапа погодности за градњу шумских путева, а затим је применом софтвера *PAGGER* испланирана нова мрежа шумских путева која је тежила да што више пролази преко најпогоднијих делова истраживане површине. На тај начин испланирана је мрежа шумских путева са густином од 10,67 m/ha и утврђено да преко 50% ових путева пролази преко терена који је на мапи погодности оцењен као повољан.

*Pellegrini, et al. (2013)* развили су систем подршке при одлучивању и вредновању приоритета у одржавању мреже шумских путева комбинацијом ГИС-а и аналитичког хијерархијског процеса (АХП). Систем подршке при одлучивању подељен је у четири фазе, при чему се прва и друга фазе баве циљевима анализе и оне дефинишу хијерархијску структуру решавања проблема. При том, у наведеним фазама дефинишу се фактори (критеријуми) како би се нагласили циљеви анализе. Коришћени су критеријуми за процену ерозионих процеса на шумским путевима (уздужни нагиб пута, стање горњег строја, стање система одводњавања, саобраћајна фреквенција и положај шумског пута у односу на попречни нагиб терена) и критеријуми за процену социјалне вредности шумских путева (туристичко значење, категорија шумског пута, пољопривредно значење и газдинска важности тј. приступачност свим шумским површинама. У трећој фази извршена је АХП анализа и применом ГИС-а представљена је важност сваког шумског пута с обзиром на задате циљеве. Вредност појединих слојева коришћена је у четвртој фази при рангирању захтева у одржавању шумских путева. Наведена методологија тестирана је на мрежи примарних шумских путева у алпском подручју Италије, на 107,80 km шумских путева. На сваком путном правцу утврђена је ширина пута, тип горњег строја, стање коловозне површине, саобраћајна ограничења, постојање и ефикасност система одводњавања, као и функционална и оперативна подела. Резултат анализе је низ карата на којима су приказани приоритети одржавања за сваки истраживани шумски пут.

Поређење наведених резултата са стварним стањем на терену показало је да је интегрисана употреба ГИС-а и АХП-а вредан алат при вредновању важности појединих шумских путева са аспекта газдовања шумама, као и при дефинисању приоритета у одржавању мреже шумских путева ради повећања укупних користи уз минималне трошкове.

Примену ГИС-а и АХП-а *Samani, et al. (2010)* применили су за израду мапе погодности шумског подручја за градњу шумских путева. За израду мапе погодности коришћено је осам критеријума: нагиб терена, тип земљишта, геолошка подлога, хидролошка мрежа, експозиција, дрвна запремина, врста дрвета и надморска висина. На основу упитника који су попуњавали експерти из области шумских путева, одређен је значај сваког од критеријума, на основу чега је израђена мапа погодности са пет ниво погодности: веома добро, добро, средње, лоше и веома лоше. На бази експертских мишљења, установљено је да нагиб терена има највећи значај за градњу шумских путева (21,6%), затим хидролошка мрежа (21,1%), геолошка подлога (19,5%) и тип земљишта (15,1%). Ови фактори оцењени су као врло утицајни фактори на градњу шумских путева, док су фактори чији је значај испод 12,5% (дрвна запремина, врста дрвећа, експозиција и надморска висина) оцењени као слабо утицајни фактори. Ипак, при изради мапа погодности у обзир су узети сви критеријуми. Након израде мапе погодности, извршено је планирање мреже шумских путева на два начина: на традиционални начин и помоћу софтвера *PAGGER*. Постојећа и пројектоване мреже шумских путева анализирани су у погледу припадности нивоу погодности. Тако је утврђено да постојећа мрежа пролази кроз лоше и веома лоше подручје са 13,5%, мрежа пројектована на традиционални начин са 13,9%, а мрежа пројектована помоћу *PAGGER*-а са 12,9%, док кроз веома добро и добро подручје пролазе са 64,4%, 74,8% и 79,3%. Густина мреже шумских путева у првом случају износи 17,8 m/ha, у другом 15,3 и трећем 14,2 m/ha, док је растојање између путева 560, 650 и 703 m.

*Zolfani, et al. (2011)* користили су АХП методу за рачунање тежине сваког критеријума, а затим применили метод комплексне пропорционалне процене алтернатива са интервалом сивих бројева (*COPRAS-G*) за избор најбоље

локације за градњу шумског пута. Истраживања су обављена у Хараз региону у Ирану. Вредновано је 12 подкритеријума у оквиру 6 критеријума: технички елементи, саобраћај, економски, социјални и еколошки фактори, значај са аспекта коришћења, обим земљаних радова и утицај на станиште дивљачи. Вредновање критеријума извршило је 14 лица (један дипломирани инжењер, пет мастер инжењера и осам доктора наука), при чему је осам лица било запослено на високошколској установи, а шест у јавном предузећу. Највећи значај дат је еколошким, економским и социјалним чиниоцима (0,434), а затим техничким елементима (0,271), док је најмањи значај додељен обиму земљаних радова (0,027). На основу овако вреднованих критеријума, применом *COPRAS-G* метода извршено је рангирање три региона и изабран је најпогоднији регион за градњу путева.

Када су одређени критеријуми и подкритеријуми на бази којих ће се вршити планирање мреже шумских путева и избор најбоље варијанте, веома је значајно коме поверити вредновање датих критеријума. *Motazeh, et al. (2013)* извршили су поређење мапа погодности за градњу шумских путева израђених на основу вредновања критеријума од стране универзитетских професора који се баве проблематиком шумских путева и експерата из организација за управљање природним ресурсима. Мапе погодности урађене су за исто подручје на северу Ирана, вреднујући критеријуме: нагиб терена, експозицију, надморску висину, тип вегетације, дубећу запремину, хидрологију, геолошку подлогу и тип земљишта. Универзитетски професори као најважније факторе оценили су нагиб терена, хидрологију и геолошку подлогу, док је експозиција оцењена као најмање важна. Експерти су највећи значај дали геолошкој подлози, нагибу терена и типу земљишта, а најмањи значај дат је експозицији. На основу овако вреднованих критеријума израђене су мапе погодности. Са мапа погодности насумично је изабрано 40 тачака и одређене су њихове координате, а затим је погодност за градњу шумских путева на тим тачкама проверена на терену. Деветнаест од 40 тачака које су универзитетски професори проценили вреднујући критеријуме, одговарало је

реалном стању на терену, док је код експертске процене 14 од 40 тачака одговарало реалном стању.

Примена вишекритеријумског одлучивања и ГИС-а коришћена је и приликом планирања јавних путева и железница. Тако су комбинацију ГИС-а и АХП-а, као метода за пружање помоћи при доношењу одлука, користили *Sadasivuni, et al. (2009)* за одређивање најпогодније варијанте обилазнице око Мемфиса у САД-у. Аутори су анализирали два критеријума: еколошки и социо-економски критеријум, при чему је у оквиру еколошког критеријума анализирано четири подкритеријума: густина система за одводњавање, удаљеност од насељених подручја, нагиб терена и удаљеност од влажних станишта. *Shafique, et al. (2012)* вредновали су четири групе критеријума ради одређивања алтернативне мреже јавних путева у делу Ладак области на подручју Хималаја у Индији. Вредновани критеријуми су групе социјалних, географских, еколошких и климатских. У оквиру сваког критеријума налазило се по неколико подкритеријума који су вредновани у поступку поређења парова у оквиру АХП-а. Вредновање критеријума извршили су возачи из овог региона. У истраживању *Dutina, et al. (2011)* разматране су и вредноване две варијанте трасе коридора аутопута кроз Црну Гору на потезу Смокавац (Подгорица) – Увче, које садржи велики број вијадукта, мостова и тунела, што значајно утиче на трошкове пројекта. За избор оптималне трасе аутопута узети су следећи критеријуми: трошкови градње, одржавања и експлоатације, сигурност, безбедност и удобност саобраћаја, утицај на развој подручја и просторно-еколошке последице. Избор тежина критеријума базиран је на примени Делфи методе, при чему је анкетирано 30 учесника (експерата). Обзиром на хетерогеност показатеља вредновања варијанти, примењена је метода вишекритеријумске оптимизације – метода компромисног програмирања и вишекритеријумско компромисно рангирање алтернативних решења. Овом методом прво се одређују решења која су оптимална по појединим критеријумима, а затим се одређују компромисна решења, која се предлажу доносиоцу одлуке, а доносилац одлуке усваја једно коначно решење. Проблематику доношења одлука о саобраћајној

инфраструктури у урбаним подручјима, као и примену метода вишекритеријумске анализе у том процесу, извршили су *Deluka-Tibljaš, et al. (2013)*. Аутори су анализирали базу научних радова, при чему је обухваћено планирање, пројектовање, одржавање и реконструкција путне инфраструктуре. Анализа примене метода вишекритеријумске анализе како у фази планирања, тако и у фазама пројектовања и одржавања саобраћајне инфраструктуре у градским подручјима показује да се најчешће примењује АХП метода, док су мање заступљене PROMETHEE, метода једноставних адитивних тежина, ELECTRE, а затим и остале методе. Аутори у раду дају закључке о могућностима, предностима и ограничењима примене метода вишекритеријумске анализе у циљу унапређења квалитета доношења одлука о путној инфраструктури у урбаним подручјима. *Kosijer, et al. (2012)* користили су вишекритеријумско компромисно рангирање – ВИКОР за избор једне од четири алтернативних решења трасе железничке пруге на Коридору X у Србији. Аутори наводе да ситуација у којој постоји више варијантних решења трасе железничке пруге и више критеријума за њихово вредновање, од којих неке треба максимизовати, а неке минимизовати и који због неусаглашености мерних јединица нису упоредиви, значи да ће се одлуке доносити у конфликтним условима. Програмски пакет ВИКОР развијен је за вишекритеријумско рангирање алтернатива, а заснован је на компромисном програмирању. Ова метода се фокусира на рангирање и избор алтернатива у присутности конфликтних критеријума, а при том се користи идеалном тачком као референтном тачком у простору критеријумских функција. Међутим, не постоји алтернатива која задовољава истовремено све критеријуме, па се тражи допустиво решење које је најближе идеалном у простору критеријумских функција. За успешну примену ове методе у раду су усвојени следећи критеријуми: инвестиције за изградњу трасе, трошкови управљања и одржавања трасе, капацитет трасе, утицај трасе на развој подручја и утицај трасе на животну средину. У вредновању критеријума учествовали су сарадници на изради пројектне документације и неколико независних експерата.

### 3. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ ГИС-БАЗИРНОГ ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКОГ ОДЛУЧИВАЊА

#### 3.1. Одлучивање

Одлучивање као појам данас се користи у свакодневном животу, како професионалном тако и приватном. Свакодневна употреба овог појма условила је развој посебне научне дисциплине – теорије одлучивања, која се бави одлучивањем, тј. доношењем одлука. Одлуку могу да доносе појединац, породица, групе људи, удружења и организације, привредни и други пословни субјекти. Одлучивање представља процес који траје одређено (дуже или краће) време и завршава се доношењем одлуке. *Harris (2014)* наводи да је доношење одлука уствари идентификовање и избор алтернатива засновано на вредностима и преференцијама доносиоца одлуке, док *Agarski (2014)* истиче да доношење одлуке подразумева да постоје алтернативни избори који се разматрају и у таквом случају поред идентификовања што је могуће више алтернатива, алтернативе се анализирају (селектују, класификују) у складу са циљевима, жељама, вредностима итд. У складу са претходно наведеним, следе и дефиниције одлучивања. Тако *Bulat (2001)* дефинише одлучивање као „процес у коме се врши избор између више алтернативних могућности за промену стања ради постизања циља,“ а *Nikolić & Borović (1996)* истичу да одлучивање представља „избор између више могућих алтернатива, из мноштва претходно припремљених (или уочених) алтернатива, односно између више могућих алтернатива (алтернативних решења) за разматрани проблем“. Процес доношења одлука може се представити у три хијерархијска нивоа – обавештајни, пројектни и изборни (*Ascough II, et al. 2002*).

При решавању реалних проблема врло често се дешава да је потребно донети такву одлуку којом се истовремено остварује више циљева који често могу бити конфликтни. Из тога произилази да одлучивање представља изузетно сложен процес и оно може бити двојак (Nikolić & Borović, 1996):



- рационално одлучивање или научно одлучивање, избором најбоље алтернативе на бази квантитативних анализа потребних података и информација, односно, утврђивања и аргументованог поређења свих расположивих алтернатива, користећи одговарајуће научне методе и модерна техничка средства, или
- интуитивно одлучивање, ослањајући се на осећај и стечена искуства у сличним ситуацијама из праксе.

### **3.1.1. Групно одлучивање**

У зависности од броја учесника који учествују у процесу одлучивања, разликујемо појединачно и групно одлучивање. Доношење одлука у свакодневном приватном животу човека углавном се ослања на интуицију и такве одлуке утичу на мањи број људи. Међутим, када је у питању професионално (пословно) одлучивање, оно захтева више систематичности, не само зато што је оно важније, већ зато што тангира већи број чланова организације (*Sikavica, et al. 1999*). Пословно одлучивање представља комплексан процес који се континуирано одвија у оквиру пословања пословног система, почевши од унапређења поступака рада до дефинисања и креирања стратегије с циљем да иста буде боља у односу на претходну као и да обезбеди бољи резултат (*Bobar, 2014*).

Групно одлучивање је процес доношења одлуке у којем учествују сви чланови групе. Овај процес укључује изношење неког питања пред групу, групну дискусију и, најзад, доношење одлуке, консензусом или гласањем. Основно питање проблема групног одлучивања јесте проналажење процедура за избор одлука које одговарају жељеном решењу, уз могућност селекције и издвајања најприхватљивије алтернативе (*Ћипић & Suknović, 2010*).

#### **3.1.1.1. Избор учесника у групном одлучивању**

Последњих деценија променио се концепт заштићених подручја, па се од њих очекује да обезбеде низ функција: од прилагођавања људи и природе

на климатске промене, преко одржавања традиционалног начина живота до обезбеђивања производа за локалне заједнице. Уколико заштићена подручја треба да испуне све ове функције, онда је у доношење одлука неопходно укључити нове заинтересоване стране, што практично значи да се, као последица свега овога, мења и концепт учешћа јавности (*Gvozdrenović, et al. 2014*). У данашњем демократском друштву, нема сумње да је учешће јавности у доношењу одлука од великог значаја. Оно је важно да обезбеди консензус, управља конфликтима и усаврши газдовање шумама (*Bruna-García & Marey-Pérez, 2014*). То потврђује и став *Nikolić & Borović (1996)* који наводе да најчешће релативно мали управљачки апарат има право да доноси кључне одлуке које потом претвара у планове, а затим у акције и конкретне резултате. Они истичу да „није велики проблем ако то уместо нас обављају професионалци који поштују процедуре, правила игре и универзалне и позитивне законе, већ је проблем када то ради некомпетентна наметнута и отуђена „квази елита“ без регулативе и повратне спреге.“ При изради дугорочних планова управљања у заштићеним подручјима, па самим тим и изради планова развоја мреже шумских путева, неопходно је спровести анализе свих утицајних фактора и укључити интересне групе у процес одлучивања. У модерном схватању, учешће јавности је добровољни процес у коме људи појединачно или путем организованих група, могу да размењују информације, изражавају мишљења, заступају интересе и имају могућност да утичу на крајњи резултат (*FAO-ECE-ILO, 2000*).

Укључивање свих заинтересованих појединаца, група или организација у процес одлучивања је непрактично и економски неоправдано. Да би се остварила корист од укључивања интересних група и смањили негативни ефекти, потребно је одговорити на два питања (*Harrison & Ejaz Qureshi, 2000*): како идентификовати релевантне учеснике за управљање одређеним ресурсом и како изабрати појединце који ће представљати интересе и циљеве одређене групе учесника у управљању? У процесима планирања у шумарству налазе се четири вида учешћа јавности (*Bruna-García & Marey-Pérez, 2014*):

- без учешћа – када нема могућности за укључивање јавности у процес доношења одлука,
- јавно – отворен приступ у процесу доношења одлука, као што су јавне расправе,
- јавно ограничено – приступ по позиву када није потребно посебно знање из области у којој се доносе одлуке,
- интересне групе – доношење одлука на бази мишљења експерата или интересних група.

При управљању природним ресурсима, само једна струка не може пружити све неопходне инпуте за свеобухватну анализу питања (*Srđević, et al. 2012*). Код савременог приступа решавања проблема, проблем се разматра са више гледишта, при чему стручњаци из ужег подручја истраживања постају нужни део ширег, интердисциплинарног тима у којем значајну улогу у процесу доношења одлука имају стручњаци других профила, али и јавност (*Deluka-Tibljaš, et al. 2013*). У годинама што долазе, учешће јавности добијаће све више на значају у процесима планирања у шумарском сектору (*Bruna-García & Marey-Pérez, 2014*). Програм заштите животне средине Аутономне покрајине Војводине за период 2016-2025. године (*Sl. list AP Vojvodine, br. 10/2016*) намеће начело информисаности и учешћа јавности као основно право сваког појединца.

### **3.1.1.2. Делфи метода као техника групног одлучивања**

Делфи метода развијена је педесетих година двадесетог века од стране РАНД корпорације и првенствено је коришћена у војне сврхе, а прва употреба у цивилне сврхе била је 1963. године за потребе планирања економског развоја (*Habibi, et al. 2014*). Током година метода се проширила и на друге области: технолошке прогнозе, економска предвиђања, доношење одлука, транспорт, планирање, образовање, здравствена заштита и сл., а средином деведесетих година, са различитим методолошким варијацијама и модификацијама (*Powell, 2003*), нашла је примену у академским круговима. Делфи метода је популарна техника за предвиђање и за помоћ при доношењу

одлука на основу мишљења експерата (*Landeta, 2006*) и данас се сматра најважнијом методом интуитивног предвиђања (*Đorđević, et al. 2013*). Поред класичног делфија постоји више различитих форми које се обично називају „модификованим делфијем“ (*McKenna, 1994*), а које су истраживачи модификовали како би их прилагодили потребама својих истраживања.

Делфи метода користи се да би се постигао консензус унутар групе, коју најчешће чине искусни представници заинтересованих страна у неком случају и експерти из одређене области. Експертима се сматрају професионално или научно квалификовани појединци са релевантним знањем и искуством у одређеној области. Делфи метода се примењује у ситуацијама када треба испитати више особа при чему се жели избећи доминантан утицај једне особе (*Hsu & Sandford, 2007*). Суштина делфи методе је у успостављању широког дијапазона погледа на одређену тему, а онда прикупљања супротстављених или незнатно различитих анализа, да би се коначно дошло до промишљено добијене свеобухватне синтезе са којом је сагласна већина. Метода се углавном заснива на тзв. панел структури.

*Giannarou & Zervas (2014)* наводе да не постоји правило колико учесника у делфи анализи треба да буде, али ослањајући се на наводе других аутора, они истичу да би њихов број требало да буде од 7 до 30. Међутим, пратећи препоруке из литературе, *Okoli & Pawlowski (2004)* препоручују да би у сваком панелу требало да буде од 10 до 18 учесника, док *Cavalli-Sforza & Ortolano (1984)* наводе да типичан делфи панел броји 8 до 12 учесника. *Mullen (2003)*, позивајући се на истраживања *Phillips (2000)*, наводи да број учесника у сваком панелу треба да буде од 7 до 12.

За одређивање репрезентативности изабраних експерата није потребно спроводити статистичке анализе. Репрезентативност изабраних експерата је обезбеђена њиховим квалитетом, а не њиховим бројем. *Powell (2003)*, према *Delbecq, et al. (1975)* истиче да при избору експерата треба тежити стварању хетерогене групе, јер хетерогене групе чине чланови са различитим особинама и различитим погледима на проблем, при чему

стварају већи проценат веома квалитетних и прихватљивијих решења него хомогене групе .

Делфи техника подразумева да стручњаци дају своја мишљења на систематичан начин, одговарајући на питања из упитника у неколико фаза, без групне дискусије, при чему ниједном од њих није познат идентитет осталих учесника, нити њихови појединачни ставови о предмету предвиђања.

Кораци у делфи техници су:

- предочавање проблема (упитник),
- попуњавање упитника,
- прикупљање и дистрибуција резултата,
- попуњавање другог (и идућег) упитника, и
- консензус (општа сагласност).

Анонимност се постиже коришћењем упитника који се учесницима шаље најчешће путем електронске поште или израдом *web* формулара, који учесници попуњавају самостално. На овај начин учесници су ослобођени притиска са којим се могу суочити на састанцима на којима учествује група људи. Сва мишљења, оцене и коментаре учесници размењују искључиво са истраживачем (модератором), тако да учесници могу мењати своја мишљења без страха од осуде од стране других учесника у групи. За разлику од састанака на којима се често не пружа свим учесницима једнака могућност за исказивањем мишљења, делфи метода омогућава свим учесницима да имају једнаке шансе за укључивање у процес доношења одлука (*Geist, 2010*).

Теоријски посматрано, делфи процес може трајати све док се не постигне консензус. Међутим, у већини случајева довољне су три итерације за сакупљање потребних информација и постизање консензуса. Процедура се спроводи кроз три или више повезаних фаза (упитника), при чему се сваки наредни упитник формира од сажетка одговора из претходног упитника. Резултат анкетања у претходној фази, са аргументима и противаргументима свих учесника о свим мишљењима, прилажу се уз упитник за наредну фазу. Тако у свакој наредној фази стручњаци одговарају

на питања на вишем нивоу информисаности, чиме проверавају своја претходна мишљења и анализирају проблем из новог угла, уз могућност да их ревидирају или додатно потврде уз помоћ мишљења и аргумената других учесника.

Неуспех да се изврши тумачење значења консензуса је важан пропуст у многим примерима делфи студија. Међутим, не постоје чврста правила за утврђивање да ли је постигнут консензус, иако се у последњем кругу мишљења учесника обично приближавају. *Butterworth & Bishop (1995)* наводе да је консензус постигнут када се већина учесника сложи.

### **3.1.2. Вишекритеријумско одлучивање**

У теорији одлучивања развијен је велики број метода и техника које су нашле примену у решавању проблема реалног света одлучивања, при чему су оне класификоване у две велике групе: једнокритеријумско одлучивање и вишекритеријумско одлучивање. Методе из групе једнокритеријумског одлучивања или методе операционих истраживања, карактерише добијање оптималног решења које даје највећу вредност једне критеријумске функције присуством одговарајућег скупа ограничења (*Terzić, 2010*). Класичне оптимизационе методе користе само један критеријум при одлучивању чиме се драстично умањује реалност проблема који се могу решавати (*Čipić & Suknović, 2010; Milojković, 2014*). Разлог за релативно слабу прихваћеност једнокритеријумских модела, који се заснивају на тврдим егзактним подацима о систему и његовом окружењу, није само неупућеност потенцијалних корисника, већ што сви они претпостављају значајно упрошћену слику света и приморавају корисника да прилагођава реалност моделу, а не обрнуто (*Terzić, 2010*). Доношење одлука постаје знатно сложеније када је више критеријума укључено у проблем (*Shuka & Auriol, 2013*). Већина практичних проблема захтева да се одлучивање спроводи на основу више критеријума услед чега је данас развијен велики број метода вишекритеријумског одлучивања. Постојање више алтернатива и

критеријума значи да се одлуке доносе у конфликтним условима и да се за решавање вишекритеријумских задатака морају применити инструменти који су флексибилнији од строго математичких техника исте оптимизације (Srdjević, 2005).

Вишекритеријумски проблеми имају следеће заједничке карактеристике (Џипић, 2004):

- Већи број критеријума које дефинишу један или више доносилаца одлука (индивидуални и групни контекст);
- Конфликти критеријума – као најчешћи случај код реалних проблема;
- Неупоредиве мерне јединице – некомпарабилност критеријума, критеријуми/атрибути често имају различите мерне јединице;
- Решење проблема вишекритеријумског одлучивања може бити рангирање алтернатива, идентификација најбоље (најпожељније) алтернативе, или скуп алтернатива које испуњавају одређене услове.

С обзиром на природу информација самих проблема, методе вишекритеријумског одлучивања могу се поделити у две групе:

1. Вишеатрибутивно одлучивање (енг. *multi-attribute decision making*) или како се у последње време све више назива - вишекритеријумска анализа (енг. *multi-criteria analysis*). Ова група метода решава вишекритеријумске проблеме избором најбоље алтернативе из скупа претходно дефинисаних, и
2. Вишециљно одлучивање (енг. *multi-objective decision making*). Ова група метода решава вишекритеријумске проблеме програмирањем најбоље алтернативе.

Уобичајено је да се проблеми вишеатрибутивног одлучивања називају „лоше структурираним проблемима“, а проблеми вишециљног одлучивања „добро структурираним проблемима“.

На бази природе алтернатива, *Hajkowicz, et al. (2000)* вишекритеријумско одлучивање класификују у две главне категорије: континуирано и дискретно одлучивање. Континуиране методе имају за циљ идентификацију оптималних количина, које могу неограничено да варирају. У ове методе спадају линеарно програмирање, циљно програмирање и сл. Дискретне методе вишекритеријумског одлучивања могу се дефинисати као технике за подршку одлучивању када постоји коначан број алтернатива.

*Šporčić, et al. (2010)* истичу да вишекритеријумски модели не могу у потпуности заменити традиционалне алате и поступке у планирању газдовања шумама, али их могу употпунити.

### **3.1.2.1. Вишеатрибутивно одлучивање (вишекритеријумска анализа)**

Вишеатрибутивно одлучивање или како се чешће назива вишекритеријумска анализа (ВКА) представља један од алата за доношење одлука који је развијен за комплексне вишекритеријумске проблеме који садрже квалитативне и/или квантитативне аспекте проблема код процеса доношења одлуке. Циљ вишеатрибутивног одлучивања није да замени доносиоца одлуке, већ да пружи подршку при одлучивању. Решавање вишекритеријумског проблема подразумева избор „најбоље“ алтернативе из скупа доступних алтернатива, где „најбоље“ доносилац одлуке може тумачити као „најпожељније“ (*Agarski, 2014*). Као мера достизања сваког критеријума по дефинисаној алтернативи јавља се атрибут. Чести синоними за атрибуте су: параметри, перформансе, компоненте, фактори, карактеристике, особине и сл. (*Čirić & Suknović, 2010*).

Методе ВКА се могу користити при идентификовању: оптималне алтернативе, за рангирање алтернатива, за добијање одређеног броја алтернатива или за разликовање прихватљивих од неприхватљивих алтернатива (*Bernardini, et al. 2007*). Главна сврха метода ВКА јесте превазилажење проблема на конзистентан начин на које човек као доносилац одлуке наилази приликом рада са великом количином комплексних информација. ВКА се може посматрати као комплексан и динамичан процес



који укључује менаџерски и инжењерски ниво (*Opricović & Tzeng, 2004*). Менаџерски ниво дефинише циљеве и одабира коначну „оптималну“ алтернативу, при чему је вишекритеријумска природа одлука нарочито изражена на менаџерском нивоу где доносиоци одлука прихватају или одбацују решења која су предложена на инжењерском нивоу. Инжењерски ниво ВКА дефинише алтернативе и наглашава последице избора алтернативе са становишта различитих критеријума.

Многи аутори (*Roy & McCord, 1996; Baker, et al. 2002; Opricović & Tzeng, 2004; Bernardini, et al. 2007*) су направили класификацију основних фаза у ВКА, према којима постоје следеће фазе:

- дефинисање циља, критеријума и алтернатива,
- формирање матрице перформанси,
- додељивање тежинских фактора критеријумима,
- вишекритеријумска анализа (применом једне или више метода), и
- добијање вредности ранга алтернатива.

Поред основних фаза ВКА може се радити и анализа осетљивости, где се улазни подаци мењају у малој мери и посматра се утицај на резултате. Уколико се ранг алтернатива не мења, закључује се да су резултати робусни и поуздани. Анализа осетљивости истражује разлике у подацима и неусаглашености око квалитативних улаза у модел ВКА, да би се открило да ли постоји утицај на коначни резултат преференција и ранг алтернатива. Анализа осетљивости је корисна приликом решавања конфликта између доносилаца одлука (*Eghali, 2002*). Додељивање тежинских фактора критеријумима често је спорна област која захтева анализу осетљивости. Анализа осетљивости може испитати осетљивост резултата на промене тежинских фактора критеријума, што је значајно код метода као што су аналитички хијерархијски процес где се врши субјективно вредновање.

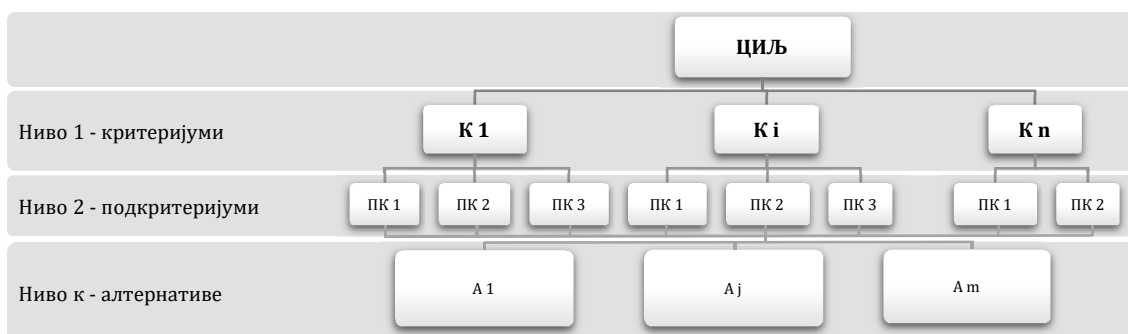
### 3.1.2.2. Аналитички хијерархијски процес

Аналитички хијерархијски процес (АХП) представља један од најчешће коришћених метода вишекритеријумске анализе, који се у вишегодишњој пракси доказао као значајна помоћ доносиоцима одлука. Аутор идеје и математичке поставке АХП-а је Томас Сати (*Saaty, 1980*). АХП је до сада примењиван у разним областима стратешког менаџмента, где одлуке имају далекосежан значај и где доносиоци одлука радо бирају квалитетног и поузданог саветника у фази разматрања узрочних фактора и утврђивања њихових ефеката у односу на постављене циљеве (*Srđević & Jandrić, 2000*). Примена АХП методе састоји се из четири фазе (*Nikolić & Borović, 1996; Ćurpić & Suknović, 2010*):

- структурирање проблема – декомпоновање комплексног проблема одлучивања у серију хијерархија, где сваки ниво представља мањи број управљивих атрибута,
- прикупљање података – додељивање релативних оцена у паровима атрибута једног хијерархијског нивоа коришћењем скале девет тачака и формирање матрице поређења по паровима,
- оцењивање релативних тежина – одређивање сопствених вредности ради добијања нормализованих и јединствених сопствених вектора, и
- одређивање решења проблема – проналажење композитног нормализованог вектора.

АХП је вишекритеријумска техника која се заснива на међусобном поређењу елемената на датом хијерархијском нивоу у односу на елементе на вишем нивоу. На врху је циљ, испод су критеријуми и подкритеријуми и на дну су алтернативе (*Шема 1*). Доносилац одлука пореди елементе у датом нивоу хијерархије међусобно, сваки са сваким, у односу на све (надређене) елементе у вишем нивоу хијерархије. То значи да се прво у паровима пореде сви критеријуми у односу на циљ, а затим све алтернативе у паровима у односу на

сваки критеријум и аналогним поступком одређују се њихове релативне тежине у односу на критеријуме.



Шема 1: Хијерархија проблема одлучивања

Поређења на којима се АХП заснива дефинисана су на аксиомима:

- Реципрочности – ако је елемент  $A_n$  пута значајнији од елемента  $B$ , тада је елемент  $B$   $1/n$  пута значајнији од елемента  $A$ ,
- Хомогености – поређење има смисла једино ако су елементи упоредиви,
- Зависности – дозвољава се поређење међу групом елемената једног нивоа у односу на елемент вишег нивоа, тј. поређења на нижем нивоу зависе од елемента вишег нивоа, и
- Очекивања – свака промена у структури хијерархије захтева поновно рачунање приоритета у новој хијерархији.

АХП омогућава и интерактивну анализу осетљивости. Преко анализе осетљивости сагледава се како промене улазних података утичу на излазне резултате.

АХП спада у популарне методе и зато што има способност да идентификује и анализира неконзистентности доносиоца одлука у процесу расуђивања и вредновања елемената хијерархије (Srđević & Jandrić, 2000). Када би постојала могућност да се прецизно одреде вредности тежинских коефицијената свих елемената који се међусобно пореде на датом нивоу хијерархије, сопствене вредности матрице биле би потпуно конзистентне.

Међутим, ако се нпр. тврди да је А много већег значаја од Б, Б нешто већег значаја од Ц, и Ц нешто већег значаја од А, настаје неконзистентност у решавању проблема и смањује се поузданост резултата. Општи је став да редувантност поређења у паровима чини АХП методом који није превише осетљив на грешке у расуђивању. Он такође даје могућност да се мере грешке у расуђивању тако што се прорачунава индекс конзистентности за добијену матрицу поређења, а затим рачунава и степен конзистентности.

### 3.2. Географски информациони систем

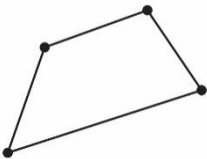
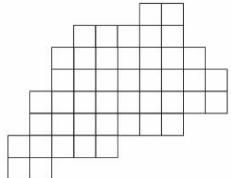
Географски информациони систем (ГИС) представља организовани скуп рачунарског хардвера, софтвера, података, особља и мрежа ради ефикасног прикупљања, складиштења, ажурирања, руковања, анализе, моделовања, преноса и приказа свих облика просторних информација (Jovanović, et al. 2012). У ширем смислу ГИС је оруђе „папетне карте“ које корисницима пружа могућност да постављају интерактивне упите (истраживања која ствара корисник), анализирају просторне информације и уређују податке. ГИС је информациони систем о простору и изграђеној инфраструктури, и заснива се на идеји интегралне информације о целокупном меродавном окружењу. У овом систему обједињени су сви подаци о објектима, њиховим карактеристикама и процесима и појавама у одређеном географском простору, који су од значаја за корисника. Формирањем основне базе података о простору применом ГИС технологије, отвара се широк спектар могућности динамичког избора садржаја, који се приказује на екрану или у облику цртежа на папиру.

У зависности од начина и нивоа примене, ГИС се свеобухватно може посматрати као скуп три основне компоненте (Miljuš & Radivojević, 2006):

1. геовизуелизација – подразумева да ГИС садржи скуп интелигентних мапа и других приказа, карактеристика простора и њихових однос,

2. геобазе података – свеобухватне базе које садрже скупове података у векторском и растерском облику, и
3. геопроецирање – обухвата скуп алата за трансформацију података и примену аналитичких функција и модела обраде података.

Према структури, просторни подаци могу бити растерски и векторски. Поред тога, географски информациони системи интегришу и алфа-нумеричке податке и дигитални модел терена.

	Векторски	Растерски
Тачка	•	□
Полилинија	—	□□□□□□□□
Полигон		

Слика 1: Типови просторних података према структури

Растерски подаци су подаци у дигиталном облику засновани на матрици представљеној одређеним бројем колона и редова. У пресеку једне колоне и једног реда је основни елемент матрице – ћелија матрице, која се у случају растерске слике назива пиксел. Сваки пиксел има тачно дефинисану вредност атрибута. Векторски подаци у ГИС-у могу бити приказани у виду тачке, линије или полигона чији је положај дефинисан координатама, односно вектором положаја.

И растерски и векторски подаци имају своје предности и недостатке. Најбитнија предност растерских података је могућност представљања постепено промењивих података. Нпр. трошкови транспорта постепено се мењају са повећањем транспортне дистанце. Такође, растер је матични

формат сателитских снимака, али и скенираних снимака. Са друге стране, векторски подаци имају предности због прецизности која је ограничена само квалитетом оригиналних података, затим ефикасности чувања података, топологије и излазних података високог квалитета. Недостаци растерских података огледају се у фиксној резолуцији, губљењу информација са променом резолуције, великом обиму података (посебно при великим резолуцијама), непримерености за израду високо-квалитетних карата и спорој трансформацији пројекција. Основни недостатак векторских података је што су непогодни за континуиране површине као што су скенирани или даљински снимци.

Алфанумерички подаци референтно се везују за припадајуће просторне податке. Највећи део атрибутских података у ГИС-у, којим се изражавају негеометријске карактеристике ентитета, дат је у алфа-нумеричком облику и представљен је у виду табела. Атрибутске табеле садрже описне информације о карактеристикама објекта у реалном свету.

Дигитални модел терена (ДМТ) је дигитални приказ рељефа терена (земљишне површине) погодан за рачунарску обраду (*Uredba o digitalnom geodetskom planu, 2008*). Може се дефинисати као математичка (статистичка) представа континуалне површи терена на основу великог броја изабраних тачака са познатим  $x$ ,  $y$  и  $z$  координатама, линија и других информација прикупљених на терену (*Borisov, et al. 2005*). Постоји пет метода прикупљања података за израду дигиталног модела терена (*Šiljeg, 2013*): 1) теренска мерења, 2) фотограметријско прикупљање података, 3) ласерско снимање (скенирање), 4) радарско прикупљање података и 5) метода векторизације са постојећих топографских карата. Метода векторизације са постојећих топографских карата представља дуготрајан процес који захтева скенирање аналогних карата, геореференцирање, векторизацију изохипси и придруживање атрибута (висина). Поред изохипси, при изради ДМТ у обзир се узимају и рељефне одлике терена, бирањем карактеристичних тачака (врхови, превоји, седла, вртаче,...), структурних линија терена (вододелнице, водосливнице,...) и површи (стењаци, каменоломи, водена огледала, ...)(*Borisov*

*& Banković, 2003*). У зависности од начина на који је извршен избор тачака и начина на који су ти подаци организовани, дефинисане су две структуре распореда тачака у ДМТ-у (*Bakić & Đurđević, 2011*): 1. правилна решетка, у оквиру које тачке представљају ГРИД и 2. мрежа неправилних троуглова – ТИН. Геопросторном анализом рељефа, коришћењем ДМТ на брз, ефикасан и прецизан начин могуће је сагледати велики број карактеристика простора као што су: хоризонтална и вертикална рашчлањеност, дефинисање нагиба и експозиције терена, сагледавање зоне видљивости са одабраних тачака, утврђивање закривљености терена, издвајања сливних подручја и др.

Технологија географског информационог система данас се користи у разним дисциплинама: за научна истраживања, управљање ресурсима, имовинско управљање, планирање развоја, просторно планирање, картографију и планирање инфраструктуре. У сусрету са растућим низом различитих захтева и проблема, ГИС је почео да шири област проучавања и иде, не само ка чувању, анализи и приказивању података референтно везаних за простор, већ и ка коришћењу непросторних метода и модела, знања и вештина из других научних области, чиме је постао моћан алат доносиоца одлука, како на оперативном, тако и на стратешком нивоу (*Manić, 2006*).

Карактеристике ГИС-а које га чине незамењивим у планирању мреже шумских путева су: визуелизација података, повезивање географских и атрибутивних обележја и пружање помоћи при одлучивању. Могућност комбиновања просторних података са везаним атрибутима осигурава му примењивост у великом броју делатности.

### **3.3. ГИС -базирана вишекритеријумска анализа**

Последњих деценија ГИС се све више развијао у правцу употребе просторних анализа, али и увођења концепата из области система за подршку одлучивању или експертских система (*Manić, 2006*). Вишекритеријумска анализа у комбинацији са ГИС-ом користи се више од две деценије у анализи

просторних података у областима заштите животне средине, транспорта, просторног планирања, управљања отпадом, водних ресурса, пољопривреде и шумарства (Greene, 2010). ГИС-базирана вишекритеријумска анализа је поступак који трансформише и комбинује географске податке и ставове доносиоца одлука у циљу добијања корисних информација за доношење одлуке (Malczewski, 2006). Имајући у виду овај аспект, вишекритеријумска анализа интегрисана у ГИС може да обезбеди одговарајућу манипулацију и презентацију података са конзистентном евалуацијом, базираном на великом броју фактора који могу имати утицаја на анализу одређеног проблема (Zelenović Vasiljević, 2011). Malczewski (1999) наводи да је основна намена комбиновања ВКА са ГИС-ом проширење одговора на традиционално питање ШТА? додатним одговором на питање ГДЕ? Географски информациони системи пружају подршку процесу доношења одлука тако што обезбеђују флексибилно окружење за анализу различитих алтернатива на основу њихових критеријума, интегришући системе за управљање базама података, графичким приказима и табеларним извештајима, као и са експертским знањем корисника (Smiljanić & Đurđić, 2006).

Проблеми просторног доношења одлука обично укључују три категорије учесника: интересне групе, доносиоце одлука и техничке стручњаке (Jankowski & Nyerges, 2001). Поред тога, они укључују и велики скуп изводљивих алтернатива и више конфликтних и немерљивих критеријума за вредновање. Просторна вишекритеријумска анализа разликује се од класичне вишекритеријумске анализе у томе што је поред информација о вредностима критеријума неопходна и географска локација алтернатива. При том, резултати анализе не зависе само од географског распрострањења атрибута, већ и од вредносне оцене доносилаца одлука (Temiz & Tecim, 2009). Технике ГИС-а имају важну улогу у анализи проблема одлучивања, док ВКА пружа богату збирку техника и процедура за структурирање проблема одлучивања, пројектовања, вредновања и одређивања приоритета алтернативних одлука (Malczewski, 2006). ВКА у комбинацији са ГИС-ом пружа сет метода које омогућују транспарентну и систематичну помоћ при одлучивању (Eastman,



2005). Док је ВКА у могућности да подржи и дискретне (избор између тачно одређеног броја алтернатива) и континуалне проблеме (избор између неограниченог броја алтернатива), ГИС је посебно погодан за рад са континуалним проблемима ВКА као што је вредновање погодности свих парцела или ћелија у оквиру ширег подручја истраживања (*Malczewski, 1999*).

### **3.3.1. ГИС и аналитичко хијерархијски процес (АХП)**

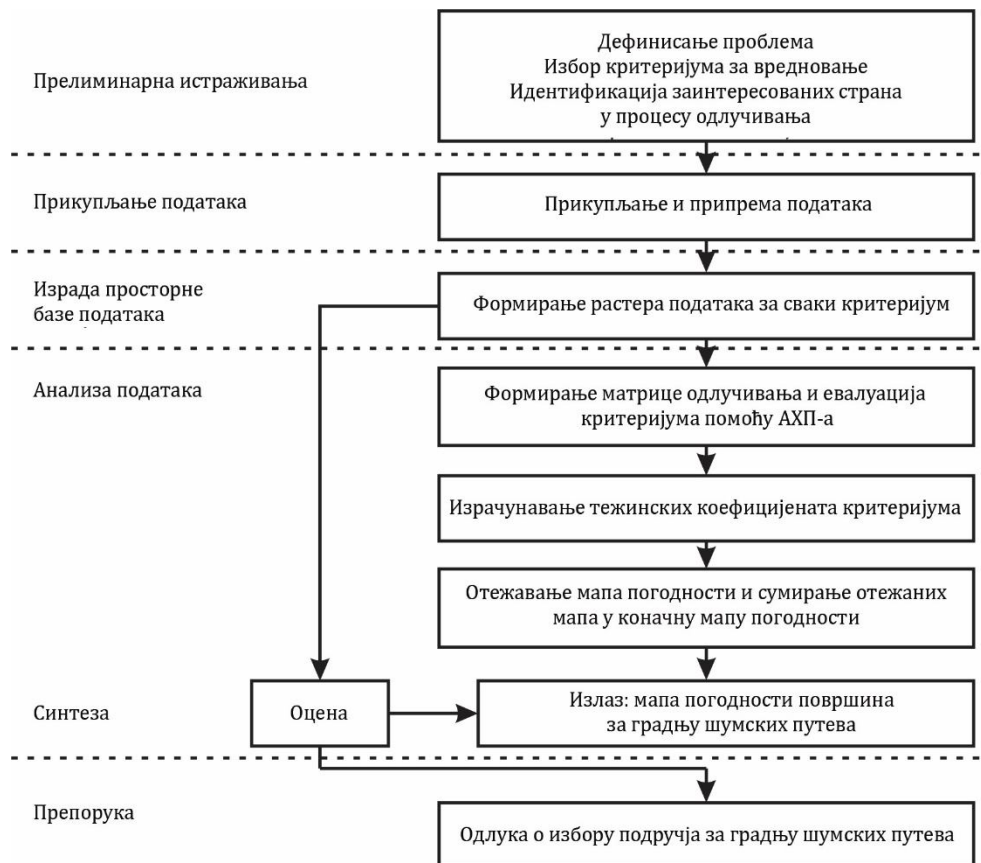
Иако је ГИС снажан алат за руковање просторним подацима који нуди велике могућности за њихово приказивање и анализу, примена само ГИС-а није довољна да обухвати комплексност проблема одређивања погодности земљишта за неку намену и непосредно допринесе меродавном доношењу одлука о томе како и где користити земљиште. Ради једноставнијег и потпунијег одређивања погодности површина за једну или више намена, комбинација ГИС-а са неким од метода вишекритеријумског одлучивања може представљати добро решење. Примена аналитичког хијерархијског процеса у ГИС окружењу један је од најчешће коришћених метода за ту сврху.

Поступак комбиновања АХП-а и ГИС-а у циљу дефинисања погодности подручја за одређену намену састоји се из неколико корака (*Marinoni, 2004; Srđević, et al. 2010; Bunruatkaew & Murayama, 2011*), који су у овом случају прилагођени избору погодних површина за градњу шумских путева и представљени у *Шеми 2*.

Сама комплексност планирања захтева располагање великим бројем разноврсних података који се морају комбиновати и моделовати, што је у ГИС окружењу могуће формирањем више тематских слојева који се могу анализирати појединачно или заједно, захваљујући просторној компоненти коју садржи сваки податак у бази, а потом се могу и визуелизовати у облику линије, боје или симбола, односно презентовати у облику карте (*Bakić & Durđević, 2011*).

У пракси планирања текст и карте плана су нераздвојне. На тематским картама приказују се појединачне карактеристике простора или њихови

атрибути, док рефералне (синтезне) карте настају преклапањем садржаја тематских карата након анализе и доношења планских решења (Bakić & Đurđević, 2011).



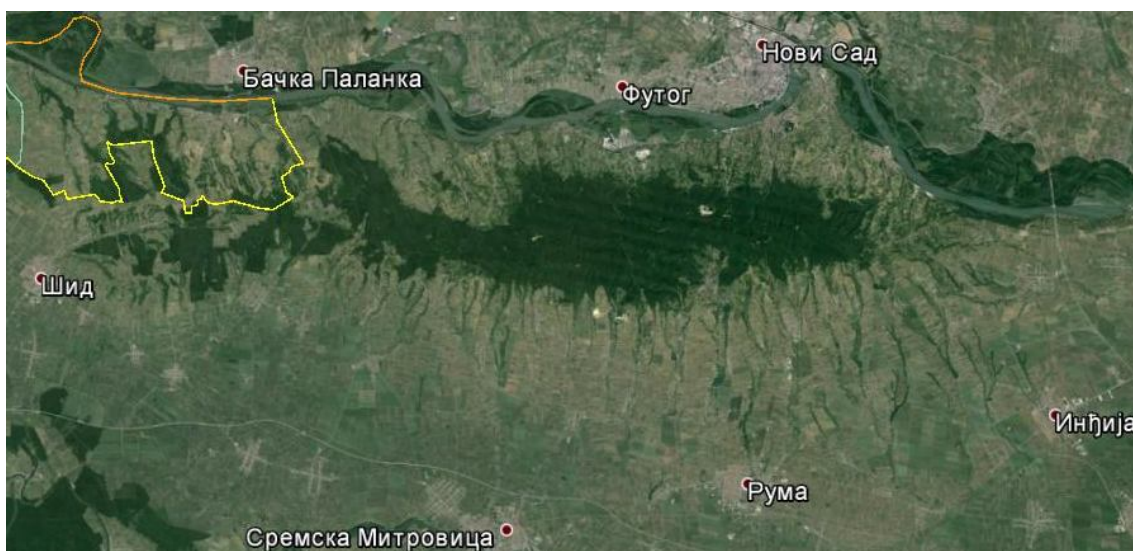
Шема 2: Шематски дијаграм за моделирање погодних површина за градњу шумских путева

## 4. ПОДРУЧЈЕ ИСТРАЖИВАЊА

### 4.1. Шире подручје истраживања – Национални парк „Фрушка гора“

Фрушка гора је острвска планина у Панонској низији, издужена у правцу исток-запад у дужини од око 80 km и ширином око 15 km. Са севера је ограничена реком Дунав на чији данашњи ток је значајно утицала, док се према југу спушта у Сремску лесну зараван. Највиши врх Фрушке горе је Црвени Чот (539 m), а затим следе Велики Градац (471 m) и Иришки Венац (451 m). Главни гребен, са правцем пружања исток-запад, јасно раздваја ову планину на два основна слива: савски и дунавски. Северна подгорина Фрушке горе испресецана је дубоким долинама, стрмим падинама и истакнутим гребенима, док јужна подгорина има мање изразите долине благих страна и равног пада.

Регион Фрушке горе захвата површину од 139.430 ha, док је површина подручја чија је надморска висина изнад 200 m око 37.730 ha (Živković & Valjarević, 2013).



Карта 1: Сателитски снимак Фрушке горе

У самом средишту овог региона, на површини од 26.672 ha, дефинисано је подручје посебне намене – Национални парк „Фрушка гора“. Подручје је

проглашено националним парком 1960. године због значајних природних вредности и потребе за њиховим очувањем.

Фрушка гора у геолошком смислу представља јединствени природни феномен, јер је граде стене из скоро свих геолошких периода, почев од најстаријег палеозоика (периода пре 500 милиона година), преко мезозоика, неогена па до квартара. Геолошку подлогу чине кристаласти шкриљци, филити, серпентини, периодити, андезити и дацити.

Фрушка гора није висока планина али својим положајем, обликом и пошумљеношћу има великог утицаја на стварање специјалне локалне климе (Babić, 2014). Према географском положају Фрушка гора припада области умерено – континенталне климе. Средња годишња температура износи 10,5 °C, а просечна годишња количина падавина износи 660,6 mm (Babić, 2014). Мањак влаге у земљишту јавља се од јула до октобра, а вишак воде у земљишту јавља се у хладнијем делу године од јануара до априла (Babić, 2015).

И поред мале сабирне области, подручје Фрушке горе одликује се обилним подземним водама, великим бројем извора и врела и изузетном густином хидролошке мреже. Површинске воде су представљене изворима, врелима, густом речном мрежом, барама и вештачким језерима, док се подземне воде јављају у више нивоа, што одговара њеној геолошкој грађи, тектонском склопу и орографском изгледу (Nikolić, et al. 2013). Највећи део падавина који се излучи на овом простору се процеђује и храни подземне воде док мањи део отиче површински формирајући површинске токове. Због тога је на простору Фрушке горе евидентирано око 187 извора (Letić, et al. 2014). Површинска хидрографија је представљена са 42 водотока од којих 28 отичу према Дунаву, а 14 према Сави. Укупна дужина фрушкогорске речне мреже износи 437,9 km, од тога на северној подгорини 234,5 km, а на јужној 205,2 km. Густина речне мреже је 621 m/km<sup>2</sup>. У погледу водног режима фрушкогорски потоци носе највеће количине воде у рано пролеће и у касну јесен. Највећи број потока пресушује средином лета и остаје такав до средине јесени. Други период када је количина воде мала, али потоци не пресушују је крајем зиме.

Специфичност биљног света Фрушке горе је спој шумских, степских и ливадостепских станишта. Национални парк „Фрушка гора“ је основан ради њиховог одржања, затим одржања шумских екосистема са разноврсним типовима храстових шума, посебно реликтном термофилном шумом храстова са грабићем, медитеранског обележја, очувања станишта и популације дивље флоре националног и европског значаја са присуством панонских ендемских и бројних реликтних врста из терцијера, очувања станишта преко 200 врста птица, очувања глобално угрожене врсте текуница, очувања налазишта фосила, очувања јединственог брдског предела са гребенским делом под шумом, очувања изворишта вода, очувања културно-историјских споменика са 17 српских православних манастира и заштите и очувања спомен обележја (*Zakon o nacionalnim parkovima, 2015*).

Преко 92% површина Националног парка прекривена је шумом, а покривеност заштитне зоне шумом износи свега 4,17%. До сада је проучено и дефинисано 65 различитих еколошких јединица, које су на бази сличности по развојно-производним карактеристикама, груписане у 33 различита типа шума (*Babić, 2014*). У Националном парку су евидентирани 54 врсте дрвећа, од чега је седамнаест унешених врста. Доминантна врста је сребрна липа (37,6% у запремини), потом китњак (18,8%), цер (11,8%), буква (8,8%) и граб (6,6%). Треба напоменути да је шездесет година раније доминантна врста био храст китњак, што истиче *Vajda (1956)*, а затим следе цер, липа, граб и буква. Просечна запремина на нивоу националног парка је 244 m<sup>3</sup>/ha, а просечан запремински прираст је 6,22 m<sup>3</sup>/ha. Шуме националног парка су претежно изданачког порекла (80,3%), високих шума има 9%, вештачки подигнутих састојина 9,7% и шибљака 1%. Стање шума по старосној структури није задовољавајуће, јер је доминантна заступљеност дозревајућих, зрелих и презрелих састојина. Здравствено стање шума може се сматрати осредњим.

Укупна залиха дрвне запремине у шумама националног парка „Фрушка гора“ износи 5.507.205 m<sup>3</sup> или просечно 244 m<sup>3</sup>/ha, а годишњи запремински прираст износи око 140.170 m<sup>3</sup> или 6,22 m<sup>3</sup>/ha (*Sl. list AP Vojvodine, br. 10/2016*).

Орографске карактеристике условиле су малу насељеност Фрушке горе. Због овакве вертикалне рашчлањености, насеља су лоцирана на рубу планине (Živković & Valjarević, 2013).

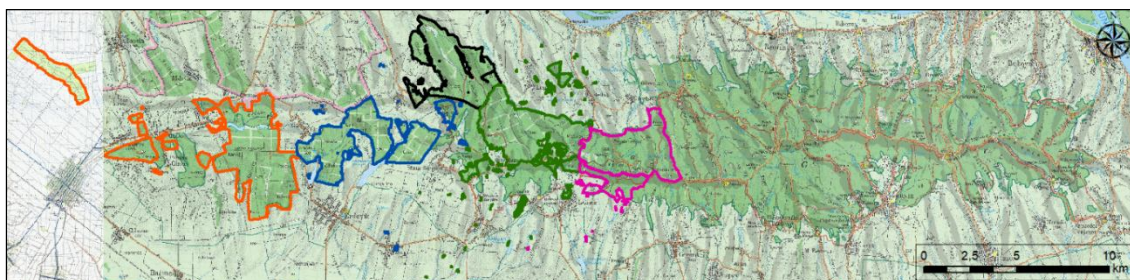
#### **4.2. Уже подручје истраживања**

Националним парком „Фрушка гора“ управља Јавно предузеће „Национални парк Фрушка гора“ са седиштем у Сремској Каменици. Основне делатности предузећа су: заштита и унапређивање природних вредности националног парка; газдовање шумама; унапређивање ловне и риболовне фауне; организовање истраживања у области заштите и развоја националног парка; презентација и популаризација националног парка; пројектовање, изградња и одржавање објеката који су у функцији заштите, унапређивања и презентације природних и културних добара националног парка. Предузеће обавља и друге послове одређене Статутом.

Када је у питању газдовање шумама, простор националног парка подељен је на 12 газдинских јединица, којима се управља преко пет радних јединица за заштиту и унапређивање: РЈ „Ердевик“, РЈ „Лежимир“, РЈ „Врдник“, РЈ „Беочин“ и РЈ „Сремска Каменица“.

Подручје на коме је спроведено истраживање примене вишекритеријумског одлучивања у планирању мреже шумских путева обухвата пет газдинских јединица смештених у западном делу националног парка:

1. ГЈ „Равне“ (бр. газдинске јединице по кодном приручнику – 3808),
2. ГЈ „Биклав“ (бр. 3809),
3. ГЈ „Јанок“ (бр. 3810),
4. ГЈ „Гвоздењак – Лице“ (бр. 3811), и
5. ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“ (бр. 3812).



— 3808   
 — 3809   
 — 3810   
 — 3811   
 — 3812

Карта 2: Подручје истраживања

Укупна површина подручја истраживања износи 9.565,28 ха.

#### 4.2.1. Опште информације о газдинским јединицама

Основа газдовања шумама је плански документ за десетогодишње газдовање шумама, који приказује стање шума, досадашње газдовање, одређене циљеве газдовања, обим планираних радова, као и мере за постизање циљева. Обавеза израде основе газдовања шумама проистиче из одредби члана 22. и 25. Закона о шумама (*Sl. glasnik RS br. 30/2010, 93/2012 i 89/2015*).

У поглављима које следе дате су опште информације о Газдинским јединицама „Равне“, „Биклав“, „Јанок“, „Гвоздењак – Лице“ и „Ворово – Липовача – Шидско церје“. Сви доле наведени подаци преузети су из важећих основа газдовања шумама.

Основе газдовања шумама за све газдинске јединице израђене су са периодом важења од 2017. до 2026. године.

##### 4.2.1.1. ГЈ „Равне“

Газдинска јединица „Равне“ једна је од три газдинске јединице којом газдује Радна јединица заштите и унапређења „Лежимир“. Већим својим делом налази се на северној страни, а мањим на јужној страни Фрушке горе. Укупна површина газдинске јединице износи 1.476,23 ха. Шуме и шумско земљиште заузимају 1.381,14 ха или 93,56%, а 95,09 ха или 6,44% чини остало

земљиште. Од укупне површине шума и шумског земљишта, 97,45% заузимају шуме, 0,30% шумске културе, а 2,25% заузима шумско земљиште.

Орографске карактеристике Фрушке горе условиле су израженост хидрографије и релативно богатство водом у Газдинској јединици „Равне“. Основна карактеристика овог комплекса шуме јесте испресецаност потоцима слабијег капацитета и богатства водом, па се Газдинска јединица може поделити на сливове, и то:

- слив Папратски до – одељења 1-11,
- слив Текениша – одељења 12-23,
- слив Корушке – одељења 24-40,
- слив Илијеша – одељења 41, 42 и 48, и
- слив потока Ремета – одељења 43-46.

Појединачне вредности које ближе карактеришу и истичу значај простора на коме се налази ГЈ „Равне“ су:

- значајни шумски екосистеми – Папратски до и Равне,
- станиште угрожених врста инсеката – станиште осоликних мува Лежимир,
- станиште угрожених врста птица – Папратски до, Равне и Кречанске јаме,
- шумске састојине, као посебно вредни и ретки споменици природе,
- 21 тип шума (од укупно 33 дефинисаних на подручју Фрушке горе), изузетно дендролошко богатство које се огледа у заступљености 25 врста дрвећа, од којих је 21 врста аутохтона.

Простор ГЈ „Равне“ је у односу на приоритет остваривања појединих функција и потребу решења конфликта међу њима издељен на следеће наменске целине:

- 58 - национални парк – режим заштите I степена,
- 59 - национални парк – режим заштите II степена,
- 60 - национални парк – режим заштите III степена.



Табела 1: Наменске целине у ГЈ „Равне“

Основна намена	P	P	V	V	V/ha	Iv	Iv	Iv/ha	Iv/V*100
	[ha]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
58	190,58	14,1	84.137,2	21,0	441,5	1.375,6	17,7	7,2	1,6
59	1.137,63	84,3	311.394,6	77,6	273,7	6.286,1	80,9	5,5	2,0
60	21,82	1,6	5.658,5	1,4	259,3	107,0	1,4	4,9	1,9
УКУПНО	1.350,03	100,0	401.190,4	100,0	297,2	7.768,7	100,0	5,8	1,9

У ГЈ „Равне“ претежно су заступљене изданачке састојине (57,3% по површини и 51,7% по запремини), затим високе састојине (39,4% по површини и 47,2% по запремини), вештачки подигнуте састојине (2,9% по површини и 1,1% по запремини), док су шикаре заступљене са само 0,4 % по површини.

Према очуваности састојине, 80,6% површине под шумом припада очуваним састојинама, 16,7% разређеним састојинама, а 2,8% девастираним састојинама.

Када је у питању стање шума по мештовитости, чисте састојине чине 6,5% површине под шумом, а мешовите састојине 93,5%.

Најзаступљенија врста дрвећа у ГЈ „Равне“ је сребрна липа која у укупној запремини учествује са 38,9%, затим следи цер са учешћем од 21,0%, буква са учешћем од 20%, китњак са 10,1%, граб са 3,9% ОТЛ са 2,4%, црни јасен са 1,1, док су остале врсте дрвећа заступљене у мањој мери.

Према дебљинској структури, дрвна маса пречника испод 30 cm учествује са 36,6%, дрвна маса пречника од 31-50 cm са 43,9%, а дрвна маса пречника преко 50 cm учествује са 19,5%.

На подручју ГЈ „Равне“ налази се репроцентар – прихватилиште јеленске дивљачи „Равне“ (109 ha), које је у функцији спровођења пројекта „Реинтродукција европског јелена у Националном парку Фрушка гора“. Пројекат је започео 2008. године уношењем првих јединки у ограђени део узгајалишта, а током 2012, 2013. и 2014. године спроведено је испуштање 99 јединки европског јелена у отворени простор националног парка (*Delić, 2016*).

#### 4.2.1.2. ГЈ „Биклав“

Газдинска јединица „Биклав“ простире се лево од пута Сремска Митровица – Свилош до гребена изнад Кишелеза, а на северу се код Мандалине ћуприје граничи са ГЈ „Јанок“. Укупна површина ГЈ „Биклав“ износи 1.667,25 ha, од чега шуме и шумско земљиште заузима 94,6%, а 5,4% чини остало земљиште. Од укупне површине под шумом и шумским земљиштем, шуме и шумске културе заузимају 1.542,2 ha или 97,8%, а шумско земљиште чини 36,67 ha, односно 2,2%.

Хетерогене орографске карактеристике условиле су израженост хидрографије и богатство водом у ГЈ „Биклав“. Основна карактеристика овог комплекса шума јесте испресецаност потоцима слабијег капацитета и богатства водом, па се читава Газдинска јединица може поделити на седам сливова:

1. слив потока Луке,
2. слив потока Чедалир,
3. слив потока Лишварског,
4. слив потока Јанок,
5. слив потока Дивошког,
6. слив потока Ремета и
7. слив потока Илијаш.

Потоци наведени под редним бројевима 1-4 припадају дунавском сливу, а потоци под бројевима 5-7 припадају савском сливу. У складу са глобалном наменом подручја Фрушке горе о специфичности њених делова, извршено је функционално реонирање простора Газдинске јединице „Биклав“, при чему су дефинисана три режима заштите и коришћења. У Газдинској јединици доминирају подручја II степена заштите са 84,8% укупне обрасле површине, док су мање заступљена подручја III (10,5%) и I степена (4,6%). Просечна запремина на нивоу Газдинске јединице износи 261,9 m<sup>3</sup>/ha, а просечан запремински прираст износи 5,1 m<sup>3</sup>/ha.

Табела 2: Наменске целине у ГЈ „Биклав“

Основна намена	P	P	V	V	V/ha	Iv	Iv	Iv/ha	Iv/V*100
	[ha]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
58	71,70	4,6	24.502,1	6,1	341,7	436,8	5,6	6,1	1,8
59	1.308,45	84,8	346.343,8	85,7	264,7	6.723,3	85,8	5,1	1,9
60	162,05	10,5	33.124,5	8,2	204,4	674,8	8,6	4,2	2,0
УКУПНО	1.542,20	100,0	403.972,4	100,0	261,9	7.834,9	100,0	5,1	1,9

Изданачке шуме чине 84,1% укупне површине под шумом, што је у погледу структуре састојина према пореклу веома неповољно. Високе шуме чине 13,3%, а вештачки подигнуте састојине 2,7% од укупне површине под шумом. У погледу запремине, у изданачким шумама налази се 84,5% од укупне дрвне запремине, у високим састојинама 14,7%, а у вештачки подигнутим састојинама 0,8%.

Према очуваности састојина, 78,9% састојина класификовано је као очуване састојине, 18,5% као разређене, а 2,6% као девастиране састојине.

Када је у питању стање шума по мешовитости, евидентно је да у ГЈ „Биклав“ доминирају мешовите састојине (85,2%) у односу на чисте (14,7%). Просечна дрвна запремина у мешовитим састојинама износи 276,8 m<sup>3</sup>/ha, док је у чистим 176,4 m<sup>3</sup>/ha.

Најзаступљенија врста дрвета у ГЈ „Биклав“ је сребрнолисна липа која у запремини учествује са 48,5%, затим цер (18,4%), китњак (8,9%), граб (8,5%), ОТЛ (5,7%), буква (4,0%) и др.

У погледу стања према дебљинској категорији, доминирају стабла пречника од 31 до 50 cm (46,1%), затим стабла пречника до 30 cm (38,1%), док су стабла пречника преко 50 cm заступљена са 15,8%.

#### 4.2.1.3. ГЈ „Јанок“

Газдинска јединица „Јанок“ лежи на северној страни Националног парка и обухвата локалитете Орловац, Средње Церје, Јаночки Дол, Церовача, Крачине и део Кишелеза. Овом Газдинском јединицом управља радна

јединица заштите и унапређења „Лежимир“. Укупна површина ГЈ „Јанок“ износи 1.239,43 ha, при чему шуме и шумско земљиште чине 1.169,93 ha или 94,39% од укупне површине државног поседа Газдинске јединице, док преосталих 5,61% или 69,50 ha чини остало земљиште.

Од укупне површине Газдинске јединице која је под шумом и шумским земљиштем, шуме заузимају 96,34%, шумске културе 0,66% и шумско земљиште 3,00%.

ГЈ „Јанок“, као и цео простор Фрушке горе, одликује се израженим рељефом, разноликошћу геоморолошких карактеристика са различитим серијама и типовима земљишта на њима, високом вредношћу чулног дејства, богатством флоре и фауне, шароликим пејзажима и снажним естетским утиском.

У складу са глобалном наменом подручја Фрушке горе и специфичностима њених појединих делова, извршено је и функционално рангирање простора газдинске јединице „Јанок“, при чему су дефинисана два режима заштите и коришћења:

- 17 – глобална намена - национални парк,
- 59 – национални парк - режим заштите II степена,
- 60 – национални парк - режим заштите III степена.

Табела 3: Наменске целине у ГЈ „Јанок“

Основна намена	P	P	V	V	V/ha	Iv	Iv	Iv/ha	Iv/V*100
	[ha]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
59	1.018,83	89,8	302.880,2	93,5	297,3	5.841,8	91,6	5,7	1,9
60	116,02	10,2	20.993,9	6,5	181,0	537,9	8,4	4,6	2,6
УКУПНО	1.134,85	100,0	323.874,1	100,0	285,4	6.379,7	100,0	5,6	2,0

Када је у питању стање шума по пореклу, на нивоу ГЈ „Јанок“ састојине се разврставају на: високе, вештачки подигнуте и изданачке састојине. Најзаступљеније су изданачке састојине са учешћем од 95,7% (изданачке састојине меких лишћара - 64,6% и изданачке састојине тврдых лишћара -

31,1%), затим вештачки подигнуте састојине са 3,5%, а најмање су заступљене високе састојине са свега 0,8%.

По степену очуваности преовлађују очуване састојине са 95,8%, затим разређене састојине са 3,3% док девастираних састојина име свега 0,9%.

На подручју ГЈ „Јанок“ преовлађују мешовите састојине које су заступљене са 79,5% у односу на чисте којих има 20,5%.

Најзаступљенија врста дрвећа је сребрна липа са учешћем у запремини од 53,9%, затим цер са учешћем од 29,0%, граб са 4,3%, ОТЛ са 2,7%, док остале врсте дрвећа чине око 10% учешћа у запремини. Оваква доминантна заступљеност аутохтоних врста и минимално учешће унетих врста може се оценити повољном са гледишта биолошке стабилности ових шума.

Према дебљинској структури, најзаступљенија су стабла пречника од 31-50 cm (50,8% у укупној запремини), затим стабла пречника до 30 cm (40,0%) и следе стабла са пречником преко 51 cm са учешћем од 9,3%.

#### **4.2.1.4. ГЈ „Гвоздењак – Лице“**

Шуме Газдинске јединице „Гвоздењак – Лице“ налазе се у источном делу планинског венца Фрушке горе и састоји се из две веће целине – Гвоздењака и Лица. Газдинску јединицу окружују сеоска насеља Ердевик, Љуба, Бингула и Дивош. Површина ГЈ „Гвоздењак – Лице“ износи 1.516,09 ha, при чем шуме и шумско земљиште чине 1.465,43 ha (96,7%), а остало земљиште заузима 50,66 ha (3,3%).

На подручју ГЈ „Гвоздењак – Лице“ налазе се два слива, и то:

1. слив Ердевичког језера, и
2. слив потока Косаче.

У складу са глобалном наменом подручја Фрушке горе, на подручју ове Газдинске јединице налазе се две наменске целине. Заступљеност појединих

наменских целина по површини, запремини и запреминском прирасту приказана је у наредној табели:

Табела 4: Наменске целине у ГЈ „Гвоздењак-Лице“

Основна намена	P	P	V	V	V/ha	Iv	Iv	Iv/ha	Iv/V*100
	[ha]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
59	1.314,64	91,2	354.817,2	93,8	269,9	7.013,1	92,1	5,3	2,0
60	127,56	8,8	23.582,7	6,2	184,9	598,0	7,9	4,7	2,5
УКУПНО	1.442,20	100,0	378.399,9	100,0	262,4	7.611,1	100,0	5,3	2,0

Када је реч о стању састојина ГЈ „Гвоздењак – Лице“ према пореклу, јасно је да су претежно заступљене изданачке шуме и оне заузимају 71,2% укупне површине под шумом. Вештачки подигнуте састојине чине 23,8%, а високе састојине 5,1% од укупне површине под шумом.

Према степену очуваности, најзаступљеније су очуване састојине које заузимају површину од 1.280,62 ha или 88,8%, док разређене састојине чине 11,2% површине под шумом, односно заузимају 161,58 ha.

Шумама ове Газдинске јединице, према учешћу врста дрвећа, доминирају мешовите састојине (87%).

Најзаступљенија врста дрвећа је сребрнолисна липа који учествује са 52,7% по површини, затим следи цер (20,8%), лужњак (8,1%), граб (4,0%), багрем (3,2%) и др.

Према дебљинској структури, највеће учешће је средње јаког материјала (пречници од 31 до 50 cm) – 48,8%, затим танког материјала (пречници до 30 cm) – 39,8%, док јак материјал (пречници преко 50 cm) учествује са 11,4%.

#### 4.2.1.5. ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“

Газдинска јединица „Ворово – Липовача – Шидско церје“ налази се на западним обронцима Фрушке горе, а чине је три шумске целине од којих је највећа Ворово, а знатно мање су Липовача и Шидско церје. Комплекс Липовача и Шидско церје чине мање просторно одвојене целине енклавиране

у пољопривредном земљишту. Површина ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“ износи 2.280,61 ха. Шуме и шумско земљиште чине 2.125,51 ха или 93,20%, остало земљиште 155,10 ха или 6,80%. Газдинском јединицом газдује радна јединица заштите и унапређивања „Ердевик“.

Због реституције унутар ове Газдинске јединице, односно враћања дела површина манастиру Привина глава, дошло је до измена површине Газдинске јединице у односу на претходни уређајни период, али и до промена у номенклатури одељења и припадања одсека одређеном одељењу. Манастиру је враћено 262,63 ха шума и шумског земљишта, и 88,9 ха осталог земљишта.

У односу на приоритет остваривања појединих функција и потребу решења конфликта међу њима, простор Газдинске јединице „Ворово – Липовача – Шидско церје“ издељен је на следеће наменске целине:

- 59 – национални парк - режим заштите II степена,
- 60 – национални парк - режим заштите III степена.

Заступљеност појединих наменских целина по површини, запремини и запреминском прирасту приказана је у наредној табели:

Табела 5: Наменске целине у ГЈ „Ворово-Липовача- Шидско церје“

Основна намена	P	P	V	V	V/ha	Iv	Iv	Iv/ha	Iv/V*100
	[ha]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
59	356,23	17,4	114.031,2	19,7	320,1	2.148,1	18,8	6,0	1,9
60	1.689,46	82,6	466.203,1	80,3	275,9	9.277,3	81,2	5,5	2,0
УКУПНО	2.045,69	100,0	580.234,3	100,0	283,6	11.425,5	100,0	5,6	2,0

Према пореклу састојине, у ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“ највише су заступљене изданачке састојине (69,0% по површини и 70,9% по запремини), затим вештачки подигнуте састојине (27,3% по површини и 25,5% по запремини), високе састојине (3,6% по површини и 3,7 % по запремини), а најмање су заступљене шикаре (0,1% по површини).

Када је у питању стање шума према очуваности, највеће учешће је очуваних састојина (88,2% по површини и 89,0% по запремини), затим

разређених састојина (10,6% и по површини и по запремини), а најмање учешће је девастираних састојина (1,2% по површини и 0,4% по запремини).

Према стању шума по мешовитости, веће је учешће мешовитих састојина у односу на чисте. Учешће мешовитих састојина износи 75,2% по површини и 80,1% по запремини, док је учешће чистих састојина 24,8% по површини и 19,9% по запремини.

Као и у већем делу Фрушке горе, најзаступљенија врста дрвећа је сребрна липа која учествује са 47,8% у укупној запремини, следи цер са 20,3% учешћа, лужњак са 7,3%, багрем са 6,0%, граб са 4,0%, црни бор са 3,5%, китњак са 2,5%, црни орах са 2,3%, ОТЛ са 1,3%, ситнолисна липа са 1,2%, клен са 1,1%, док остале врсте појединачно учествују са мање од 1% у запремини.

У погледу дебљинске структуре, учешће стабала са пречником до 30 cm је 32,4% по запремини, учешће стабала са пречником од 31 до 50 cm је 53,7%, а учешће стабала пречника преко 51 cm је 13,9%.

На подручју Газдинске јединице налази се ограђено ловиште – резерват „Ворово“ на површини од 1.750 ha, које обухвата скоро читав истоимени комплекс под шумом. У ловишту се гаје јелен лопатар, муфлон и дивља свиња.

#### **4.2.2. Режији заштите**

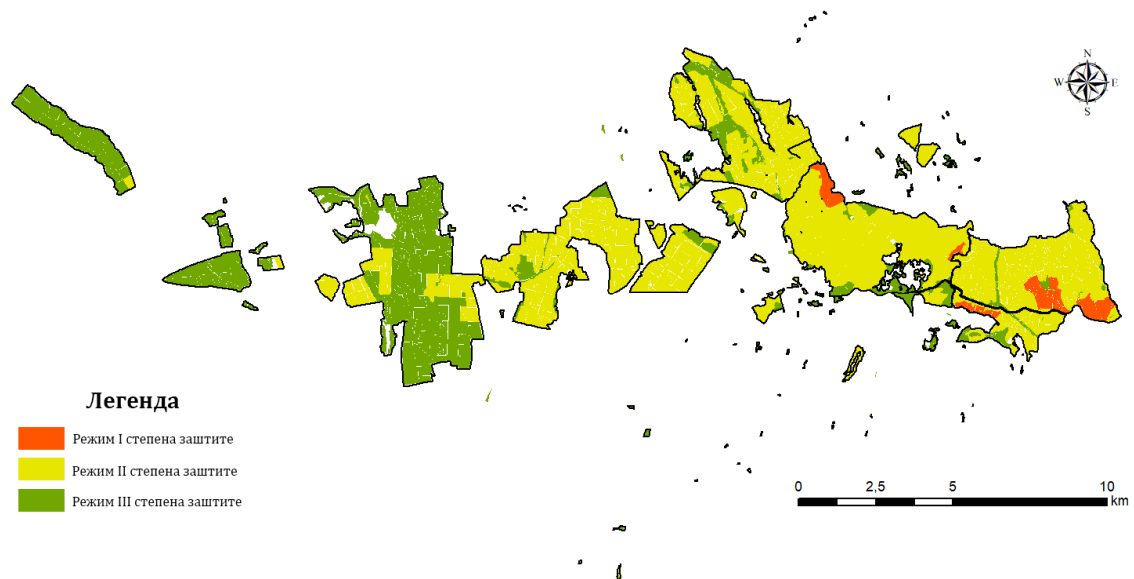
По дефиницији, национални парк је подручје са већим бројем разноврсних природних екосистема од националног значаја, истакнутих предеоних одлика и културног наслеђа у коме човек живи усклађено са природом, намењено очувању постојећих природних вредности и ресурса, укупне предеоне, геолошке и биолошке разноврсности, као и задовољењу научних, образовних, духовних, естетских, културних, туристичких, здравствено-рекреативних потреба и осталих активности у складу са начелима заштите природе и одрживог развоја (*Zakon o zaštiti prirode, 2016*). У националном парку дозвољене су радње и делатности којима се не угрожава изворност природе, као и обављање делатности које су у функцији образовања, здравствено-рекреативних и туристичких потреба, настава



традиционалног начина живота локалних заједница, а на начин којим се не угрожава опстанак врста, природних екосистема и предела, у складу са овим законом и планом управљања који доноси управљач.

Газдовање шумама у оквиру националних паркова има низ специфичности које произилазе из флористичке, геоморфолошке, хидролошке, културно-историјске и друге разноврсности, реткости, а тиме и из изузетне вредности простора који покривају, као и због различитих, међусобно сучељених и глобалној намени често конфликтних интереса и захтева. У циљу очувања и унапређења поменутих вредности установљавају се одређени режими заштите, који делују ограничавајуће, али и усмеравајуће у газдинском смислу, чинећи тако газдовање шумама националних паркова специфичним и комплексним.

Заштита и одрживо коришћење Националног парка спроводи се према Плану управљања Националним парком за период од десет година и другим актима донетим на основу закона, којим се уређује заштита природе. На подручју Националног парка утврђују се режими заштите I, II и III степена, на које се примењују забране и ограничења радова и активности, утврђене Планом управљања и прописима којима се уређује заштита природе. На подручју Националног парка, забрањује се изградња објеката која је у супротности са просторним планом подручја посебне намене. Заштита и унапређивање флоре, фауне (посебно ловне и риболовне) и вегетације, шума и вода, планирање коришћења и коришћење природних ресурса и простора, уређивање грађевинског и пољопривредног земљишта у Националном парку, спроводи се према посебним плановима, програмима, основама и пројектима, у складу са овим и другим посебним законима, као и Планом управљања.



Карта 3: Режији заштите у истраживаном подручју Националног парка „Фрушка гора“

У функционалном реонирању простора полазило се од познатих еколошких критеријума при планирању газдовања шумама, а у складу са Просторним планом Републике Србије, регионалним Просторним планом, актуелним законским актима и уредбама о проглашењу заштићених објеката природе (*Основа газдовања шумама за ГП „Јанок“*). У складу са претходним констатацијама, све шуме на нагибу већем од 25% сматрају се заштитним шумама земљишта. У ову категорију спадају и сви типови шума на парарендзинама на лесу.

#### 4.2.2.1. Режим заштите I степена

Режим заштите I степена – строга заштита, спроводи се на заштићеном подручју или његовом делу са изворним или мало измењеним екосистемима изузетног научног и практичног значаја, којом се омогућавају процеси природне сукцесије и очување станишта и животних заједница у условима дивљине. Режим заштите I степена (*Zakon o zaštiti prirode, 2016*):

1. забрањује коришћење природних ресурса и изградњу објеката;
2. ограничава радове и активности на научна истраживања и праћење природних процеса, контролисану посету у образовне, рекреативне и општекултурне сврхе, као и спровођење заштитних, санационих и

других неопходних мера у случају пожара, елементарних непогода и удеса, појава биљних и животињских болести и пренамножавања штеточина, уз сагласност Министарства.

На истраживаном подручју дефинисано је пет локалитета који припадају режиму заштите I степена, а то су:

1. Локалитет „Папратски до“ – површине 71,35 ха, налази се у ГЈ „Равне“ (3808) и обухвата одељења 5 (одсеке а, b, d, и е), 6 (одсеке с, d, е, f, и h), 7 (одсеке а и b) и 8 (одсеке а и b),
2. Локалитет „Лежимир“ – површине 28,93 ха, налази се у ГЈ „Равне“ (3808) и обухвата одељења 41 (одсеке j, k, l и m) и 42 (одсеке f и g),
3. Локалитет „Равне“ – површине 95,69 ха, налази се у ГЈ „Равне“ (3808) и обухвата одељења 18 (одсеке е, f, g, h и i), 19 (одсеке b, c, d, е и f), 20 (одсек с) и 21 (одсеке а, b и с),
4. Локалитет „Биклав“ – површине 11,09 ха, налази се у ГЈ „Биклав“ (3809) и обухвата одсеке а и с у другом одељењу, и
5. Локалитет „Јанок – Кишелез“ – површине 62,15 ха, налази се у ГЈ „Биклав“ (3809) и обухвата одељења 26 (одсеке а, b, c, d, е, f и g), 27 (одсеке а, b, c и чистину 1) и 28 (одсек d).

#### **4.2.2.2. Режим заштите II степена**

Режим заштите II степена – активна заштита, спроводи се на заштићеном подручју или његовом делу са делимично измењеним екосистемима великог научног и практичног значаја и посебно вредним пределима и објектима геонаслеђа. У II степену заштите могу се вршити управљачке интервенције у циљу рестаурације, ревитализације и укупног унапређења заштићеног подручја, без последица по примарне вредности њихових природних станишта, популација, екосистема, обележја предела и објеката геонаслеђа, обављати традиционалне делатности и ограничено користити природни ресурси на одржив и строго контролисан начин. Према *Zakonu o zaštiti prirode (2016)*, режим заштите II степена:

1. забрањује изградњу индустријских, металуршких и рударских објеката, асфалтних база, рафинерија нафте, као и објеката за складиштење и продају деривата нафте и течног нафтног гаса, термоелектрана и ветрогенератора, лука и робно-трговинских центара, аеродрома, услужних складишта, магацина и хладњача, викендица и других породичних објеката за одмор, експлоатацију минералних сировина, тресета и материјала речних корита и језера, преоравање природних травњака, привредни риболов, уношење инвазивних алохтоних врста, изградњу објеката за рециклажу и спаљивање отпада и образовање депонија отпада;
2. ограничава регулацију и преграђивање водотока, формирање водоакумулација, мелиорационе и друге хидротехничке радове, изградњу хидроелектрана, соларних електрана и електрана на био-гас, објеката туристичког смештаја, угоститељства, наутичког туризма и туристичке инфраструктуре и уређење јавних скијалишта, изградњу објеката саобраћајне, енергетске, комуналне и друге инфраструктуре, стамбених и економских објеката пољопривредних газдинстава, традиционално коришћење камена, глине и другог материјала за локалне потребе, изградњу рибњака, објеката за конвенционално гајење домаћих животиња и дивљачи, риболов, лов, сакупљање гљива, дивљих биљних и животињских врста, газдовање шумама и шумским земљиштем, формирање шумских и пољопривредних монокултура, уношење врста страних за дивљи биљни и животињски свет регије у којој се налази заштићено подручје и примену хемијских средстава.

Површине са режимом заштите II степена, обухватају следећа одељења и одсеке у газдинским јединицама које су предмет истраживања:

1. ГЈ „Равне“ (3808) – одељење 1, одсеци а, b, c, d и е; одељење 2, одсеци а, b, c, d, е, f и g; одељење 3, одсеци а и b и чистина 2; одељење 4, одсеци а, b, c, d, е, f, g, h, i, j, k и l; одељење 5, одсек c и чистина 1; одељење 6, одсеци а, b и g и чистина 2; одељење 7, одсек c; одељење 8, одсек d и

чистина 1; одељење 9, одсеци a, b, c, d, e и f и чистина 1; одељење 10, одсеци a, b, c, d и e и чистина 1; одељење 11, одсеци a, b, c, d, e, f, g, h, i и j и чистине 1 и 2; одељење 12, одсеци a, b, c, d, e и f и чистине 1 и 2; одељење 13, одсеци a, b и c и чистина 1; одељење 14, одсеци a, b и c и чистина 1; одељење 15, одсеци a, b и c и чистина 1; одељење 16, одсеци a, b, c, d, e, f, g и h и чистине 1, 2, 3 и 4; одељење 17, одсеци a, b, c, d, e, f, g, h, i и j и чистина 1; одељење 18, одсеци a, b, c и d; одељење 19, одсек a; одељење 20, одсеци a, b и d и чистина 4; одељење 22, одсеци a, b и c и чистина 1; одељење 23, одсеци a, b, c, d, e, f, g, h и i и чистина 1; одељење 24, одсеци a, b, c, d и e део и чистина 1; одељење 25, одсеци a, b, c, d, e, f, g и h и чистина 1; одељење 26, одсеци a, b, c, d, e, f и g и чистина 1, 2 и 3; одељење 27, одсеци a, b, c и d и чистина 1; одељење 28, одсеци a, b, c, d, e, f и g и чистина 1; одељење 29, одсеци c, d, e, f и g и чистина 3; одељење 30, одсеци a, b и c и чистина 3; одељење 31, одсеци a део, b, c, d, g и h и чистина 3; одељење 32, одсеци a, b, c, d и e и чистина 1; одељење 33, одсеци a, b, c и d и чистина 1; одељење 34, одсеци b, c и e и чистина 3; одељење 35, одсеци b, c, d, e, g и h и чистине 2 и 3; одељење 36, одсеци a и b и чистина 1; одељење 37, одсеци a и b и чистина 1; одељење 38, одсеци a, b, c, d и e и чистина 1; одељење 39, одсеци a, b, c и d и чистина 2; одељење 40, одсеци a, b, c, d, e, f, g и h и чистина 2; одељење 41, одсеци b, c, d, e, f, g, h, i, n, o, p, q, r и s и чистине 2 и 3; одељење 42, одсеци a, b, c, d и e и чистине 3 и 4; одељење 43, одсеци a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l и m и чистина 3; одељење 44, одсеци a, b, c, d, e, f, g и h и чистина 3; одељење 45, одсеци a, b, c, d, e, f, g, h, i и k и чистина 3; одељење 46, одсеци a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l и m и чистине 1 и 2; одељење 47, одсеци a, c, d, e и f; одељење 48, одсеци a, b, c и d.

2. **ГЈ „Биклав“ (3809)** – одељење 1, одсеци a, b, c, d, e, f, g, h и i, и чистине 1 и 2; одељење 2, одсеци b, d, e и f и чистине 1 и 2; одељење 3, одсеци a, b, c и d и чистине 1 и 2; одељење 4, одсеци a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k и l и чистине 1, 2 и 3; одељење 5, одсеци a и b и чистине 1 и 2; одељење 6, одсеци a, b, c, d, e, f, g, h и i, и чистина 1; одељење 7, одсеци a, b, c, d и e и чистина 2; одељење 8, одсеци a, b и c и чистине 3, 4 и 5; одељење 9,

одсеци а, в, с и d и чистине 1 и 2; одељење 10, одсеци а, в, с и d и чистине 1 и 2; одељење 11, одсеци а, в, с и d и чистина 1; одељење 12, одсеци а, в, с, d, е, f и g и чистине 1 и 2; одељење 13, одсеци а, в, с, d и е и чистине 1, 2 и 3; одељење 14, одсеци а, в, с, d и е и чистине 1 и 2; одељење 15, одсеци а, в, с, d и е и чистина 1; одељење 16, одсеци а, в, с и d и чистине 1, 2 и 3; одељење 17, одсеци в, с, d, е, f и g и чистине 1 и 2; одељење 18, одсеци а и с; одељење 19, одсеци в, с, d, е, f, g, h, i, j и k и чистина 1; одељење 22, одсеци а, в, с и d и чистина 1; одељење 23, одсеци а, в, с, d, е и f и чистине 1 и 2; одељење 24, одсеци а, в и с и чистине 1 и 2; одељење 25, одсеци а, в, с и d и чистине 1 и 2; одељење 28, одсеци а, в, с и е и чистине 1 и 2; одељење 29, одсеци а, в, с и d и чистине 1 и 2; одељење 30, одсеци а, в, с и d и чистине 1 и 2; одељење 31, одсеци а, в и с и чистине 1 и 2; одељење 32, одсеци а, в, с и d и чистине 1 и 2; одељење 33, одсеци а, в и с и чистина 1; одељење 34, одсек в; одељење 35, одсеци а, в, с, d, е, f и g и чистина 1; одељење 36, одсеци а, в, с, d, е и f и чистине 1 и 2; одељење 37, одсеци а, в, с, d, е, f и g и чистине 1 и 2; одељење 38, одсеци а, в, с, d, е, f и g и чистине 1, 2, 3 и 4; одељење 39, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h, i, j и k и чистине 1 и 2; одељење 40, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h и i и чистине 3 и 4; одељење 41, одсеци а, в, с, d, е, f, g и i и чистине 2 и 3; одељење 43, одсеци в, с и d и чистина 2; одељење 44, одсеци d, е и f; одељење 46, одсеци а, в, с, d и е; одељење 47, одсеци а, в, с, d, е, f и g; одељење 48, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h, i и j и чистина 8.

3. **ГЈ „Јанок“ (3810)** – одељење 1, одсеци а, в, с, d, е и f; одељење 2, одсеци а, в, с, d, е и f и чистине 1 и 2; одељење 3, одсеци а, в, с, d, е, f, g и h и чистина 1; одељење 4, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h, i, j, k, l и m и чистине 1 и 2; одељење 5, одсеци а, в, с, d и е и чистина 1; одељење 6, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h и j; одељење 8, одсеци в, с, d, е и g; одељење 9, одсеци а, в и с и чистине 1 и 2; одељење 10, одсеци в, с, d, е, f, g и h и чистине 1 и 2; одељење 11, одсеци а, в, с, d, е, f и g и чистина 1; одељење 12, одсеци а, в, с, d и е и чистине 1 и 2; одељење 13, одсеци а, в и с и чистина 1; одељење 14, одсеци а, в, с, d, е, f и g и чистине 1 и 2; одељење 15, одсеци а, в, с, d и е и чистине 3 и 4; одељење 16, одсеци а, в, с и d и чистина 1;

одељење 17, одсеци а и в и чистине 3 и 4; одељење 18, одсеци а, в, с, d, е, f и g и чистине 3 и 4; одељење 19, одсеци а, в, с, d, е и f и чистина 2; одељење 20, одсеци а, в и с и чистина 2; одељење 21, одсеци а, в, с и d и чистине 3 и 4; одељење 22, одсеци а, в и с и чистине 2 и 3; одељење 23, одсеци а, в, с, d, е, f и g и чистине 2 и 3; одељење 24, одсеци а, в и с и чистина 6; одељење 25, одсеци а, в, с, d, е, f и g део и чистина 1; одељење 26, одсеци а, в, с и е и чистине 3 и 4; одељење 28, одсеци а, в, d, е и f и чистина 1; одељење 29, одсеци а, в, с, d и е и чистине 1 и 8; одељење 30, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h, i и j и чистина 2; одељење 31, одсеци а, в, с, d и е и чистина 1; одељење 32, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h, i и j и чистина 1; одељење 33, одсеци а, в и с и чистина 2; одељење 34, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h и i и чистине 2, 3 и 4; одељење 35, одсеци а, в, с и d.

4. **ГЈ „Гвоздењак – Лице“ (3811)** – одељење 1, одсеци в, с део, d, е, f, g, h, i, j, k, l, m и n и чистина 1; одељење 2, одсеци а, в, с, d, е, f и g и чистина 1; одељење 3, одсеци а, в, с и d и чистина 1; одељење 4, одсеци а, в, с и d и чистина 1; одељење 5, одсеци а, в, с, d и е и чистина 1; одељење 6, одсеци а, в, с, d, е, f, g и h и чистина 1; одељење 7, одсеци а, в, с, d и е и чистина 1; одељење 8, одсеци а, в, с и d и чистина 3; одељење 9, одсеци а, в, с, d, е и f и чистина 1; одељење 10, одсеци в, с, d, е, f, g, h и i, и чистина 3; одељење 12, одсеци а и в и чистина 1; одељење 13, одсеци d, е, f, g и h и чистине 1 и 2; одељење 14, одсеци с, d и е и чистина 1; одељење 15, одсеци в и с и чистина 1; одељење 16, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h, i, j, k, l, m и n и чистине 1 и 2; одељење 17, одсеци а, в, с, d, е, f, g и h и чистина 1; одељење 18, одсеци а, в, с, d, е и f и чистина 1; одељење 19, одсеци а, в, с, d, е, f, g и h и чистине 1 и 2; одељење 20, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h, i, j, k, l и m и чистине 1, 2 и 3; одељење 21, одсеци d, е, f и g и чистина 1; одељење 22, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q и r и чистине 2 и 3; одељење 23, одсеци а, в, с, d, е, f, g и h и чистине 1 и 2; одељење 24, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h и i, и чистине 1, 7 и 8; одељење 25, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h, i, j и k и чистине 2 и 3; одељење 26, одсеци а, в, с, d, е, f, g и h и чистине 1 и 2; одељење 27, одсеци а, в, с и d и чистине 1 и 2; одељење 28, одсеци а, в, с и d и чистина 1; одељење 29, одсеци а, в, с, d, е и f и

чистине 1, 2 и 3; одељење 30, одсеци а, в, с, d и е и чистина 1; одељење 31, одсеци а, в, с, d, е, f и g и чистине 1 и 2; одељење 32, одсеци а, в, с, d, е и f и чистине 1 и 2; одељење 33, одсеци а, в, с и d и чистине 1 и 2; одељење 34, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h, i, j, k, l, m и n и чистине 1 и 2; одељење 36, одсеци а, в, с, d, е, f, g и h и чистине 1 и 2; одељење 37, одсеци а, в, с, d, е, f, g и h и чистине 1 и 2; одељење 38, одсеци а, в, с и d и чистине 1 и 2; одељење 39, одсеци а, в, с, d и е и чистина 1; одељење 40, одсеци а, в, с, d, е, f, g и i, и чистина 1; одељење 41, одсеци а, в, с, d, е, f, g и i, и чистине 1 и 2; одељење 42, одсеци а, с, d и е и чистина 1; одељење 43, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h и i, и чистине 2 и 3; одељење 44, одсек в и чистина 1; одељење 45, одсеци а, в, с, d, f, g, h и i, и чистине 1 и 2; одељење 46, одсеци а, в, с, d, е и f и чистине 1 и 2; одељење 47, одсеци а, в, с, d, е, f и g и чистине 1 и 2; одељење 48, одсеци а, в, d, е, f, g, h, i, j, k, l и m и чистине 1 и 2; одељење 49, одсеци а, в, с, d, е, f, g, l и m; одељење 50, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h и i, и чистине 1, 2 и 3; одељење 51, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h, i, k, l, m и n и чистине 6 и 7; одељење 52, одсеци а, в, е, f, g, h, i, j, k, l, q и r; одељење 53, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h, i, j, k и l и чистине 1 и 2; одељење 54, одсеци с, d, f, g, h, i, j, k и l и чистине 2 и 3.

5. **ГЈ „Липовача – Ворово – Шидско церје“ (3812)** – одељење 1, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h, i, j и k и чистина 2; одељење 2, одсеци а, в, с и d и чистине 2 и 3; одељење 7, одсеци а, в, с и d и чистине 1 и 2; одељење 10, одсеци а, в, с, d, е, f, g, h, i, j и k и чистине 4 и 5; одељење 14, одсек с; одељење 15, одсеци а, в, с, d, е, f и g и чистине 3 и 4; одељење 34, одсеци а, в, с и d и чистине 1 и 2; одељење 35, одсеци а, в, с и d и чистине 1 и 2; одељење 37, одсеци а, в и с и чистине 1 и 2; одељење 38, одсеци а, в, с, d и е и чистине 1 и 2; одељење 39, одсеци а, в, с, d и е и чистине 1 и 2; одељење 53, одсек g; одељење 55, одсеци а, в, с, d, е и f и чистине 1 и 2; одељење 60, одсеци f и g; одељење 61, одсек в.

#### **4.2.2.3. Режим заштите III степена**

Режим заштите III степена – проактивна заштита, спроводи се на заштићеном подручју или његовом делу са делимично измењеним и/или



измењеним екосистемима, пределима и објектима геонаслеђа од научног и практичног значаја. У III степену заштите могу се вршити управљачке интервенције у циљу рестаурације, ревитализације и укупног унапређења заштићеног подручја, развој села и унапређење сеоских домаћинстава, уређење објеката културно-историјског наслеђа и традиционалног градитељства, очување традиционалних делатности локалног становништва, селективно и ограничено коришћење природних ресурса и простора уз потребну инфраструктурну и другу изградњу. Режим заштите III степена (*Zakon o zaštiti prirode, 2016*):

1. забрањује изградњу рафинерија нафте и објеката хемијске индустрије, металуршких и термоенергетских објеката, складишта нафте, нафтних деривата и природног гаса, уношење инвазивних алохтоних врста и образовање депонија;
2. ограничава изградњу других индустријских и енергетских објеката, асфалтних база, објеката туристичког смештаја и јавних скијалишта, инфраструктурних објеката, складишта индустријске робе и грађевинског материјала, викендица, експлоатацију и примарну прераду минералних сировина, образовање објеката за управљање отпадом, изградњу насеља и ширење њихових грађевинских подручја, лов и риболов, формирање шумских и пољопривредних монокултура, примену хемијских средстава и друге радове и активности који могу имати значајан неповољан утицај на природне и друге вредности заштићеног подручја.

Режими заштите и границе делова заштићеног подручја са различитим режимима заштите утврђени су актом о проглашењу заштићеног подручја на основу студије заштите. Режим заштитне зоне заштићеног подручја забрањује и ограничава радове и активности за које се (у поступку утврђеним законом и другим прописима) утврди да могу имати значајан неповољан утицај на биолошку разноврсност, вредности геонаслеђа и предела тог заштићеног подручја.

Влада РС ближе прописује режиме заштите, поступак и начин њиховог одређивања и објекте, радове и активности који су забрањени или ограничени. Према *Zakonu o zaštiti prirode (2016)* у националном парку могу се, у складу са посебним законом, забранити радови и активности који су режимима заштите ограничени.

#### 4.2.3. Саобраћајна инфраструктура

Фрушка гора има изузетно повољан географски положај, посебно у смислу туристичких кретања. Налази се на ободу <редње-европског простора, на смеру паневропског коридора, у Подунављу и у близини међународног аеродрома.

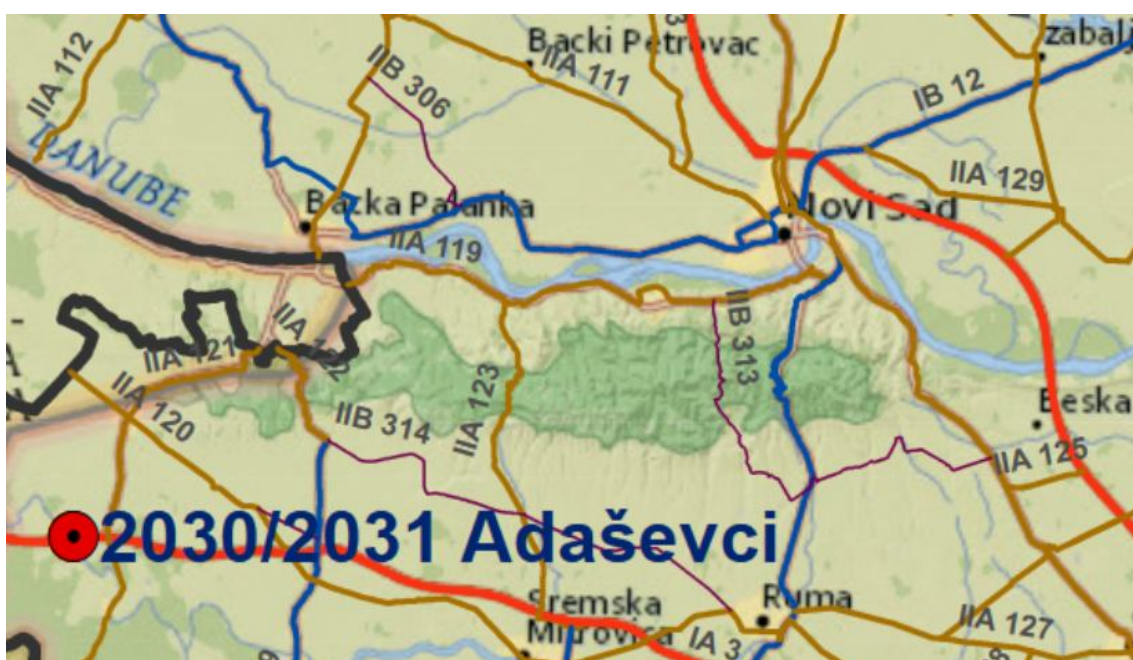
У непосредној близини Националног парка „Фрушка гора“ пролазе државни путеви IA реда:

1. A1 – државна граница са Мађарском (гранични прелаз Хоргош)-Нови Сад-Београд-Ниш-Врање-државна граница са Македонијом (гранични прелаз Прешево), и
2. A3 – државна граница са Хрватском (гранични прелаз Батровци)-Београд.

Ипак, много већи значај за Национални парк имају државни путеви IB, IIА и IIВ реда, који директно пресецају простор Националног парка (*Uredba o kategorizaciji državnih puteva, 2013*):

1. IB 21 – Нови Сад-Ириг-Рума-Шабац-Коцелјева-Ваљево-Косјерић-Пожега-Ариље-Ивањица-Сјеница,
2. IIА 121 – државна граница са Хрватском (гранични прелаз Сот)-Шид-Адашевци-државна граница са БиХ (гранични прелаз Јамена),
3. IIА 122 – државна граница са Хрватском (гранични прелаз Љуба)-Ердевик,
4. IIА 123 – Свилош -Сремска Митровица (веза са државним путем 20), и
5. IIВ 313 – Раковац-Змајевац -Врдник -Ириг -Крушедол -Марадик - веза са државним путем 100.

Аутоматским бројањем саобраћаја које спроводи ЈП „Путеви Србије“ утврђено је да су путем Сремска Каменица – Ириг (Крушедол), у дужини од 14,9 km, током 2015. године дневно пролазила у просеку 8.266 возила, од чега су 750 чинила теретна возила са приколицама. На основу повременог аутоматског бројања саобраћаја установљено је да је путем ИА 121 (Сот – Шид) дневно пролазило 819 возила, од чега 32 теретна возила са приколицама, а методом повременог ручног бројања саобраћаја установљено је да је путем ИА 122 (Љуба – Ердевик), дневно пролазило 430 возила, од чега 17 теретних возила са приколицом (*Prosečan godišnji dnevni saobraćaj, 2016*).

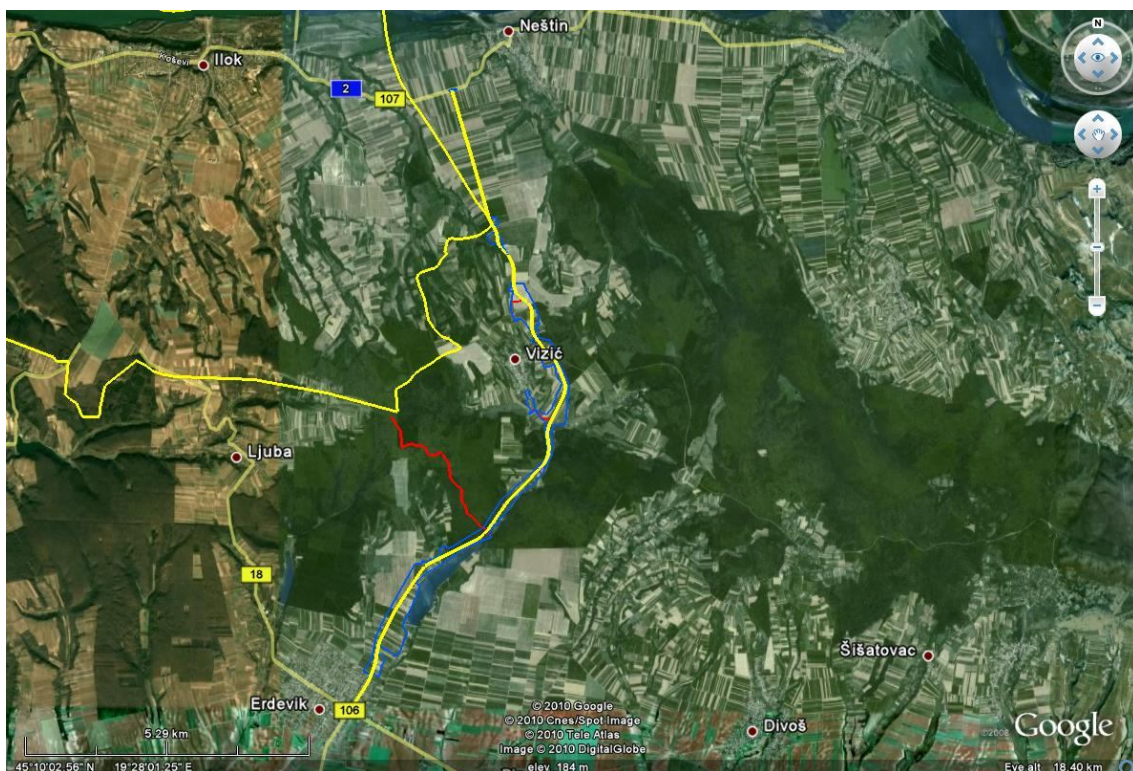


Карта 4: Карта државних путева на простору Национално парка „Фрушка гора“ (извор: ЈП „Путеви Србије“)

Поред постојећих државних путева, у плану је и изградња државног пута Нештин-Ердевик у дужини од 13,62 km. Значај овог пута, уз изградњу моста преко Дунава код Бачке Паланке, био би повезивање Мађарске и Босне и Херцеговине кроз простор Војводине (Бачки Брег – Бездан – Сомбор – Стапар – Оџаци – Бач – Бачка Паланка – Ердевик – Кузмин – Сремска Рача) уз заобилажење простора Хрватске кроз који пут тренутно пролази. Почетна тачка пута налази се на државном путу II реда, бр. 107 у непосредној близини Нештина. Пут пролази кроз село Визић и завршава се на постојећем општинском путу у Ердевику. Пут углавном прати постојеће општинске (пут

Нештин – Визић) и атарске путеве који се користе и за потребе шумарства. На основу *Plana detaljne regulacije za deonicu državnog puta br. 18, Neštin - Erdevik (2010)*, реализација пројекта планирана је за период између 2010. и 2012. године, међутим, градња наведеног пута још увек није започета.

Према наведеном плану, пут Нештин – Ердевик једним делом у дужини од око 3 km пролазиће и кроз ГЈ „Гвоздењак – Лице“ (бр. 3811) и при том ће раздвајати Гвоздењак (леви део ГЈ) од Лица (десни део ГЈ).



Карта 5: Планирана деоница државног пута бр. 18 – сателитски снимак (извор: ПДР Нештин – Ердевик, 2010)

Осим државних путева, на Фрушкој гори изграђена је и мрежа општинских путева. Као најважнији општински пут може се издвојити гребенски пут, тзв. Партизански пут, дугачак око 70 km, који је у надлежности шест општина.

Кроз део Фрушке горе који је предмет истраживања пролази неколико општинских путева, и то:

1. кроз ГЈ „Равне“ пролази Партизански пут, а њеном западном границом, тј. границом са ГЈ „Биклав“ пролази пут Лежмир – Свилош;
2. кроз ГЈ „Биклав“ такође пролази Партизански пут, а њеном источном границом, тј. границом са ГЈ „Равне“ пролази пут Лежмир – Свилош. Од Партизанског пута ка југу одваја се пут ка Дивошу, а јужном границом газдинске јединице протеже се пут од Дивоша до Старе Бингуле;
3. југозападни крак ГЈ „Јанок“, у дужини од свега 0,6 km, сече Партизански пут;
4. источни део ГЈ „Гвоздењак – Лице“ пресеца Партизански пут, а западну границу газдинске јединице додирује општински пут Ердевик – Љуба, који на једном делу чини границу са ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“;
5. кроз ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“ пролази пут Беркасово – Сот, као и део пута кроз Привину Главу.

Кроз подручје истраживања пролази регионална Бицикличка рута Срем, која се надовезује на међународну Дунавску бицикличку руту, а која је део европске *EuroVelo 6* руте. Бицикличка рута Срем састоји се од пет деоница, а за подручје истраживања значајне су три руте:

1. Главна рута (Шид – Банстол) – која полази од граничног прелаза са Хрватском у близини Шида, затим води кроз Кукујеvence, Ердевик, Бингулу и Дивош, а затим гребенским путем (тзв. Партизанским путем) води све до Банстола на источним обронцима Фрушке горе;
2. Крак Нештин (Нештин – Рохал базе) – рута полази од граничног прелаза са Хрватском у близини села Нештин, пролази кроз Визић и укључује се на Главну руту код Рохал база;
3. Спој 2 (R17 – Черевих) – деоница од Партизанског пута до Черевиха.

Прве две деонице бицикличке руте Срем прате јавне путеве са асфалтним коловозом, док трећа деоница прати гребенски пут са природним

коловозом који чини границу између газдинских јединица „Равне“ и „Андревље – Тестера – Хајдучки брег“.

На карти која следи дат је приказ бициклистичких рута са стањем коловозне површине. Под добром коловозном површином сматра се пут чија је коловозна површина без оштећења, солидна коловозна површина је она са мањим и недовољно санираним оштећењима, док је лоша коловозна површина она која је на већем делу оштећења и која угрожава стабилност бицикла (*Studija uspostavljanja regionalne Biciklističke rute Srem..., 2014*).



Карта 6: Просторни распоред бициклистичких рута са представом стања коловозне површине на бициклистичкој рuti Срем (извор: Студија успостављања регионалне бициклистичке руте Срем..., 2014)

## 5. МЕТОД РАДА

У фази планирања развоја мреже шумских путева највећи проблем није развој мреже у до сада неприступачним подручјима, већ је проблем изградња нових путева унутар постојеће мреже путева на подручјима недовољне отворености, као и превођење појединих влака и помоћних шумских путева у главне шумске путеве (Тушек & Pacola, 2005). При доношењу одлука где градити нове путеве на неком шумском подручју, потребно је прикупити велики број података о карактеристикама подручја, али и о тренутном квантитативном и квалитативном стању мреже шумских путева. Ови подаци представљају просторну информацију која се приказује коришћењем ГИС-а. Иако је ГИС снажан алат за руковање просторним подацима који нуди велике могућности за њихово приказивање и анализу, уочено је да примена само ГИС-а није довољна да обухвати комплексност проблема одређивања погодности земљишта за неку намену и непосредно допринесе меродавном доношењу одлука о томе како и где користити земљиште.

Проблем комплексности и обухватања економских, еколошких, социјалних, физичких и техничких фактора у оцени погодности површина за градњу шумских путева, могуће је решити комбиновањем ГИС-а и неких од вишекритеријумских алата.

### 5.1. Инвентура шумских путева

Инвентура примарне мреже шумских путева је иницијална фаза израде катастра шумских путева. Ова фаза подразумева попис свих путева који се протежу кроз газдинску јединицу или се налазе у њеној непосредној близини и имају утицај на њену отвореност.

Поступку спровођења инвентуре шумских путева претходи израда плана снимања, односно анализа постојећих карата са уцртаном мрежом

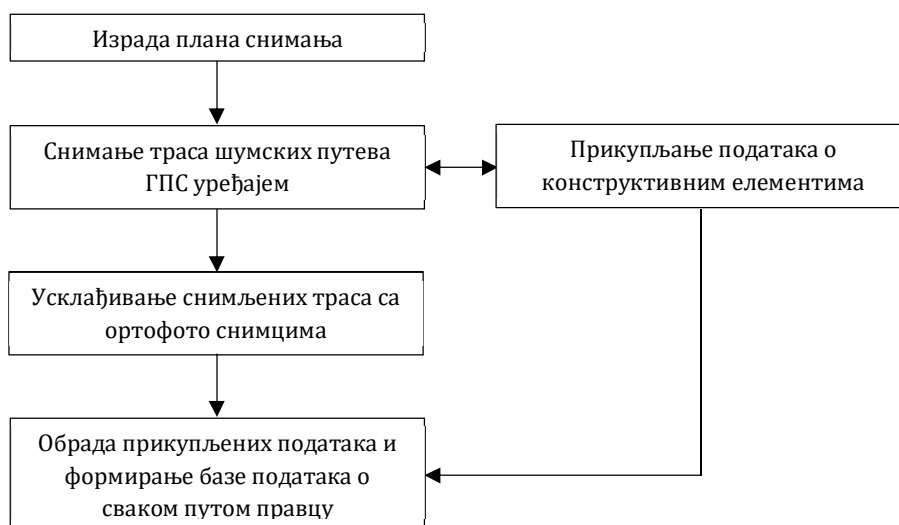
шумских путева, избор опреме за снимање, припрема ГПС уређаја и избор одговарајуће пројекције, припрема *shapefile*-ова и формулара за унос података, избор времена снимања и др.

Основна фаза инвентуре шумских путева јесте снимање траса шумских путева ГПС уређајем. За снимање траса најчешће се користе ручни ГПС уређаји. Због грешака које могу настати током снимања ГПС уређајем, препорука је да се обави тзв. повратно снимање, тј. да се изврши снимање у оба правца. Тресе шумских путева снимају се у виду полилиније састављене од сегмената дужине 10 метара, тако да свака траса, односно деоница са израженим карактеристикама, представља један објекат.

Упоредо са снимањем тресе шумског пута, врши се и прикупљање података о конструктивним елементима шумског пута, што се бележи у табели атрибута. Основни елементи које је потребно евидентирати јесу ширина планума пута, ширина коловоза, врста коловозне конструкције, стање коловозне конструкције, стање система за одвођење вода и др. Поред тога, кључно је извршити картирање свих деоница тресе које по конструктивним елементима одступају од минималних техничких стандарда за шумске путева, а то су деонице за коловозом ужим од 3,0 m, кривинама полупречника мањег од 20 m (код серпентина полупречника мањег од 12 m), уздужним нагибом преко 12% и др. Уколико на одређеној траси не постоје овакви делови тресе, у поља предвиђена за унос података о критичним конструктивним елементима уноси се вредност 0 (нула).



На следећем дијаграму представљене су фазе рада при инвентури шумских путева:



Шема 3: Шематски приказ модела за спровођење инвентуре шумских путева

Обрада података снимљених ГПС уређајем спроводи се у неком од ГИС софтвера. Снимљене трасе шумских путева потребно је упоредити и ускладити са видљивим трасама на ортофото снимцима како би се просторни положај што прецизније одредио.

## 5.2. Катастар шумских путева

Могућност за једноставно чување и управљање просторним подацима, позиционирање објеката на терену и спровођење просторних анализа чине ГИС идеалним алатом за управљање информацијама о мрежи шумских путева. ГИС базу података о шумским путевима чине подаци прикупљени у процесу инвентуре шумских путева, подаци добијени накнадним анализама и општи подаци о називу пута, територијалној припадности, евентуалним ограничењима и сл. Прикупљени подаци бележе се у табели атрибута за сваки шумски пут, односно за сваку деоницу шумског пута према упутству из наредне табеле:

Табела 6: Табела атрибута за унос података у ГИС софтверу

Назив поља	Тип поља	Опис	Формат
REG_BROJ	Text	Регистарски број пута (нпр. <b>3808ŠP04A</b> )	текст – 9 карактера
GJ	Number	Број газдинске јединице по Кодном приручнику у којој се пут налази	број – 4 карактера
RB	Text	Редни број пута у ГЈ	текст – 2 карактера
NAZIV	Text	Локални назив пута	текст – 100 карактера
OPSTINA	Text	Општинска припадност пута или деоница пута	текст – 100 карактера
TOPONIM	Text	Топоним најближи средини пута	текст – 50 карактера
OGRANIC	DA	Постоји неки вид ограничења на путу (рампа, осовниско оптерећење и сл.)	текст – 2 карактера
	NE	Не постоји ограничење	
GOD_GRAD	Number	Година градње или последње реконструкције	број – 4 карактера
FUNKC_KAT	JN	Јавни пут без могућности употребе	текст – 2 карактера
	JO	Јавни пут са ограниченом употребом	
	VF	Вишефункционални пут	
	ŠP	Шумски пут	
	NK	Није класификовано	
KOL_KONSTR	S	Савремени коловоз	текст – 2 карактера
	T	Туцанички коловоз	
	P	Природни коловоз	
	NK	Није класификовано	
KOL_STANJE	BO	Без оштећења	текст – 2 карактера
	DO	Делимично оштећено	
	VO	Веома оштећено	
	NK	Није класификовано	
ODVODNJA	DA	Постоји изграђен систем за одвођење вода	текст – 2 карактера
	NE	Не постоји изграђен систем за одвођење вода	
FUNKC_ODV	DA	Систем је у функционалном стању	текст – 2 карактера
	NE	Систем није у функционалном стању	
L_UKUPNO	Number	Укупна дужина пута у km	број – 4 карактера
L_KROZGJ	Number	Дужина пута која пролази кроз газдинску јединицу	број – 4 карактера
L_GRANGJ	Number	Дужина пута која пролази границом газдинске јединице или је у њеној непосредној близини	број – 4 карактера
PLANUM	Number	Претежна ширина планума	број – 4 карактера

PLANUM_MIN	Number	Минимална ширина планума (наводи се уколико је испод 5 m)	број – 4 карактера
KOLOVOZ	Number	Претежна ширина коловоза	број – 4 карактера
KOLOV_MIN	Number	Минимална ширина коловоза (наводи се уколико је испод 3 m)	број – 4 карактера
R_MIN	Number	Наводи се полупречник уколико је мањи од 20 m за кружну кривину, односно 12 m за серпентину	број – 2 карактера
R_MIN_NO	Number	Број кружних кривина, односно серпентина са полупречником испод прописаног	број – 2 карактера
I_MAX	Number	Наводи се уздужни нагиб уколико је већи од 12%	број – 2 карактера
I_MAX_L	Number	Дужина пута са уздужним нагибом изнад прописаног	број – 3 карактера
NAPOМЕНА	Text	Све напомене које су битне за пут, а које нису претходно наведене	текст – 200 карактера
SNИМАС	Text	Име и презиме лица које је вршило прикупљање података	текст – 25 карактера
DATUM	Text	Датум прикупљања података	текст – 11 карактера

Унос података могуће је обавити и у софтверима *Microsoft Excel* или *Access*, или у неким сличним софтверима, а затим извршити повезивање са табелом атрибута у ГИС софтверу.

Ради формирања катастра шумских путева који би био примењив како за подручје Националног парка „Фрушка гора“, тако и за подручје читаве Србије, сваком путу који пролази кроз газдинску јединицу додељен је јединствени регистарски број. Регистарски број сачињен је од бројева и слова у форми **NNNN AA NN A** (нпр. 3808ŠP04A).

Прве четири цифре представљају број газдинске јединице по Кодном приручнику за информациони систем о шумама Републике Србије (*Banković & Medarević, 2003*), а у табели атрибута уноси се у поље *GJ*. Два слова иза броја газдинске јединице представљају функционалну категорију пута: *JN* – јавни пут који се не може користити за потребе шумарства (државни путеви IA и IB реда); *JO* – јавни пут који се може користити за потребе шумарства под ограниченим условима (државни путеви IIA и IIB реда); *VF* – пут са вишефункционалним карактером који се може користити и за потребе

шумарства (јавни општински путеви, атарски путеви, путеви на насипима за заштиту од поплава, други некатегорисани путеви); *ŠP* – шумски путеви – путеви грађени првенствено за потребе газдовања шумама. Наредна два броја представљају редни број пута у газдинској јединици који тече у континуитету, без обзира којој функционалној категорији пут припада. Последње слово представља део (деоницу) одређеног пута који се издваја по својим територијалним, техничким и/или функционалним карактеристикама.

Путевима који пролазе кроз газдинску јединицу или се налазе у њеној непосредној близини, без обзира на функционалну категорију, додељује се редни број у форми 01, 02, 03... Почетак и крај сваког пута, односно сваке деонице пута, биће обележени тачкама, а свака тачка носиће информацију о називу шумског пута и стационажи.

У табели атрибута, у поље *NAZIV* уписује се локални назив по коме је пут препознатљив, односно назив који је дат у основама газдовања. У поље *OPSTINA* уписује се територијална припадност одређеној општини, односно општинама, уколико се пут налази на територији више општина. С обзиром да локални називи путева понекад не одговарају називима на топографским картама, у поље *TOPONIM* уноси се топоним који је најближи геометријској средини пута. У поље *OGRANIC* са DA или NE наводи се да ли постоје ограничења у коришћењу пута. Ограничења су најчешће везана за путеве који нису грађени првенствено за потребе шумарства, као што су путеви на насипима за заштиту од поплава, локални путеви, путеви до приватних поседа и др. Ограничења на путевима представљена су вертикалном сигнализацијом (нпр. максимално дозвољено осовинско оптерећење), постављањем рампи и сл. У поље *GOD\_GRAD* уписује се година изградње пута или година последње реконструкције, уколико су овакви подаци доступни.

Путеви у газдинским јединицама, поред функционалне категорије о којој је горе било речи, подељени су и према врсти коловозне конструкције. У пољу *KOL\_KONSTR* врши се избор једног од наредних слова, које представља врсту коловозне конструкције: S – савремени коловози (обухвата

флексибилне и круте коловозне конструкције), *T* – туцанички коловози (обухвата коловозе са коловозним застором израђеним од дробљеног каменог агрегата – туцаника или шљунка и коловозе изграђене по систему макадам и телфорд), и *P* – природни коловози (обухвата коловозе без изграђеног савременог или туцаничког коловозног застора, односно коловозе формиране у природном материјалу). Поред врсте коловозне конструкције, веома битан податак је и стање коловозне конструкције, при чему је у пољу *KOL\_STANJE* понуђен избор између: *BO* – коловозна конструкција без оштећења, *DO* – делимично оштећена коловозна конструкција и *VO* – коловозна конструкција са веома израженим оштећењима.

Када је у питању систем за одвођење површинских вода, за сваки шумски пут најпре се констатује да ли систем уопште постоји, што се наводи избором *DA* или *NE* у пољу *ODVODNJA*, а затим се у пољу *FUNKC\_ODV* наводи да ли је систем у потпуној функцији или није.

Као што је у раду већ наведено, без квалитетно израђеног катастра шумских путева немогуће је израдити квалитетне планове развоја мреже шумских путева. Из тог разлога, у катастру, тј. бази података потребно је приказати све податке који су значајни за одређивање основних показатеља отворености шума – густине мреже шумских путева, релативне отворености и средње транспортне дистанце. За потребе таквих прорачуна, у табели атрибута потребно је унети податке о дужинама путева, и то: укупну дужину пута (*L\_UKUPNO*), дужину пута кроз газдинску јединицу (*L\_KROZGJ*) и дужину пута по граници газдинске јединице (*L\_GRANGJ*). Укупна дужина представља дужину пута, односно дужину деонице пута, мерену од тачке где она први пут улази у газдинску јединицу или додирује њену границу, до места изласка из газдинске јединице. Дужина пута кроз газдинску јединицу представља дужину пута која пролази кроз газдинску јединицу и тиме омогућава привлачење дрвних сортимената са обе стране пута. Дужина пута по граници газдинске јединице представља дужину пута која се протеже границом газдинске јединице или на удаљености до 100 m од границе, под условом да је на тај пут могуће привлачење дрвних сортимената.

Поред информација о врсти и стању коловозне конструкције, као и функционалном стању система за одвођење површинских вода, веома значајни подаци за планирање транспорта дрвних сортимената су и конструктивни елементи путева. У табели атрибута потребно је унети податке о претежној ширини планума и коловоза (*PLANUM* и *KOLOVOZ*), минималној ширини планума и коловоза (*PLANUM\_MIN* и *KOLOV\_MIN*), минималним полупречницима кривина (*R\_MIN*), броју кривина са полупречницима испод прописаних (*R\_MIN\_BROJ*), максималном уздужном нагибу пута (*I\_MAX*) и дужини пута са нагибом изнад прописаног (*I\_MAX\_L*).

У пољу *NAPOMENA* уписују се сва запажања и све битне информације које нису наведене ни у једном од горе понуђених поља, а које су значајне за израду и спровођење планова газдовања шумама. На крају, име и презиме шумарског инжењера који је вршио инвентуру путева, као и датум када је инвентура спроведена, уписује се у поља *SNIMAC* и *DATUM*.

### **5.3. Израда ГИС пројекта и дигиталног модела терена**

Географски информациони систем (ГИС) представља скуп база података, софтвера и хардвера који пружа могућност управљања просторним подацима. У најужем смислу то је систем који је способан за интегрисање, чување, уређивање, анализирање и приказивање просторних информација које омогућавају доношење одлука. Савремено планирање газдовања шумама, а самим тим и планирање мреже шумских путева, незамисливо је без примене ГИС-а са свеобухватном и ажурном базом података.

#### **5.3.1. ГИС пројекат истраживаног подручја**

Базу података у шумарству чине основе газдовања шумама. Основа газдовања шумама је плански документ који се доноси за газдинску јединицу, осим за шуме сопственика – физичка лица (*Zakon o šumata, 2015*). Основа

гаждовања шумама израђује се на основу премера и катастра земљишта, премера шума (геодетски и дендрометријски премер) и других података прикупљених на прописан начин у години која претходи почетној години периода за који се доноси основа (*Pravilnik o sadržini osnova... 2003*). Основа газдовања садржи стање шума, разраду општих смерница из плана развоја, евиденцију и анализу спроведених мера газдовања, планове газдовања по врсти и обиму послова, времену, месту и начину њиховог спровођења, вредност шума.

Поред тога што се израђује у штампаном облику, посебне основе газдовања шумама припремају се и у електронском облику, у виду табела, погодним за повезивање са дигитализованим картама у ГИС софтверу. Подаци у табелама изражавају се искључиво нумерички, у складу са Кодним приручником за информациони систем о шумама Републике Србије (*Banković & Medarević, 2003*). Овим повезивањем формира се ГИС пројекат који у различитим слојевима садржи просторне податке о различитим темама. Сваки слој повезан са својом табелом атрибута, односно базом података, омогућује анализирање просторних података комбиновањем више упита у исто време (намена шума, врста дрвећа, тип земљишта, сечиви етат...).

Основе газдовања за газдинске јединице које су предмет истраживања имају период важења од 2017. до 2026. године.

Како би се формирала потпуна база података, биће прикупљени подаци о свим карактеристичним одликама истраживаног подручја које могу имати утицај на планирање и градњу шумских путева. Међу карактеристичним одликама посебна пажња биће усмерена на подручја и објекте који су под строгим режимом заштите, и таква подручја биће изузета током избора погодних површина за градњу шумских путева.

### 5.3.2. Дигитални модел терена (ДМТ)

Морфометријски параметри израчунати на основу дигиталног модела терена (ДМТ) зависе од његове резолуције, величине подручја и квалитета (Gigović, 2010). Када се ДМТ користи за планирање на тактичком нивоу, с обзиром на потребну тачност, захтева се ДМТ високе резолуције, док за планирање на стратешком и оперативном нивоу задовољавајућу тачност пружају ДМТ средње и ниске резолуције. Избор резолуције, поред нивоа на ком се врши планирање, зависи и од конфигурације терена. За хомогена равничарска подручја, за разлику од терена са израженим рељефом, довољна је мања резолуција дигиталног модела терена.

Оцена квалитета резолуције дигиталног модела терена у зависности од хоризонталног растојања висинских тачака, представљена је у следећој табели (Gigović, 2010):

Табела 7: Оцена квалитета резолуције ДМТ

Резолуција	Хоризонтално растојање висинских тачака [m]
ниска	900 – 90
средња	90 – 30
висока	30 – 10
веома висока	10 – 1

За потребе истраживања, поред ГИС пројекта истраживаног подручја, биће израђен и дигитални модел терена (ДМТ) који је неопходан за спровођење просторних анализа. ДМТ биће израђен дигитализацијом (векторизовањем) садржаја рељефа (кота и изохипси) са топографских карата размере 1:25.000. Овај начин израде ДМТ је најдуготрајнији и мање прецизан од савремених метода заснованих на снимањима из ваздуха, али је из разумљивих разлога тренутно једино рационалан. Модел који ће бити израђен за подручје пет газдинских јединица на западу Фрушке горе имаће резолуцију од 20 m, што га чини моделом високе тачности.



Дигитални модел терена послужиће за спровођење просторних анализа, пре свега за приказ нагиба терена, што је један од основних параметра који се узима у разматрање приликом анализе тренутног стања и планирању даљег развоја мреже шумских путева.

#### 5.4. Анализа тренутног стања мреже шумских путева

Планирању мреже шумских путева претходи детаљна анализа тренутног квалитативног и квантитативног стања шумских путева, а пре свега, утврђивање њиховог просторног распореда (*Danilović & Stojnić, 2014*). Анализа тренутног стања мреже шумских путева, која се састоји од низа операција и процедура чији је задатак детерминисање квалитета, квантитета и евентуалних недостатака постојеће путне мреже, представља прву фазу у планирању и оптимизацији мреже шумских путева (*Pentek, et al. 2005*).

*Enache, et al. (2015a)* наводе да су густина мреже путева, растојање између путева, средња транспортна дистанца и релативна отвореност, најважнији показатељи квалитета шумске путне инфраструктуре. Оцена стања постојеће примарне мреже путева на подручју које је обухваћено истраживањима биће анализирано преко ових показатеља.

##### 5.4.1. Густина мреже шумских путева

Апсолутна густина (или само густина) мреже шумских путева један је од најчешће коришћених показатеља степена отворености шума у Србији. Апсолутна густина представља однос укупне дужине шумских путева и посматране површине и изражава се у m/ha.

$$G = \frac{L}{P} [m/ha] \quad (1)$$

где је:  $G [m/ha]$  – густина мреже шумских путева,  $L [m]$  – дужина шумских путева,  $P [ha]$  – површина.

Одређивање дужине шумских путева у истраживаном подручју биће извршено на основу израђеног катастра шумских путева, а приликом одређивања апсолутне густине мреже шумских путева, усвојени су принципи које су према *Šikiću (1989)* описали *Pentek, et al. (2004)*:

- шумски путеви (или јавни путеви који се користе за послове у шумарству) који пролазе кроз шуму узимају се у обрачун читавом својом дужином,
- шумски путеви (или јавни путеви који се користе за послове у шумарству) који пролазе ивицом шуме или до 300 m од ивице шуме и могуће их је користити за утовар дрвета, узимају се у обрачун са 50% дужине, и
- шумски путеви (или јавни путеви који се користе за послове у шумарству) које долазе управно према ивици шуме и завршавају на ивици шуме, узимају се у обрачун са дужином од 500 m.

При одређивању густине мреже шумских путева у обзир ће се узети сви путеви који се могу користити за потребе шумарства и чији конструктивни елементи (ширина коловоза, уздужни нагиб и полупречник кривина) омогућавају кретање камиона са приколицом, а то су поред шумских путева и вишефункционални путеви и јавни путеви са ограниченом могућношћу коришћења. Када су шумски путеви у питању, у обрачун густине мреже шумских путева ући ће и шумски путеви са туцаничким коловозом и шумски путеви са природним коловозом. Овакви путеви свакако да не омогућавају кретање камиона са приколицом током читаве године, али играју важну улогу у транспорту дрвних сортимената у периоду године са мање падавина.

Све анализе везане за рачунање апсолутне густине мреже шумских путева биће извршене у софтверу *ESRI ArcMap 10*.

## 5.4.2. Средња транспортна дистанца

Смањење средње транспортне дистанце један од најважнијих задатака планирања развоја мреже шумских путева (*Tusek & Pasola, 1999*), а за одређени шумски пут можемо рећи да је ефикасан само ако утиче на смањење средње транспортне дистанце (*Pentek, et al. 2004*).

*Dietz, et al. (1984)* дефинишу три основне врсте средње транспортне дистанце – теоријску, геометријску и стварну средњу транспортну дистанцу. Теоријска средња транспортна дистанца израчунава се из теоријског модела мреже шумских путева, односно из теоријског растојања између шумских путева.

### 5.4.2.1. Геометријска (еуклидска) транспортна дистанца

Геометријска транспортна дистанца представља најкраће растојање од одређене тачке од најближег пута, а аритметичка средина транспортних дистанци свих тачака са одређене површине до најближег пута представља геометријску (еуклидску) средњу транспортну дистанцу. Концепт равномерно распоређене мреже тачака и одређивања најкраћих растојања од сваке тачке до шумског пута, ради рачунања геометријске средње удаљености увео је 1964. године Сегебадан. *Segebaden (1964)* дефинише средњу геометријску транспортну дистанцу као аритметичку средину геометријских транспортних дистанци привлачења дрвета бесконачног броја тачака равномерно распоређених на површини, при чему свака тачка представља бесконачно малу површину.

Из разлога што геометријска средња транспортна дистанца не узима у обзир фактор корекције услед продужења дистанце због нагиба терена и заобилажења површинских препрека, ова дистанца не представља стварну удаљеност (*Petković, et al. 2015*). Ипак, картографски приказ геометријске (еуклидске) транспортне дистанце даје нам визуалну представу о отворености одређеног шумског простора (*Pentek, et al. 2016*), због чега је важан показатељ тренутног стања мреже шумских путева.

У оквиру ових истраживања, геометријска (еуклидска) средња транспортна дистанца биће одређена на основу мреже тачака густине 50 x 50 m, а визуални приказ биће представљен на картама у погодној размери. Еуклидска дистанца, која у математици представља „уобичајену“ раздаљину између две тачке, као она коју бисмо измерили лењиром, одредиће се помоћу алата *Euclidean distance* у оквиру групе алата *Spatial Analysis* у софтверу *ArcGIS 10.1*.

#### **5.4.2.2. Фактор корекције средње транспортне дистанце**

При рачунању стварне средње транспортне дистанце полази се од аритметичке средине линеарних најкраћих растојања од сваке тачке из мреже до шумског пута. Чак и у равничарским условима, овако добијена дистанца не може се усвојити као коначна, јер се транспортно средство врло ретко креће праволинијски од места формирања товара до најближе тачке на шумском путу. Примену адаптираних пољопривредних и шумских трактора са витлом у равничарским условима све више замењују тракторске екипаже и форвардери који не врше привлачење са тракторских влака, већ прилазе сваком посеченом стаблу у сечини, чиме се стварна средња транспортна дистанца повећава у односу на израчунату геометријску средњу транспортну дистанцу. Поред тога, у брдско-планинским подручјима не може се говорити о паралелно и управно на шумски пут развијеној мрежи влака. Мрежа влака прилагођава се орографским условима ради смањења трошкова градње и утицаја на животну средину. У случају недовољно развијене секундарне мреже путева, транспортна средства морају да сиђу са влаке у сечину и при том заобилазе различите хоризонталне препреке (дубећа стабла, пањеве и друге природне препреке). Све наведене ситуације указују на потребу за укључивањем корекционог фактора којим се множи аритметичка средина најкраћих линеарних растојања да би се добила стварна средња транспортна дистанца.

Уместо фактора корекције, *Jeličić (1985b)* уводи термин „кофицијент развијања линије пута“ који представља производ коефицијента повећања

дужине због нагиба терена и коефицијента повећања дужине због кривудања пута. У Табела 8 дати су коефицијенти развијања линије пута за нагибе терена од 5 од 100%.

Табела 8: Коефицијенти развијања линије пута за различите нагибе терена (Јелиčić, 1985b)

Попречни нагиб терена [%]	Повећање дужине због нагиба терена $n$	Повећање дужине због кривудања пута $k$	Укупни коефицијент развијања $r = n \cdot k$
5	1,001	1,10	1,101
10	1,005	1,10	1,106
15	1,011	1,10	1,112
20	1,020	1,20	1,224
25	1,031	1,20	1,237
30	1,044	1,25	1,305
35	1,060	1,25	1,325
40	1,077	1,30	1,400
45	1,096	1,30	1,425
50	1,117	1,40	1,564
55	1,142	1,40	1,599
60	1,167	1,50	1,751
65	1,192	1,50	1,788
70	1,221	1,60	1,954
75	1,249	1,60	1,998
80	1,281	1,70	2,178
85	1,312	1,70	2,230
90	1,346	1,80	2,423
95	1,379	1,80	2,482
100	1,414	1,90	2,687

С обзиром на ниво планирања, за газдинске јединице које припадају брдско-планинском типу рељефа, примениће се фактор корекције по Јелиčićу (1985b), тј. коефицијент развијања линије пута из Табела 8. Нагиби терена биће одређени функцијом *Slope* у оквиру алата *Spatial Analyst*. Функцијом *Extract Multi Values as Point* вредности нагиба из растера биће пренете у табелу атрибута за сваку тачку из мреже. Фактор корекције аутоматски ће бити додељен свакој тачки из мреже задавањем *if* наредбе у *VBscript*:

```

if ([3808_nagib] < 5) then
val = "1,101"
elseif ([3808_nagib] >= "5" and [3808_nagib] < "10") then
val = "1,106"
elseif ([3808_nagib] >= "10" and [3808_nagib] < "15") then
val = "1,112"
elseif ([3808_nagib] >= "15" and [3808_nagib] < "20") then
val = "1,224"

```

```

elseif ([3808_nagib] >= "20" and [3808_nagib] < "25") then
val = "1,237"
elseif ([3808_nagib] >= "25" and [3808_nagib] < "30") then
val = "1,305"
elseif ([3808_nagib] >= "30" and [3808_nagib] < "35") then
val = "1,325"
elseif ([3808_nagib] >= "35" and [3808_nagib] < "40") then
val = "1,400"
elseif ([3808_nagib] >= "40" and [3808_nagib] < "45") then
val = "1,425"
elseif ([3808_nagib] >= "45" and [3808_nagib] < "50") then
val = "1,564"
elseif ([3808_nagib] >= "50" and [3808_nagib] < "55") then
val = "1,599"
elseif ([3808_nagib] >= "55" and [3808_nagib] < "60") then
val = "1,751"
elseif ([3808_nagib] >= "60" and [3808_nagib] < "65") then
val = "1,788"
elseif ([3808_nagib] >= "65" and [3808_nagib] < "70") then
val = "1,954"
elseif ([3808_nagib] >= "70" and [3808_nagib] < "75") then
val = "1,998"
elseif ([3808_nagib] >= "75" and [3808_nagib] < "80") then
val = "2,178"
elseif ([3808_nagib] >= "80" and [3808_nagib] < "85") then
val = "2,230"
elseif ([3808_nagib] >= "85" and [3808_nagib] < "90") then
val = "2,423"
elseif ([3808_nagib] >= "90" and [3808_nagib] < "95") then
val = "2,482"
elseif ([3808_nagib] >= "95" and [3808_nagib] < "100") then
val = "2,687"
end if

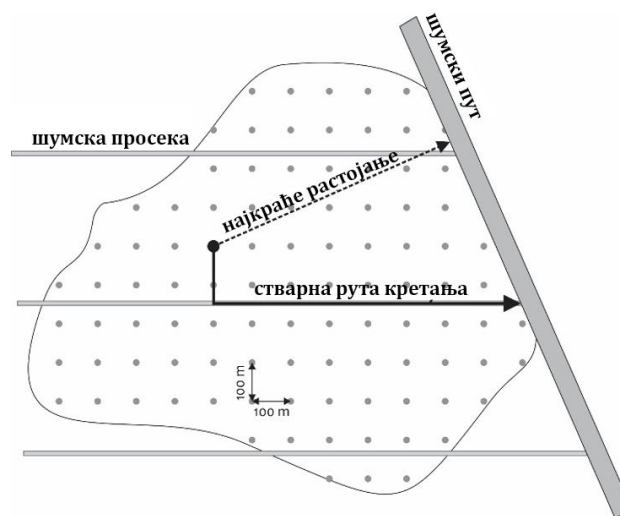
```

Због специфичности газдинске јединице која припада равничарском типу рељефа, а у којој је развијена мрежа тракторских влака и шумских просека, фактор корекције биће одређен посебно за сваки део шумског комплекса. Фактор корекције биће одређен као однос стварне средње транспортне дистанце добијене симулирањем транспортних рута и средње геометријске транспортне дистанце. Приликом симулације полази се од претпоставке да се транспортно средство од сваке тачке у мрежи креће по земљи (шумском беспућу) ка најближој тракторској влаци или просеци, а затим по тракторској влаци или просеци до камионског пута. Одређивање фактора корекције биће спроведено у неколико корака:

1. постављање мреже тачака густине 100 x 100 m на подручју шумског комплекса (дела газдинске јединице),
2. одређивање *геометријске (еуклидске) транспортне дистанце* ( $s_{euk}$ ) од сваке тачке до шумског или вишефункционалног пута и

одређивање *средње геометријске (еуклидске) транспортне дистанце,*

3. избор 10% тачака из мреже ради симулирања стварних рута кретања транспортног средства од изабраних тачака до шумског пута,
4. рачунање *дистанце кретања по земљи (шумском беспућу) ( $s_z$ )* на основу мерења најкраћих растојања од изабраних тачака до најближе тракторске влаке или просеке и множење растојања коефицијентом развијања линије пута из табеле 8,
5. рачунање *дистанце кретања по тракторским влакама или шумским просекама ( $s_v$ )* на основу избора најкраће руте кретања транспортног средства од места изласка на влаку или просеку до најближег шумског или вишефункционалног пута,
6. рачунање *укупне дистанце кретања транспортног средства ( $s_u$ )* као збира дистанце кретања по земљи (шумском беспућу) и дистанце кретања по тракторским влакама или просекама ( $s_z+s_v$ ),
7. рачунање *фактора корекције ( $f_k$ )* као односа средње вредности укупних дистанци кретања транспортног средства и средње геометријске (еуклидске) транспортне дистанце од изабраних тачака ( $s_u/s_{euk}$ ).



Слика 2: Шематски приказ најкраћег растојања и стварне руте кретања

### 5.4.2.3. Стварна средња транспортна дистанца

Стварна средња транспортна дистанца представља просечну дужину којом се дрвна маса, расута по сечини, привлачи до стоваришта на шумском путу. Да би се стварна средња транспортна дистанца тачно израчунала, морао би се анализирати велики број утицајних фактора: развијеност мреже влака, средство рада, просторни распоред посечених стабала, орографски услови, облик сечине, положај привременог стоваришта и др. Овакво рачунање стварне средње транспортне дистанце оправдано је при изради извођачких пројеката, тј. при планирању на оперативном нивоу. Када је у питању планирање развоја мреже шумских путева, тј. планирање на стратешком нивоу, овакав начин рачунања стварне средње транспортне дистанце био би дуготрајан и компликован, а самим тим и веома скуп.

Данас је у употреби неколико метода рачунања стварне средње транспортне дистанце: метода тежишта површина, метода правилне мреже тачака, метода омеђених површина, као и методе засноване на различитим формулама. Наведене неаналитичке методе одавно су познате, али је њихова шира примена кренула тек са развојем ГИС технологије. Метода тежишта површина, једна је од најчешће коришћених метода рачунања средње транспортне дистанце (*Pičman & Pentek, 1998; Pentek, et al. 2004; Sokolović, 2005; Bajrić, et al. 2011; Hayati, et al. 2012; Danilović, et al. 2013; Enache, et al. 2015; и др.*). Метода се заснива на рачунарском одређивању геометријског тежишта одсека (на чијем нивоу се планирају сече) и рачунању растојања од тежишта до најближе тачке на шумском путу. Овако добијено растојање представља геометријску средњу транспортну дистанцу. С обзиром да је у питању линеарно најкраће растојање, које се у пракси ретко среће, геометријска средња транспортна дистанца множи се одговарајућим фактором корекције да би се добила стварна средња транспортна дистанца. Стварна средња транспортна дистанца за читаву газдинску јединицу, рачуна се као пондерисана аритметичка средина средње транспортне дистанце од сваког одсека и дрвне масе у сваком одсеку, при чему се дрвна маса узима као пондер.



$$SD = \frac{Sd_1 \cdot V_1 + Sd_2 \cdot V_2 + \dots + Sd_n \cdot V_n}{\sum V} [m] \quad (2)$$

при чему је:  $SD$  – средња транспортна дистанца [m],  $Sd_n$  – средња транспортна дистанца од тежишта одсека  $n$  до најближег шумског пута [m],  $V_n$  – запремина дрвета у одсеку  $n$  [m<sup>3</sup>].

Средња транспортна дистанца добијена методом правилне мреже тачака представља аритметичку средину удаљености сваке тачке у мрежи од најближег шумског пута, увећану за фактор корекције. Тачност овог метода зависи пре свега од броја, односно густине тачака у мрежи. *Enache et al. (2015)* за рачунање средње транспортне дистанце користили су густину тачака 10×10 m, 50×50 m, 100×100 m, 500×500 m и 1000×1000 m. У прорачун средње транспортне дистанце преко мреже тачака, могуће је укључити и запремину дрвета која се транспортује. У том случају, потребно је установити количину дрвета за сечу на свакој тачки из мреже. Даљи поступак рачунања сличан је претходном:

$$SD = \frac{Sdt_1 \cdot V_1 + Sdt_2 \cdot V_2 + \dots + Sdt_n \cdot V_n}{\sum V} [m] \quad (3)$$

при чему је:  $SD$  – средња транспортна дистанца [m],  $Sdt_n$  – средња транспортна дистанца од тачке  $n$  из мреже до најближег шумског пута [m],  $V_n$  – запремина дрвета на тачки  $n$  [m<sup>3</sup>].

Рачунање средње транспортне дистанце за подручје газдинске јединице могуће је извршити и методом омеђених површина. Метода се базира на постављању омеђених површина око шумских путева са ширином појаса од 100 m. Средња транспортна дистанца рачуна се на основу следеће формуле (*Enache, et al. 2015*):

$$SD = \sum_{i=1}^n \left( (W_{bs} \cdot (i - 1) + \frac{W_{bs}}{2}) \cdot \frac{A_i}{A_t} \right) [m] \quad (4)$$

при чему је:  $SD$  – средња транспортна дистанца [m],  $i$  – тренутни број бафера,  $n$  – укупан број бафера који се узима у прорачун,  $W_{bs}$  – ширина бафера [m],  $A_i$  – површина покривена баферима  $i$  [ha],  $A_t$  – укупна површина газдинске јединице.

Када је у питању рачунање средње транспортне дистанце аналитичким путем, поједини аутори предлажу формуле на бази густине мреже шумских путева (*Lotfalian, et al. 2011; Rezaei, et al. 2013*):

$$GMP = \frac{L}{P} [m \cdot ha^{-1}] \quad (5)$$

$$SD = \frac{2.500}{GMP} [m] \quad (6)$$

где је:  $GMP$  – густина мреже путева;  $L$  – укупна дужина путева;  $P$  – површина;  $SD$  – средња транспортна дистанца.

Према препорукама *FAO-a (1974)* средња транспортна дистанца, изражена у километрима, рачуна се као однос фактора терена ( $F_t$ ) и густине мреже путева ( $GMP$ ) изражене у метрима по хектару, при чему је фактор терена у равничарским условима износи 4-5, у брдским 5-7, у планинским 7-9, а преко 9 у изразито стрмим условима.

$$SD = \frac{F_t}{GMP} [m] \quad (7)$$

при чему је:  $SD$  – средња транспортна дистанца;  $F_t$  – фактор терена;  $GMP$  – густина мреже шумских путева.

Исту формулу предлажу и *Sundberg & Silversides (1988)*, који фактор терена називају просторном константом.

У овим истраживањима рачунање стварне средње транспортне дистанце биће вршено на бази рачунања удаљености тачака из мреже густине 50 x 50 m од пута и планираног сечивог етата за текући уређајни период. Мрежа тачака биће формирана конвертовањем претходно израђеног растера сваке газдинске јединице, са димензијама ћелија 50 x 50 m у тачке. Након конвертовања, тачке ће бити позициониране у средини сваке ћелије. Од сваке тачке биће одређено најкраће растојање до шумског (ŠP), вишефункционалног (VF) или јавног пута са ограниченом могућношћу коришћења (JO), а за то рачунање користиће се функција *Near* из групе алата *Analysis Tools* у софтверу *ArcGIS 10.1*. Овако израчуната најкраћа растојања биће помножена са одговарајућим фактором корекције како би се добила стварна растојања од сваке тачке из мреже до најближег пута. Као што је већ наведено у поглављу 5.4.2.2, фактор корекције зависиће од нагиба терена, чије се вредности чувају у табели атрибута тачака.

Средња транспортна дистанца даље ће се рачунати преко обрасца 2 који је наведен у овом поглављу. Другим речима, након одређивања удаљености сваке тачке из мреже до пута, одредиће се количина дрвне масе која пада на сваку тачку, а затим ће се средња транспортна дистанца рачунати преко формуле за одређивање пондерисане средње вредности, при чему се као пондери узимају количине дрвне масе предвиђене за сечу.

#### **5.4.2.4. Средња удаљеност од пута**

Поред средње транспортне дистанце, која је пре свега економски показатељ стања мреже шумских путева, у дисертацији ће бити приказана и средња удаљеност од пута. За разлику од геометријске (еуклидске) транспортне дистанце која не узима у обзир фактор корекције и стварне средње транспортне дистанце која се одређује само за одсеке у којима је планирано извођење сеча и која узима у обзир количину дрвне масе предвиђене за сечу, средња удаљеност од пута обухвата целокупну површину газдинске јединице, тј. обухвата и делове шуме у којима није планирана сеча у текућем уређајном периоду, али и делове шуме у којима се вероватно неће

спроводити сече ни у наредном периоду (делови шуме под И степеном заштите, шумско земљиште, шикаре, шибљаци и сл.). Средња удаљеност од пута рачуна се као аритметичка средина удаљености свих тачака из мреже увећаних за коефицијент корекције.

### 5.4.3. Релативна отвореност

Тренутно стање мреже шумских путева биће приказано и преко релативне отворености. За рачунање релативне отворености биће формиране тампон (бафер) зоне око постојећих шумских путева. Ширина тампон зоне одређена је на основу израчунате средње еуклидске дистанце, при чему ће тампон зона са једне стране пута имати ширину као двострука средња еуклидска дистанца.

На основу односа израчунате површине коју покрива тампон зона и укупне површине газдинске јединице, биће одређена релативна отвореност:

$$O_{relativna} = \frac{P_{tampon}}{P_{ukupno}} \cdot 100 [\%] \quad (8)$$

где је:  $O_{relativna}$  – релативна отвореност [%];  $P_{tampon}$  – површина тампон зона [ha];  $P_{ukupno}$  – укупна површина [ha].

Ради бољег сагледавања стања мреже путева и могућности међусобног поређења релативне отворености газдинских јединица, биће формиране и тампон зоне око путева ширине 200, 400, 600, 800 и 1000 m, с тим што максимална ширина тампон зоне неће бити већа од двоструке еуклидске дистанце. Ове ширине тампон зона представља средњу еуклидску дистанцу од 100, 200, 300, 400 и 500 m.

Релативна отвореност истраживаног подручја биће оцењена на основу скале коју су дали *Pentek, et al. (2005)*: отвореност испод 55% (1) - недовољна,

од 55 до 65% (2) – слаба, од 65 до 75% (3) – добра, од 75 до 85% (4) – врло добра и преко 85% (5) – одлична.

#### 5.4.3.1. Коефицијент ефикасности мреже шумских путева

Док релативна отвореност показује процентуалну покривеност површине мрежом шумских путева, коефицијент ефикасности показује колико је та мрежа ефикасна. Мрежа путева биће ефикаснија уколико сваки шумски пут отвара неку другу површину под шумом. Путеви који су позиционирани сувише близу један другом отварају исту површину, па је таква мрежа мање ефикасна. Вредности коефицијента ефикасности крећу се од 0 до 1,0.

Приликом планирања мреже шумских путева тежи се да коефицијент ефикасности буде што већи, с тим да је немогуће развити мрежу са коефицијентом 1,0 (*Pičman & Pentek, 1998; Hayati, et al. 2012b*). На местима где се поједини путеви укрштају (раскрснице путева), иста површина отворена је са више путева.

Образац за рачунање коефицијента ефикасности мреже путева гласи:

$$K_e = 1 - \frac{P_n}{\sum P_u} \quad (9)$$

где је:  $K_e$  – коефицијент ефикасности мреже путева;  $P_n$  – вишеструко отворене површине [ha];  $\sum P_u$  – укупна отворена површина [ha].

#### 5.5. Оптимална густина мреже шумских путева

Питање најекономичнијег растојања између путева већ дуго времена привлачи пажњу шумарских стручњака. И поред тога, до данас није пронађено дефинитивно решење проблема, али су се искристалисала два начина процене оптималне густине мреже путева (*Tičerić, 1991*):

1. аналитичке методе, и
2. емпиријске методе.

Први корак у рачунању оптималне густине мреже шумских путева на основу аналитичких метода јесте рачунање оптималног растојања између путева. Растојање између шумских путева може имати велики утицај на трошкове сече и израде дрвних сортимената. Ако је растојање између путева мало, трошкови градње и одржавања путне мреже могу бити превисоки, а са друге стране, ако су путеви међусобно превише удаљени, повећаће се и дистанца привлачења дрвета, а самим тим и трошкови транспорта.

Постоји већи број метода за одређивање оптималног растојања између шумских путева, а заједничко им је да су све засноване искључиво на економским принципима, тј. изналажењу минималних трошкова транспорта дрвета. Многи аутори оптимално растојање одређују помоћу модела који је још 1942. године дефинисао Matthews (*Ghaffarian, et al. 2009*), а који се заснива на минимализацији укупних трошкова привлачења и градње шумских путева. Наведени модел претпоставља да се пут неће користити више од једне године и да ће сва дрвна маса бити привучена директно на пут. Оптимално растојање између шумских путева рачуна се по формули:

$$S = \sqrt{\frac{40.000 \cdot C_r}{V \cdot C_t}} \quad (10)$$

при чему су:  $S$  – оптимално растојање између шумских путева [m];  $C_r$  – трошкови изградње и одржавања једног метра шумског пута [€/m];  $C_t$  – трошкови привлачења 1 m<sup>3</sup> дрвета на дистанци од једног метра [€/m<sup>3</sup>/m];  $V$  – запремина дрвета по ha [m<sup>3</sup>/ha].

*Heinimann (1998)* наводи да је Matthews-ова формула модификована увођењем Сегебаденовог мрежног корекционог фактора ( $C_n$ ), па је формула попримила следећи облик:

$$S = \sqrt{\frac{40.000 \cdot C_r \cdot C_n}{V \cdot C_t}} \quad (11)$$

Исти аутор наводи да се мрежни корекциони фактор рачуна као однос стварне средње транспортне дистанце и геометријске средње транспортне дистанце, а креће се од 1 до 2.

За рачунање оптималног растојања између шумских путева, *Sundberg (1976)* (према *Ghaffarian, et al. (2009)*) предлаже следећу формулу:

$$S = \sqrt{\frac{10.000 \cdot C_r \cdot L_v \cdot (4C_n)}{V \cdot c \cdot t \cdot (1 + p)}} \quad (12)$$

при чему су:  $S$  – оптимално растојање између шумских путева [m];  $C_r$  – трошкови изградње и одржавања једног метра шумског пута [€/m];  $L_v$  – запремина товара [m<sup>3</sup>];  $C_n$  – мрежни корекциони фактор (од 1 до 2);  $V$  – запремина дрвета по ha [m<sup>3</sup>/ha];  $c$  – трошкови рада транспортног средства по минути [€/min];  $t$  – утрошак времена по тури [min/m];  $p$  – фактор кривудања (од 0 до 0,50; 0 за привлачење управно на влаку, а повећава се са кривудањем линије привлачења до влаке).

*Liu & Corcoran (1993)* фактор кривудања (од 0 до 0,50; 0 за привлачење управно на влаку, а повећава се са кривудањем линије привлачења до влаке:

$$S = 100 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot R}{f \cdot c \cdot V}} + W \quad (13)$$

при чему је:  $S$  – оптимално растојање између путева [m];  $R$  – трошкови градње шумског пута [\$/m];  $f$  – фактор кривуданости;  $c$  – трошкови

привлачења  $1 \text{ m}^3$  дрвета на дистанци од једног метра  $[\$/\text{m}^3/\text{m}]$ ;  $V$  – запремина дрвета по јединици површине  $[\text{m}^3/\text{ha}]$  и  $W$  – ширина пута.

Приликом рачунања оптималног растојања између шумских путева, *Thompson (1992)* сматра да је, поред трошкова градње путева и привлачења сортимената, потребно узети и режијске трошкове, па тако предлаже следећу формулу:

$$S = \left( \frac{1200 \cdot R \cdot U}{T \cdot F \cdot V \cdot (C + Q)} \right) \cdot \frac{1}{2} \quad (14)$$

при чему је:  $S$  – оптимално растојање између путева  $[\text{m}]$ ;  $R$  – трошкови градње шумског пута  $[\$/\text{m}]$ ;  $U$  – просечна запремина товара  $[\text{m}^3]$ ;  $T$  – брзина привлачења  $[\text{min}/\text{m}]$ ;  $F$  – фактор кривудавости (однос стварне дистанце и дистанце по правој линији);  $V$  – запремина дрвета по јединици површине  $[\text{m}^3/\text{ha}]$ ;  $C$  – трошкови рада транспортног средства  $[\$/\text{rh}]$ ;  $Q$  – режијски трошкови.

За рачунање оптималног растојања између путева *FAO (1998)* препоручује следећи образац:

$$S = \sqrt{\frac{4000 \cdot R}{h \cdot V}} \quad (15)$$

при чему су:  $S$  – оптимално растојање између путева  $[\text{m}]$ ;  $R$  – трошкови градње шумског пута  $[\$/\text{km}]$ ;  $h$  – трошкови привлачења дрвних сортимената од пања до шумског пута  $[\$/\text{m}^3/100 \text{ m}]$ ;  $V$  – укупна запремина дрвета која ће бити извозена током периода трајања пута, дисконтована на годину градње пута  $[\text{m}^3/\text{ha}]$ .

У истом документу дат је и образац за рачунање оптималне густине мреже шумских путева ( $G$ ):



$$G = \sqrt{\frac{100.000 \cdot h \cdot V}{4 \cdot R}} \quad (16)$$

Чињеница да у свакој формули има чинилаца које је тешко или немогуће прецизно измерити, даје нам право на закључак да нам примена формула не пружа довољну сигурност, па ни тачност одређивања оптималне густине мреже шумских путева (*Tičerić, 1991*).

Оптимална густина мреже шумских путева добијена на основу неке од аналитичких метода, требала би да буде циљ коме тежимо, али не и строга обавеза која се мора испунити. Као што је већ наведено, аналитичке методе засноване су искључиво на економским принципима који у савременом газдовању шумама, а посебно у газдовању шумама посебне намене, не могу бити једини принципи.

Емпиријски метод одређивања оптималне густине мреже шумских путева заснива се или на искуству или се врши поређење варијанти. Суштина примене ове методе налази се у планирању више варијанти мреже шумских путева које се разликују по просторном распореду и степену развијености мреже шумских путева, након чега се врши оцена варијанти и избор најбоље.

*Pentek, et al. (2004)* наводе да постојећи математички модели који за рачунање оптималне густине мреже шумских путева, односно оптималне средње транспортне дистанце, узимају моделе минималних укупних трошкова транспорта дрвних сортимената, не дају довољно тачне и поуздане резултате, па се они не могу узети као модели на основу којих ћемо доносити одлуке. *Tičerić (1991)* наводи да је оптималну густину мреже шумских путева потребно одређивати на основу емпиријске, а не аналитичке методе, јер је емпиријска метода сигурнија и одређенија.

С обзиром да су овим истраживањима обухваћене шуме националног парка, тј. шуме посебне намене у којима производна функција шума није

једина, оптимална густина мреже шумских путева биће одређена аналитичким путем, али тако добијен податак представљаће само информацију која може утицати на доносиоца одлука приликом избора и вредновања критеријума. Треба истаћи да циљ ових истраживања није планирање оптималне мреже шумских путева у циљу добијања најмањих трошкова производње, већ планирање мреже шумских путева у складу са захтевима интересних група.

За одређивање оптималног растојања између путева биће примењен образац 15, а за рачунање оптималне густине мреже шумских путева биће примењен образац 16. Наведени обрасци који су уједно и препорука *FAO-a (1998)*, значајно су упрошћени у односу на остале наведене обрасце.

#### **5.6. Избор погодних површина за градњу шумских путева у шумама посебне намене**

Након израђеног катастра шумских путева и ГИС пројекта истраживаног подручја, али и прикупљених свих значајних информација о подручју, приступиће се избору погодних површина за градњу шумских путева. Избор погодних површина за градњу шумских путева извршиће се применом два метода одлучивања:

- 1. делфи метода**, као метода групног одлучивања, биће примењена за избор најутицајнијих критеријума за планирање и градњу шумских путева у истраживаном подручју, а
- 2. аналитички хијерархијски процес (АХП)**, као метода вишекритеријумског одлучивања, у комбинацији са географским информационом системом (ГИС) биће примењен за оцену тежинских коефицијената свих изабраних критеријума и формирање мапа погодности за градњу шумских путева.

На шеми која следи, представљене су фазе рада на изради карте погодности подручја за градњу шумских путева у истраживаном подручју:



Шема 4: Шематски приказ модела израде карте погодности подручја за градњу шумских путева

### 5.6.1 Избор критеријума за дефинисање погодних површина за градњу шумских путева

Због могућности постизања консензуса у области у којој постоји несигурност или недостатак емпиријског доказа, делфи техника биће употребљена за избор најзначајнијих критеријума на основу којих ће се утврдити погодност површина за градњу шумских путева. Суштина делфи методе је у успостављању широког дијапазона погледа на одређену тему, а онда прикупљања супротстављених или незнатно различитих анализа, да би се коначно дошло до промишљено добијене свебухватне синтезе са којом је сагласна већина. Критеријуми који ће бити анализирани и вредновани од стране учесника истраживања (експерата) биће продукт њихових

појединачних ставова. Крајњи резултат делфи анализе биће избор до 7 критеријума са највећим бројем бодова. Овај максималан број критеријума усвојен је на бази психолошких експеримената који су показали да појединац не може истовремено поредити више од 7 објеката (Miller, 1956), што ће бити предмет наредне фазе истраживања, а то је одређивање тежинских коефицијената у аналитичко-хијерархијском процесу (АХП), у коме се врши међусобно поређење изабраних критеријума.

За учешће у делфи анализи биће позвано 36 експерата из земље и иностранства. Учесници у делфи анализи биће универзитетски професори, доносиоци одлука на стратешком нивоу, доносиоци одлука на оперативном нивоу, и стручњаци са великим искуством у својој ужој области рада. Ради каснијих анализа добијених одговора, учесници истраживања биће распоређени у три групе:

Табела 9: Број позваних експерата по групама

Група	Број позваних учесника	Опис
I	12	Експерти чије је уже подручје рада везано за планирање и пројектовање шумских путева и јавне саобраћајнице
II	12	Експерти чије је уже подручје рада везано газдовање шумама
III	12	Експерти чије је подручје рада везано за екологију шума, предеону екологију, гајење шума, ловство и заштиту ловне фауне, заштиту шума, ерозију и конзервацију земљишта, хидрологију шума, заштиту и унапређивање животне средине, као и експерти из републичких и покрајинских тела за шумарство и заштиту природе

Методе анализе података варирају у зависности од циља делфи студије, структуре кругова, врсте питања и броја учесника (Powell, 2003). У иницијалном (нултом) кругу делфи методе, свим потенцијалним учесницима биће послат *e-mail* са објашњеном проблематиком истраживања и значајем укључивања у истраживање. Једино питање које ће бити постављено

учесницима у овом кругу гласиће: *Да ли желите да узмете учешће у наведеном истраживању?*

Упитник у првом кругу делфи анализе је најчешће неструктурисан и тражи отворене одговоре (Powell, 2003). У првом кругу учесници ће бити упознати са подручјем истраживања, као и тренутним стањем шума, начином газдовања, технологијом коришћења, стањем шумских путева, али и свим другим карактеристикама истраживаног подручја. Од учесника који прихвате учешће очекује се да наброје све критеријуме за које сматрају да могу утицати на планирање мреже шумских путева у шумама посебне намене, посебно у Националном парку „Фрушка гора“. У овом кругу није потребно рангирати критеријуме према значају, нити давати објашњење о значају наведених критеријума. Питање које ће бити постављено учесницима у овом кругу гласи: *Наведите критеријуме за које сматрате да су важни када је у питању планирање мреже шумских путева у Националном парку Фрушка гора.*

Након прикупљених мишљења анкетираних експерата у првом кругу, истраживач ће анализирати и систематизовати све предложене критеријуме. Циљ ове анализе је да се формира листа критеријума, с тим што ће критеријуми који имају различит назив, а исто значење, бити приказани као један критеријум. Такође, истраживач има слободу да не прихвати предложене критеријуме ако они немају утемељење у научној и стручној литератури или нису везани за подручје које је предмет истраживања. Овако формирана листа критеријума биће предмет анкете у другом кругу.

Други круг делфи методе заснива се на техникама рангирања или вредновања. У другом кругу учесницима се шаље листа критеријума која је састављена на основу упитника из првог круга, при чему ће сваки учесник извршити оцењивање критеријума са листе оценама од 1 до 100, у зависности од њихове значајности у процесу планирања мреже шумских путева. Оцена 1 значи да критеријум нема утицаја при планирању мреже шумских путева, док оцена 100 значи да је критеријум изузетно важан када је у питању планирање мреже шумских путева. Оцене између 1 и 100 показују различит степен

значајности критеријума. Питање које ће учесницима бити постављено у другом кругу гласи: *Оцените сваки критеријум са листе оценама од 1 до 100 у зависности од њиховог значаја за планирање мреже шумских путева у Националном парку Фрушка гора.*

Овако оцењени критеријуми прослеђују се назад истраживачу на анализу. Истраживач врши сумирање оцена за сваки критеријум и рангирање критеријума према укупној оцени. Ови резултати се враћају учесницима да би сагледали где се налазе њихови појединачни одговори у облаку других одговора.

У трећем кругу делфи студије учесницима се оставља могућност да ревидирају своје одговоре које су навели у другом кругу. При том, учесницима се оставља могућност да у виду коментара искажу мишљење о сваком наведеном критеријуму.

Поново оцењени критеријуми враћају се истраживачу и истраживач поново врши сумирање оцена и рангирање критеријума. С обзиром да ће се у даљем поступку избора погодних површина за градњу шумских путева применити аналитички хијерархијски процес, првих седам критеријума са највишим скором биће дефинисани као најутицајнији критеријуми. *Zelenović Vasiljević (2011)* наводи да АХП најбоље резултате даје када обрађује до девет критеријума (алтернатива).

### **5.6.2. Вредновање изабраних критеријума**

Након дефинисања проблема и критеријума и прикупљања података, приступа се изради мапе погодности за сваки критеријум засебно. Због широког дијапазона вредности који се могу појавити у оквиру сваког критеријума, али и начина представљања атрибута (нумерички или описно) и различитих мерних јединица међу критеријумима, биће извршена стандардизација података. Стандардизацијом се јединице мере униформишу, а вредности постају бездимензионалне. Другим речима, подаци у

растерисаној мапи погодности биће класификовани у одговарајући број атрибута, којима се, на основу емпиријских и литературних сазнања, додељује одговарајућа вредност. Линеарна трансформација вредности је најчешће коришћен вид стандардизације (*Ozturk & Batuk, 2011*), при чему се улазне вредности своде на вредности из скале. У даљем поступку биће коришћена скала од 1 до 9, при чему већа вредност подразумева већу погодност за градњу шумских путева. Ову скалу користили су и *Duc (2006)* и *Baniya (2008)*, а поједини истраживачи користили су скале вредности од 0 до 1 (*Ozturk & Batuk, 2011; Rikalović & Cocić, 2014*), од 1 до 5 (*Blagojević, 2015; Mishra, et al. 2015*) или од 0 до 10 (*Akinci, et al. 2017; Chabuk, et al. 2017*).

Табела 10: Пример стандардизације атрибута

Критеријум	Атрибут	Стандардизована вредност
Нагиб терена	>50%	1
	33 – 50%	3
	20 – 33%	5
	10 – 20%	7
	<10%	9
Јачина ерозивних процеса	Врло слаба ерозија	9
	Слаба ерозија	7
	Средња ерозија	5
	Јака ерозија	3
	Ексцесивна	1

Наредни корак представља међусобно поређење критеријума коришћењем тзв. Сатијеве скале, која има највећу вредност 9, најмању вредност 1 и разлике подеока 1. Сатијева скала се углавном сматра стандардном за АХП, а користи се за поређење у паровима. Поређењем два критеријума утврђује се доминантност, односно значајност једног критеријума у односу на други. Доносилац одлуке ће, према сопственом расуђивању, међусобно упоредити критеријуме, сваки са сваким, у односу на постављени циљ – дефинисање погодних површина за изградњу шумских путева.

Табела 11: Сатијева скала

Дефиниција	Вредност на скали	Објашњење
Исти значај	1	Два елемента су идентичног значаја у односу на надређени елемент
Слаба доминантност	3	Искуство или расуђивање незнатно фаворизују један елемент у односу на други
Јака доминантност	5	Искуство или расуђивање знатно фаворизују један елемент у односу на други
Врло јака доминантност	7	Доминантност једног елемента потврђена у пракси
Апсолутна доминантност	9	Доминантност највишег степена
Међувредност	2, 4, 6, 8	Потребан компромис или даља подела
Супротна доминација	1/2, 1/3, ..., 1/9	

На основу спроведеног поређења критеријума у паровима, приступиће се формирању матрице поређења. Нумеричке оцене поређења парова елемената на датом нивоу хијерархије уносе се у матрицу поређења која је реципрочна, односно елементи из горњег троугла су симетрично реципрочни елементима из доњег троугла, док су елементи на главној дијагонали једнаки 1, што значи да доносилац одлуке попуњава само горњи (или доњи) троугаони део матрице.

Табела 12: Пример матрице поређења

Критеријум	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1	3	5	7	9
K2	1/3	1	3	5	7
K3	1/5	1/3	1	3	5
K4	1/7	1/5	1/3	1	3
K5	1/9	1/7	1/5	1/3	1
$\Sigma$	1,7873	4,6762	9,5333	16,3333	25,0000

За одређивање тежина сваког критеријума биће коришћен апроксимативни метод (Nikolić & Borović, 1996; Ćurčić & Suknović, 2010; Mu & Pereyra-Rojas, 2017), који је у литератури познат и као метод адитивне нормализације. Овај приступ подразумева да се након попуњавања матрице поређења израчунају суме за сваку колону, а затим се свака вредност у колони дели са сумом колоне (образац 17). Након тога одређује се просечна вредност



за сваки ред (образац 18), а та вредност представља тежину ( $w$ ) одређеног критеријума (алтернативе).

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

$$w_i = \frac{\sum_{i=1}^n a'_{ij}}{n}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (18)$$

Табела 13: Пример одређивања тежина критеријума применом апроксимативне процедуре

Критеријум	K1	K2	K3	K4	K5	w	ранг
K1	0,560	0,642	0,524	0,429	0,360	0,503	1
K2	0,187	0,214	0,315	0,306	0,280	0,260	2
K3	0,112	0,071	0,105	0,184	0,200	0,134	3
K4	0,080	0,043	0,035	0,061	0,120	0,068	4
K5	0,062	0,031	0,021	0,020	0,040	0,035	5

Могућност да идентификује и анализира неконзистентности доносиоца одлука у процесу расуђивања и вредновања елемената хијерархије, чини АХП методу широко примењивом. С обзиром да се међусобно поређење критеријума ослања на субјективну процену доносиоца одлуке, неопходно је њено перманентно праћење како би се обезбедила жељена тачност. Током вредновања елемената хијерархије, све до краја процедуре и синтезе резултата, у аналитичком хијерархијском процесу проверава се конзистентност резоновања доносиоца одлука и утврђује исправност добијених рангова алтернатива и критеријума, као и њихових тежинских вредности (*Milić Marković, et al. 2015*). Ако матрица поређења није конзистентна, то значи да није исправно попуњена, што може довести до доношење неисправне одлуке.

Да би се израчунао степен конзистентности ( $CR$ ), прво треба израчунати индекс конзистентности ( $CI$ ) према формули:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (19)$$

где је  $\lambda_{max}$  максимална сопствена вредност матрице поређења.

Максимална сопствена вредност матрице поређења ( $\lambda_{max}$ ) добија се када се матрица поређења помножи са вектором тежинских коефицијената да би се одредио вектор  $b$ .

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ b_n \end{bmatrix} \quad (20)$$

Добијени вектор  $b$  даље се дели вектором тежина  $w$ , да би се добиле вредности  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ .

$$\begin{bmatrix} \frac{b_1}{w_1} \\ \frac{b_2}{w_2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{b_n}{w_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \lambda_n \end{bmatrix} \quad (21)$$

Максимална сопствена вредност матрице поређења  $\lambda_{max}$  добија се из релације:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (22)$$

Након рачунања индекса конзистентности по формули 19, рачуна се степен конзистентности ( $CR$ ) као однос индекса конзистентности ( $CI$ ) и случајног индекса ( $RI$ ):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (23)$$

Случајни индекс ( $RI$ ) зависи од реда матрице, а преузима се из наведене табеле у којој први ред представља ред матрице, а други случајне индексе.

Табела 14: Вредности случајног индекса  $RI$  (Saaty, 1980)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Ако за матрицу поређења важи да је  $CR \leq 0,10$ , резултат је довољно тачан и нема потребе за корекцијама у поређењима и понављању прорачуна. Међутим, уколико је степен конзистентности већи од 0,10, потребно је установити разлоге неконзистентности и уклонити их делимичним понављањем поређења у паровима.

Карта погодности површина за градњу шумских путева биће израђена у ГИС окружењу применом методе линеарне комбинације (*Weighted Linear Combination* – *WLC*). *WLC* је аналитички метод који се користи у моделирању погодности или избору подручја погодности (Blachowski, 2015). Овај метод подразумева множење тежинских коефицијената добијених у АХП поступку са стандардизованим вредностима сваке јединице површине (сваке ћелије растера на карти) (Bunruamkaew & Murayama, 2011).

$$S_i = \sum_{n=1}^n (w_i \cdot x_i) \quad (24)$$

где је:  $S_i$  – укупна вредност ћелије на карти погодности,  $w_i$  – тежински коефицијент критеријума,  $x_i$  – вредност критеријума,  $n$  – број критеријума.

Као резултат претходног поступка добија се карта погодности локалитета за градњу шумских путева чије ће ћелије растера имати широк дијапазон вредности. Рекласификацијом добијених резултата у класе погодности извршиће се груписање вредности, односно њихова стандардизација. У овом случају све вредности биће груписане у четири класе погодности, при чему класа 1 представља непогодна подручја за градњу шумских путева, а класа 4 веома погодна подручја.

Табела 15: Рекласификација вредности ћелија код карте погодности

Претходна вредност ћелије растера	Рекласификована вредност	Опис погодности
0,000 – 3,000	1	Непогодно
3,001 – 5,000	2	Мало погодно
5,001 – 7,000	3	Умерено погодно
7,001 – 9,000	4	Веома погодно

Формирање матрице одлучивања, прорачун тежинских коефицијената и испитивање конзистентности, извршени су у софтверу *Microsoft Excel 2016*. Овај софтвер користили су и други истраживачи у решавању проблема вишекритеријумског одлучивања (*Jablonsky, 2014; Perzina & Ramik, 2014; и др.*)



Шема 5: Структурирање проблема при одређивању карте погодности

## 5.7. Планирање варијанти мреже шумских путева

Приликом планирања мреже шумских путева неопходно је испунити различите захтеве у погледу конструктивно-техничких карактеристика, еколошке прихватљивости и економске оправданости. Како би се дошло до најбољег решења, потребно је планирати више варијанти мреже шумских путева, а затим изабрати варијанту са најмањим трошковима градње и одржавања и најмањим утицајем на животну средину.

Након израђене карте погодности површина за градњу шумских путева, приступа се планирању варијанти мреже шумских путева. Свака варијанта мреже шумских путева биће вреднована кроз неколико

критеријума, а затим ће се кроз АХП анализу изабрати најповољнија (најбоља) варијанта.

Планирање мреже нових шумских путева потребно је ускладити са израђеном картом погодности површина за градњу шумских путева, уз поштовање принципа пројектовања шумских путева, посебно у погледу конструктивно-техничких елемената. Циљ планирања нове мреже шумских путева није постизање оптималне густине мреже шумских путева добијене аналитичким путем, већ испуњење захтева који су карактеристични за свако подручје.

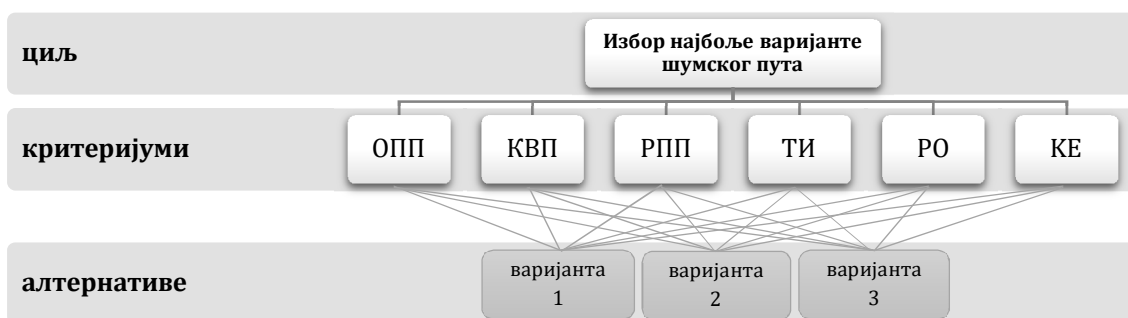
Како би се што више ублажио утицај градње шумских путева на животну средину, приликом планирања нових траса шумских путева треба тежити превођењу постојећих тракторских путева и шумских просека у шумске путеве, уколико је то могуће.

У свакој газдинској јединици планиране су по три варијанте мреже шумских путева. Варијанта 1 углавном је пројектована у деловима газдинске јединице где нема изграђене мреже шумских путева, на површинама које су на карти погодности представљене као веома погодне и погодне. Варијанта 2 допуњује варијанту 1 новим трасама, при чему се отварају и други недовољно отворени делови газдинске јединице. Варијанта 3 допуњује варијанту 2, тако да већи део газдинске јединице буде покривен мрежом шумских путева и, уколико је изводљиво, тежи да повеже постојеће путеве како би се омогућио кружни ток саобраћаја.

Планирање варијанти мреже шумских путева спроведено је ручно, постављањем нулте линије на топографској карти са изохипсама, еквидистанце 10 m. Након израђених варијанти, спроведена је анализа варијанти, тј. њихов утицај на промену густине мреже шумских путева, релативне отворености и ефикасности мреже шумских путева у односу на тренутно стање. Релативна отвореност и ефикасност мреже шумских путева одређени су постављањем тампон зоне око путева, чија је ширина једнака двострукој циљаној транспортној дистанци ( $Sd_{cilj}$ ).

### 5.7.1. Критеријуми за избор најбоље варијанте

Избор најбоље варијанте мреже шумских путева за сваку газдинску јединицу посебно биће извршен у поступку вишекритеријумске анализе, применом аналитичко-хијерархијског процеса (АХП). Свака варијанта биће вреднована преко шест критеријума, а њихови тежински коефицијенти биће одређени међусобним поређењем у паровима на основу Сатијеве скале и формирањем матрице одлучивања.



Шема 6: Циљ, критеријуми и алтернативе у хијерархијском процесу при избор најбоље варијанте

Критеријуми на основу којих ће бити извршен избор најбоље варијанте су:

1. отвореност погодних површина (ОПП),
2. конверзија тракторских влака и шумских просека у путеве (КВП),
3. потреба за реконструкцијом постојећих путева (РПП),
4. трошкови изградње (ТИ),
5. релативна отвореност (РО),
6. коефицијент ефикасности мреже путева (КЕ).

Критеријум *отвореност погодних површина* (ОПП) биће вреднован на бази процентуалног учешћа класа погодности на појасу који покрива тампон зона око путева, чија је ширина једнака четворострукој циљаној транспортној дистанци. Процентуално учешће све четири класе погодности биће утврђено за сваку варијанту посебно, при чему свака варијанта укључује постојеће и новопроектване путеве.

Други критеријум, *конверзија тракторских влака и шумских просека у путеве* (КВП) вредноваће се на основу тога колико је процената од укупне дужине нових шумских путева планирано да прати постојеће тракторске влаке и шумске просеке, а у циљу смањења утицаја на екосистем и стварање нових непродуктивних површина у шуми.

Критеријум *потреба за реконструкцијом постојећих путева* (РПП) биће вреднован на основу тога колико је километара постојећих путева потребно реконструисати да би се успоставила нова мрежа шумских путева. Како правила струке налажу да се новопројектовани шумски путеви надовезују на путеве исте или више категорије, за реконструкцију су предвиђени путеви са природним коловозом од којих се одвајају или на које се настављају новопројектовани шумски путеви.

За вредновања критеријума *трошкови изградње* (ТИ) усвојена је просечна јединична цена градње шумских путева по километру, добијена анализом закључених уговора о спровођењу радова на изградњи шумских путева у ЈП „Национални парк Фрушка гора“ у претходним годинама. Трошкови градње за сваку варијанту добијени су множењем јединичне цене и дужине нових путева у километрима.

Критеријум *релативна отвореност* (РО) биће вреднован на основу израчунате релативне отворености газдинске јединице за сваку варијанту мреже путева. Релативна отвореност одређена је за циљану транспортну дистанцу, односно, ширина тампон зоне око пута једнака је четворострукој циљаној транспортној дистанци.

Критеријум *коэффициент ефикасности мреже шумских путева* (КЕ) биће вреднован на основу израчунатог коэффицијента ефикасности сваке варијанте. Коэффициент ефикасности утврђен је постављањем тампон зона око путева као и приликом рачунања релативне отворености.

Након анализе сваке варијанте, преференцијама доносиоца одлуке биће извршено међусобно поређење варијанти – свака са сваком, по свим

критеријумима. Након спроведеног поређења у паровима, биће израђена матрица одлучивања на основу које ће се одредити тежински коефицијент за сваку варијанту и сваки критеријум, по устаљеној методологији за АХП, која је описана и у поглављу 5.6.2.

Степен конзистентности биће израчунат при поређењу критеријума, али и при међусобном поређењу варијанти по сваком критеријуму.

Тежинске вредности сваке варијанте биће израчунате множењем тежинског коефицијента сваког критеријума са тежинским коефицијентом сваке варијанте по одређеном критеријуму. Сумирањем тежинских вредности по сваком критеријуму, добиће се укупна тежинска вредност сваке варијанте мреже шумских путева, на основу чега ће бити извршено њихово рангирање, односно избор најбоље варијанте.

Табела 16: Одређивање укупних тежинских коефицијената варијанти мреже шумских путева

Критеријум	тежински коефицијент	Варијанта					
		1		2		3	
	$w_i$	$x_{1i}$	$w_i x_{1i}$	$x_{2i}$	$w_i x_{2i}$	$x_{3i}$	$w_i x_{3i}$
ОПП	$w_1$	$x_{11}$	$w_1 x_{11}$	$x_{21}$	$w_1 x_{21}$	$x_{31}$	$w_1 x_{31}$
КВП	$w_2$	$x_{12}$	$w_2 x_{12}$	$x_{22}$	$w_2 x_{22}$	$x_{32}$	$w_2 x_{32}$
РПП	$w_3$	$x_{13}$	$w_3 x_{13}$	$x_{23}$	$w_3 x_{23}$	$x_{33}$	$w_3 x_{33}$
ТИ	$w_4$	$x_{14}$	$w_4 x_{14}$	$x_{24}$	$w_4 x_{24}$	$x_{34}$	$w_4 x_{34}$
РО	$w_5$	$x_{15}$	$w_5 x_{15}$	$x_{25}$	$w_5 x_{25}$	$x_{35}$	$w_5 x_{35}$
КЕ	$w_6$	$x_{16}$	$w_6 x_{16}$	$x_{26}$	$w_6 x_{26}$	$x_{36}$	$w_6 x_{36}$
			$\Sigma w_i x_{1i}$		$\Sigma w_i x_{2i}$		$\Sigma w_i x_{3i}$

Последња фаза аналитичког хијерархијског процеса, која се може спровести након иницијалних одлука, је анализа осетљивости. Анализа осетљивости подразумева намерно ремећење постојеће тежине критеријума у одређеном интервалу, да би се утврдио утицај настале промене на крајњи резултат (Damjanović, 2013). Због већег броја укључених критеријума и могућих комбинација, анализа осетљивости се спроводи најчешће само код најбитнијих критеријума. Уколико се ранг алтернатива не мења, закључак је да су резултати поуздани и робусни (Agarski, 2014) и супротно, промене код важног критеријума доказују да модел није поуздан у потпуности.



Да би се испитала осетљивост резултата, анализа ће бити спроведена у три корака. У првом кораку биће изједначене вредности свих критеријума, у другом ће се умањити тежински коефицијент критеријуму ОПП за 20%, а у трећем кораку његова вредност ће се повећати за 20%.

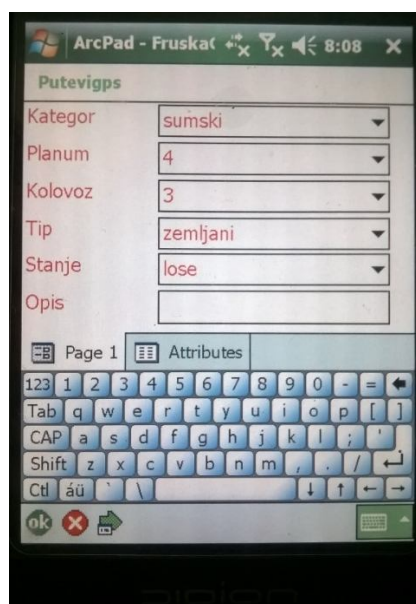
## 6. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

### 6.1. Катастар шумских путева

На основу методологије описане у поглављу 5.1., израђен је катастар шумских путева на подручју пет газдинских јединица. Прикупљање података за израду катастра вршено је мапирањем путева помоћу ГПС уређаја марке *Pidion VIP-6000* са инсталираним софтвером *ESRI ArcPad 10*. *ArcPad* је софтвер намењен за ГИС кориснике и пре свега служи за мапирање и прикупљање података на терену, што подразумева напредне ГИС и ГПС могућности за снимање, уређивање и приказивање географских информација брзо и ефикасно. *ArcPad* је предвиђен да ради на мобилним уређајима и директно је интегрисан са *ArcGIS* софтвером.



Слика 3: ГПС уређај *Pidion VIP-6000*



Слика 4: Електронски формулар у *ArcPad*-у за унос података о снимљеном путу

Иако је предмет докторске дисертације планирање мреже примарних шумских путева, ради стицања комплетне слике мреже путева у истраживаном подручју извршено је мапирање како примарних тако и оних

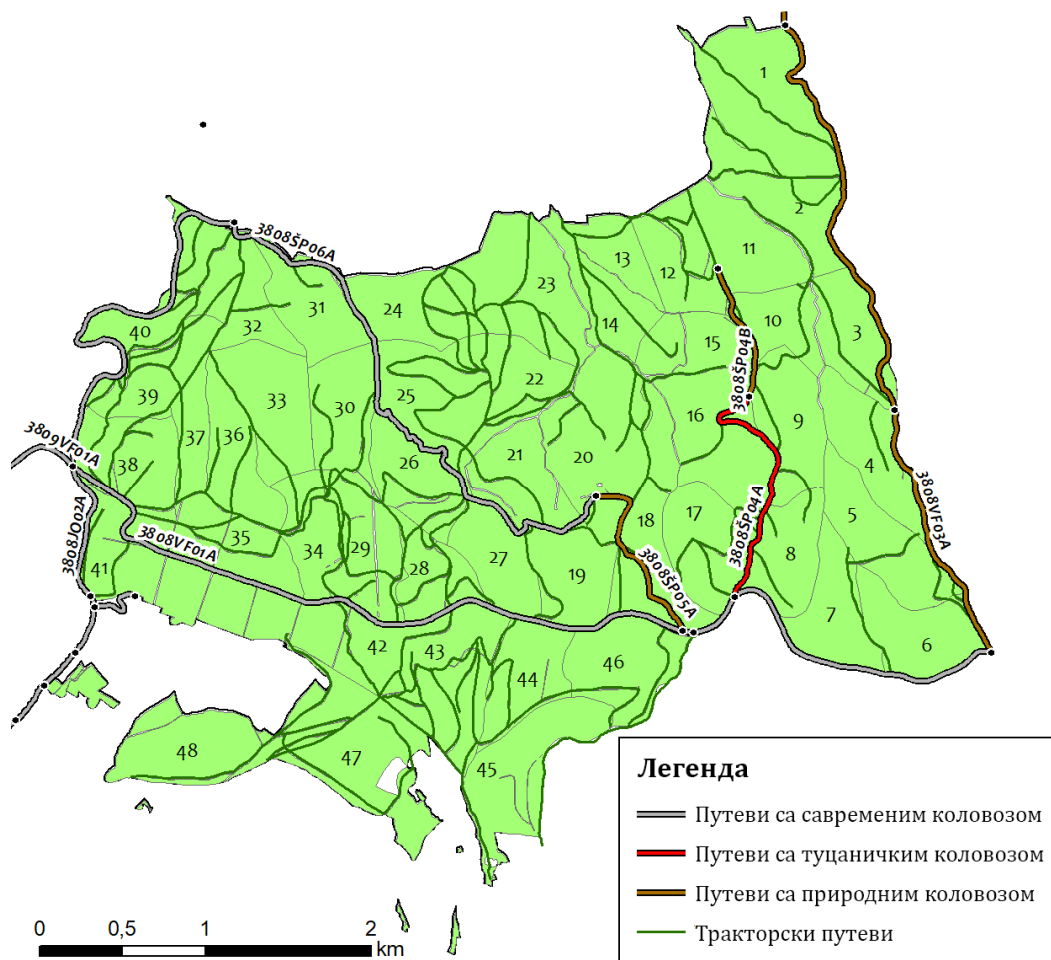
секундарних путева који у перспективи могу представљати будуће трасе шумских путева. У складу са геометријским карактеристикама снимљених путева, извршена је категоризација путева на јавне, шумске и тракторске путеве. Јавним и шумским путевима додељена је јединствена регистарска ознака на основу које ће информације о путу бити чуване у бази података, тј. катастру.

Поред путева, извршено је мапирање и шумских просека, јер су шумске просеке врло често део секундарне мреже шумских путева са тенденцијом превођења у примарну мрежу.

#### **6.1.1. Катастар путева у ГЈ „Равне“**

Газдинска јединица „Равне“ заузима централни део националног парка „Фрушка гора“. Границом газдинских јединица „Равне“ и „Биклав“ пролази државни пут ПА реда Свилош – Сремска Митровица (3808J002A). На гребенском делу Фрушке горе, два километра од села Лежимир, наведени пут пресеца врло важан гребенски пут из категорије општинских путева – тзв. Партизански пут (3808VF01A). Део Партизанског пута који иде ка Змајевцу (ка истоку), у дужини од 4,33 km пролази кроз јужни део ГЈ „Равне“, а у наредних 2,18 km пут чини границу између газдинских јединица „Равне“ и „Шуљам – Главица – Краљевац“.

По источној граници газдинске јединице, тј. граници са ГЈ „Андревље – Тестера – Хајдучки брег“, протеже се општински пут са природним коловозом (3808VF03A). Пут пролази изнад самог површинског копа – каменолома „Средње брдо“ и од њега осе одваја крак ка каменолому. Експлоатација кречњака у каменолому „Средње брдо“ трајала је до 2001. године, а данас је успостављен режим III степена заштите којим се забрањује сваки вид експлоатације минералних сировина за грађевинску индустрију и отварање нових позајмишта (*PPPPN Fruške gore, 2004*).



Карта 7: Карта ГЈ „Равне“ са уцртаном мрежом примарних и важнијих секундарних путева



Слика 5: Напуштени површински коп „Средње брдо“ (извор: serbianoutdoor.com)

У ГЈ „Равне“ постоји само један шумски пут са туцаничким коловозом. Пут се протеже од Партизанског пута до ограђеног узгајалишта јеленске дивљачи „Трешњевац“ и шумарске куће (3808ŠP04A), а даље пут наставља без изграђеног коловоза (3808ŠP04B). Дужина дела шумског пута са туцаничким коловозним застором износи 1,62 km, а дела без коловозне конструкције је 850 m.



*Слика 6: Пут ка Трешњевицу*



*Слика 7: Јеленска дивљач у ограђеном узгајалишту на Трешњевицу*

У централном делу газдинске јединице налази се вила „Равне“, изграђена између 19. и 20. века. Вилу је саградила илочка племићка породица Одескалски, првенствено ради уживања у фрушкогорском рају. Током времена она је мењала власнике, да би после Другог светског рата добила национализован статус, а данас је у власништву АП Војводине. Вили „Равне“ могуће је прићи из два правца, од Партизанског пута и од државног пута IIА реда (Свилош – Сремска Митровица). Прилаз од Партизанског пута омогућен је преко шумског пута са природним коловозом (3808ŠP05A), дужине око 1,19 km. Са друге стране, од државног пута IIА реда (Свилош – Сремска Митровица), на самој граници ГЈ „Равне“, одваја се много значајнији пут до виле „Равне“ (3808ŠP06A), изграђен 1976. године, са крутом коловозном конструкцијом (Слика 9). Бетонски пут дужине 3,63 km направили су затвореници из Сремске Митровице за само три дана, због најављене посете маршала Тита, који се у вили задржао непуних сат времена.



Слика 8: Пут са крутом коловозном конструкцијом до виле „Равне“



Слика 9: Вила „Равне“

Границом газдинске јединице протеже се још један пут са савременим коловозом, а то је пут ка хотелу „Фрушка гора“ (3808VF07A).

Поред јавних и шумских путева, у газдинској јединици мапирани су и важнији тракторски путеви, односно влаке, које при планирању развоја мреже шумских путева могу значајно утицати на будући положај шумских путева.

У табели која следи дата је регистарска ознака свих шумских и јавних путева који пролазе кроз Газдинску јединицу „Равне“ или иду њеном границом.

Табела 17: Катастар путева у ГЈ „Равне“

REG_BROJ	3808VF01A	3808JO02A	3808VF03A	3808ŠP04A	3808ŠP04B	3808ŠP05A	3808ŠP06A	3808VF07A
GJ	3808	3808	3808	3808	3808	3808	3808	3808
RB	01	02	03	04	04	05	06	07
DEONICA	A	A	A	A	B	A	A	A
NAZIV	Partizanski put	Ležimir – Sviloš	Partizanski put – Glavice	Partizanski put – Trešnjevac	Partizanski put – Trešnjevac	Partizanski put – Ravan	Ajmaš – Ravan	Banovac – Hotel Fruška gora
OPSTINA	Sremska Mitrovica	Sremska Mitrovica, Beočin	Sremska Mitrovica, Beočin	Sremska Mitrovica	Sremska Mitrovica	Sremska Mitrovica	Sremska Mitrovica, Beočin	Sremska Mitrovica
TOPONIM	Venac	Čotovi	Krčanik	M. Trešnjevac	Trešnjevac	Ravan	V. gradina	Banovac
OGRANIC	DA	NE	NE	NE	NE	NE	DA	NE
GOD_GRAD	0	0	0	2015	0	0	1976	0
FUNKC_KAT	VF	JO	VF	ŠP	ŠP	ŠP	ŠP	VF
KOL_KONSTR	S	S	P	T	P	P	S	S
KOL_STANJE	BO	BO	DO	DO	DO	VO	BO	VO
ODVODNJA	DA	DA	NE	NE	NE	NE	DA	DA
FUNKC_ODV	DA	DA	NE	NE	NE	NE	DA	NE
L_UKUPNO	6,51	5,26	4,38	1,62	0,85	1,19	3,63	0,38
L_KROZGJ	4,30	3,72	0	1,62	0,85	1,19	2,82	0

L_GRGJ	2,21	0,27	4,38	0	0	0	0,81	0,38
PLANUM	6	7	4	4	3,5	3,5	5	5
PLANUM_MIN	0	0	3	3,5	3	3	0	0
KOLOVOZ	5	6	4	3	3,5	3,5	3	4
KOLOV_MIN	0	0	3	3	3	3	0	0
R_MIN	0	0	0	0	0	0	15	15
R_MIN_BR	0	0	0	0	0	0	4	1
I_MAX	0	0	0	0	0	0	0	0
I_MAX_L	0	0	0	0	0	0	0	0
NAPOMENA	Zabrana saobraćaja za vozila čija ukupna masa prelazi 12 t. Put se zimi ne čisti.	0	0	0	0	0	Put do vile "Ravne" sa betonskim kolovozom. Na početku puta postavljena rampa.	0
SNIMAC	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić
DATUM	06.06.2016.	06.06.2016.	06.06.2016.	06.06.382016.	07.06.2016.	07.06.2016.	07.06.2016.	07.06.2016.

### 6.1.2. Катастар путева у ГЈ „Биклав“

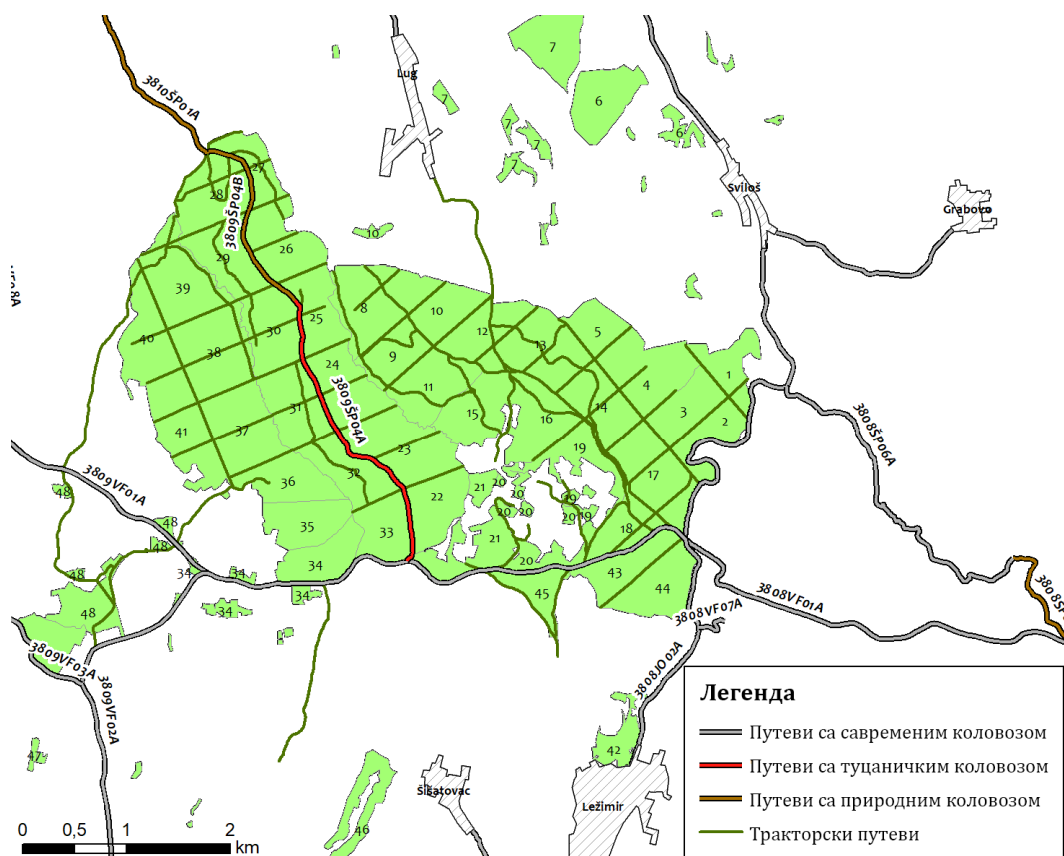
Газдинска јединица „Биклав“ налази се између атара села Лежимир, Шишатовац, Дивош, Стара Бингула, Визић, Луг и Свилош. На истоку се граничи са ГЈ „Равне“, на западу са ГЈ „Гвоздењак-Лице“ и на северо-западу са ГЈ „Јанок“. Граница је јасно изражена само према ГЈ „Равне“ и њу чини државни пут IIА реда Свилош – Сремска Митровица (3808J002A). Као и ГЈ „Равне“ и ову газдинску јединицу пресеца тзв. Партизански пут (3809VF01A), који се једним делом одваја на југ према селу Дивош и манастиру Кувеждин (3809VF02A), а другим делом наставља северо-западно ка селу Визић. Од асфалтног пута ка Дивошу одваја се и асфалтни пут ка селу Стара Бингула (3809VF03A).

У ГЈ „Биклав“ тренутно постоји само један шумски пут са изграђеним коловозом (3809ŠP04A) чија је дужина 3,0 km, а изграђен је 2015. године. Почетак овог гребенског пута налази се на Партизанском путу, на локалитету званом Вилино брдо, а крај пута представља кружна окретница на локалитету

Комлушки венац. Пут се даље протеже као шумски пут са природним коловозом (3809ŠP04B) све до ГЈ „Јанок“ и кроз целу ГЈ „Јанок“ до села Нештин.

У газдинској јединици „Биклав“ изграђена је густа мреже тракторских путева и влака. Сви важнији тракторски путеви, који могу утицати на планирање мреже шумских путева, представљени су на *Карта 8*.

Поред тракторских путева и влака, за ову газдинску јединицу карактеристична је и мрежа шумских просека. Шумске просеке су различите ширине, од 6 до 18 m, и углавном су формиране тако да чине границу између одељења. Одржавање просека спроводи се машински, тањирачама и малчерима, или ручно, моторним тестерама и моторним тримерима. Шумске просеке, чији уздужни нагиб омогућује кретање трактора, служе и као тракторске влаке током коришћења шума.



*Карта 8: Карта путева у ГЈ „Биклав“*



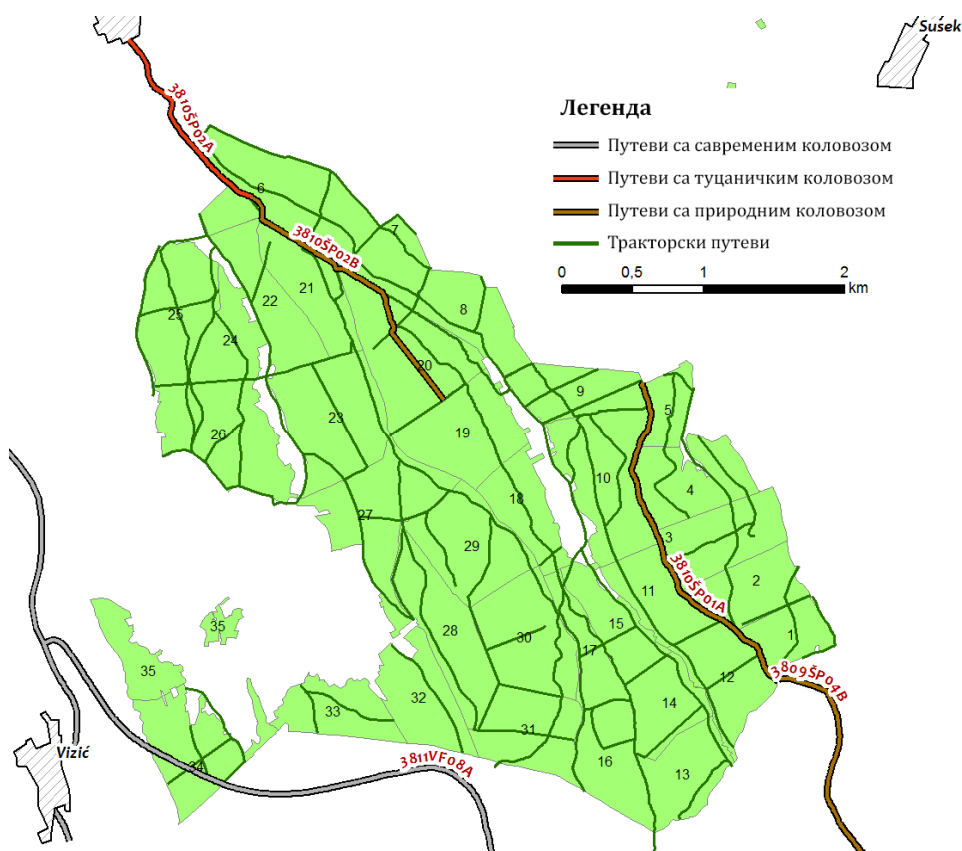
Табела 18: Катастар путева у ГЈ „Биклав“

REG_BROJ	3809VF01A	3809VF02A	3809VF03A	3809ŠP04A	3809ŠP04B
GJ	3809	3809	3809	3809	3809
RB	01	02	03	04	04
DEONICA	A	A	A	A	B
NAZIV	Partizanski put	Manastir Kuveždin – Partizanski put	Rastik – Stara Bingula	Partizanski put – Mandalina ćuprija	Partizanski put – Mandalina ćuprija
OPSTINA	Sremska Mitrovica	Sremska Mitrovica	Sremska Mitrovica	Sremska Mitrovica	Beočin
TOPONIM	Vilino brdo	Rohaljeve baze	Rastik	Jasik	Komluški venac
OGRANIC	DA	NE	NE	NE	NE
GOD_GRAD	0	0	0	2015	0
FUNKC_KAT	VF	VF	VF	ŠP	ŠP
KOL_KONSTR	S	S	S	T	P
KOL_STANJE	BO	BO	BO	BO	DO
ODVODNJA	DA	DA	DA	DA	NE
FUNKC_ODV	DA	DA	DA	DA	NE
L_UKUPNO	6,75	2,62	0,96	3,00	1,94
L_KROZGJ	2,10	0	0	3,00	1,94
L_GRGJ	3,35	1,68	0,7	0	0
PLANUM	6,0	7,0	5,0	5,0	3,5
PLANUM_MIN	0	0	0	0	3,5
KOLOVOZ	5,0	6,0	4,0	3,0	3,5
KOLOV_MIN	0	0	0	0	0
R_MIN	0	0	0	0	0
R_MIN_BR	0	0	0	0	0
I_MAX	0	0	0	0	0
I_MAX_L	0	0	0	0	0
NAPOMENA	Zabrana saobraćaja čija ukupna masa prelazi 12 t. Put se zimi ne čisti.	0	0	0	0
SNIMAC	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić
DATUM	22.06.2016.	22.06.2016.	22.06.2016.	22.06.2016.	22.06.2016.

### 6.1.3. Катастар путева у ГЈ „Јанок“

Газдинска јединица „Јанок“ са три стране окружена је атарима села Визић, Нештин, Сусек и Луг, а на јужној страни граничи се са газдинским јединицама „Биклав“ и „Гвоздењак – Лице“. Јавни општински пут Чотови – Визић (3810VF03A), у дужини од 570 m, пресеца мали део газдинске јединице,

тачније једно одељење. Из правца Нештина до шуме се протеже пут са туцаничким коловозом, а једним својим делом улази и у шуму (3810ŠP02A). На тај пут наставља се шумски пут са природним коловозом (3810ŠP02B), а затим и тракторске вlake. Шумски пут „Биклав – Церовача“ (3810ŠP01A) представља део шумског пута који креће од Партизанског пута у ГЈ „Биклав“ као шумски пут са туцаничким коловозом, а затим се наставља као шумски пут са природним коловозом. Дужина овог пута у ГЈ „Јанок“ је 2,57 km и пут отвара западни део газдинске јединице.



Карта 9: Карта ГЈ „Јанок“ са уцртаном мрежом путева

Табела 19: Катастар путева у ГЈ „Јанок“

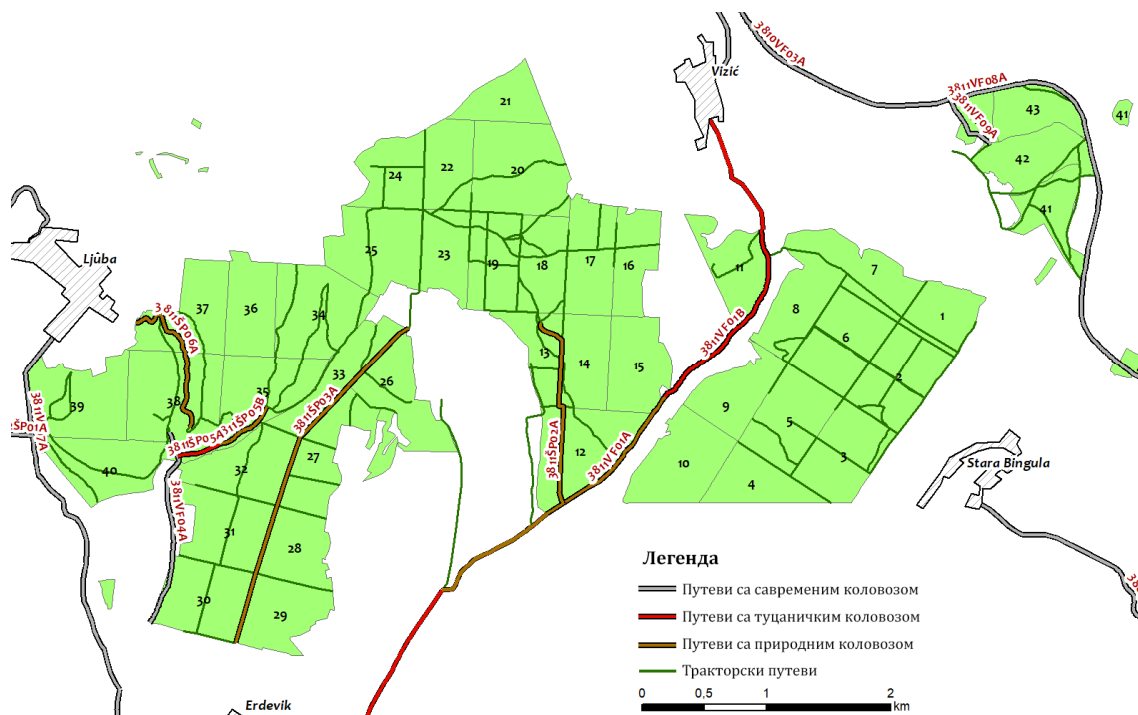
REG_BROJ	3810ŠP01A	3810ŠP02A	3810ŠP02B	3810VF03A
GJ	3810	3810	3810	3810
RB	01	02	02	03
DEONICA	A	A	B	A
NAZIV	Biklav - Cerovača	Neštin - Jankovo cerje	Neštin - Jankovo cerje	Čotovi - Vizić

OPSTINA	Beočin	Bačka Palanka	Bačka Palanka	Bačka Palanka
TOPONIM	Kratina	Široke livade	Jankov do	Vizić
OGRANIC	NE	NE	NE	NE
GOD_GRAD	0	0	0	0
FUNKC_KAT	ŠP	ŠP	ŠP	VF
KOL_KONSTR	P	T	P	S
KOL_STANJE	DO	DO	DO	VO
ODVODNJA	NE	NE	NE	DA
FUNKC_ODV	NE	NE	NE	DA
L_UKUPNO	2,57	1,47	2,11	1,55
L_KROZGJ	2,57	0,20	2,11	0,57
L_GRGJ	0	0,31	0	0,98
PLANUM	3,5	5	3,5	5
PLANUM_MIN	3	0	3	3
KOLOVOZ	3,5	3,5	3,5	4,5
KOLOV_MIN	3	0	3	3
R_MIN	0	0	0	0
R_MIN_BR	0	0	0	0
I_MAX	0	0	0	0
I_MAX_L	0	0	0	0
NAPOMENA	0	0	0	0
SNIMAC	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić
DATUM	08.06.2016.	08.06.2016.	08.06.2016.	08.06.2016.

#### 6.1.4. Катастар путева у ГЈ „Гвоздењак – Лице“

Газдинску јединицу „Гвоздењак – Лице“ чине два дела које раздваја шумски пут од Ердевика ка Визићу. Западни део газдинске јединице назива се Гвоздењак, а источни део назива се Лице. Газдинска јединица смештена је између села Ердевик, Љуба, Визић и Стара Бингула.

Западну границу газдинске јединице, у дужини од 0,87 km, тангира државни пут IIА реда (3811VF07A) који иде од границе са Хрватском, преко Љубе до Ердевика и даље ка аутопуту Београд – Шид. Са друге стране овог пута налази се ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“.



Карта 10: Карта ГЈ „Гвоздењак – Лице“ са цртаном мрежом путева

Од села Ердевик, поред језера Брује, до извора и некадашњег римског купатила Бања, протеже се асфалтни пут који једним делом иде границом газдинске јединице и мањим делом улази у шуму (3811VF04A). Од овог асфалтног пута ка истоку се одваја шумски пут дужине 900 m, с тим да првих 400 m има изграђен коловоз (3811ŠP05A), а преосталих 500 m је без изграђеног коловоза (3811ŠP05B). Од краја пута протежу се тракторски путеви и влаке. Такође, од села, тачније од потеса званог Селиште, протеже се шумски пут са неизграђеним коловозом све до локалитета Гвоздењак (3811ŠP03A). Овај пут представља веома битан шумски пут, па се у слободном разговору овај пут назива „главним путем“.

Села Ердевик и Визић повезана су општинским путем дужине 7,0 km који је једним делом пролази кроз пољопривредно земљиште, а једним делом кроз газдинску јединицу (3811VF01A и 3811VF01B). Већим делом пут има изграђен туцанички коловоз, с тим да на делу који пролази кроз шуму, у дужини од око 1,7 km, пут је без изграђеног коловоза. Иначе, као што је у поглављу *Подручје истраживања* речено, у плану је да овај пут буде реконструисан и да представља везу од Бачке Паланке, преко Нештина до

Ердевика и даље до аутопута Београд – Шид. Првих 2,8 km од Ердевика пут пролази кроз атар и има изграђен коловоз од туцаника, а затим пут долази до шуме и наредних 1,7 km пут је без изграђеног коловоза. Пут је од изузетне важности да транспорт дрвних сортимената, јер се од њега одваја неколико битних шумских путева и преко њега се остварује веза са јавним путевима. Од језера Мохарач ка северу одваја се шумски пут без изграђеног коловоза у дужини од 1,60 km (3811ŠP02A).

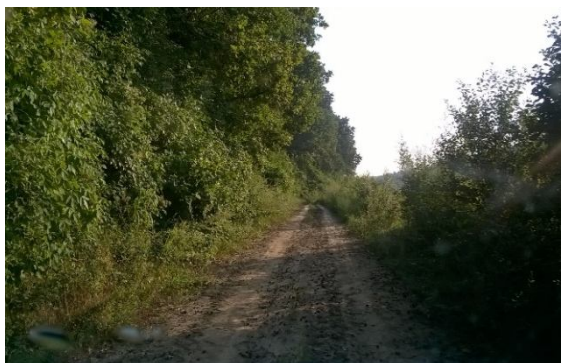


Слика 10: Шумски пут „Бања – Вадаши“

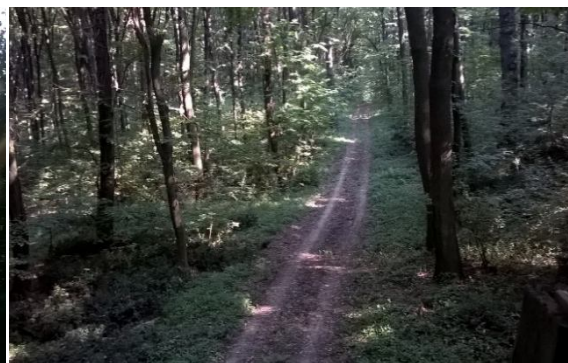


Слика 11: Језеро Мохарач

У источном делу Газдинске јединице, тзв. Лицу, нема путева који имају елементе шумског пута. Границом овог дела газдинске јединице протеже се општински пут са асфалтним коловозом, тзв. Партизански пут, до села Визић (3811VF08A). Од овог пута одваја се краћи пут са савременим коловозом до манастира Ђипша (3811VF09A).



Слика 12: Вишефункционални пут од Ердевика до Нештина, део са природним коловозом



Слика 13: Тракторски путеви на локалитету Лице

ГЈ „Гвоздењак – Лице“ има врло развијену мрежу шумских просека које се користе и за кретање трактора током прве фазе транспорта. Само мањи број шумских просека има изражене уздужне нагибе, па се ове просеке не користе у фази транспорта дрвних сортимената. Као што је већ наведено, шумске просеке најчешће се одржавају тањирачама и малчерима, а у ретким случајевима ручно, тј. моторним тестерама и тримерима.

Табела 20: Катастар путева у ГЈ „Гвоздењак – Лице“

REG_BROJ	3811VF01A	3811VF01B	3811ŠP02A	3811ŠP03A	3811VF04A	3811ŠP05A
GJ	3811	3811	3811	3811	3811	3811
RB	01	01	02	03	04	05
DEONICA	A	B	A	A	A	A
NAZIV	Erdevik - Vizić	Erdevik – Vizić	Moharač – Matora šuma	Selište – Gvozdjenjak	Erdevik – Banja	Banja – Vadaši
OPSTINA	Šid, Bačka Palanka	Bačka Palanka	Šid, Bačka Palanka	Šid	Šid	Šid
TOPONIM	Poljana	Orašje	Poljana	Veliki Bakonj	Banja	Vadaši
OGRANIC	NE	NE	NE	NE	NE	NE
GOD_GRAD	0	0	0	0	0	0
FUNKC_KAT	VF	VF	ŠP	ŠP	VF	ŠP
KOL_KONSTR	P	T	P	P	S	T
KOL_STANJE	DO	DO	DO	DO	BO	BO
ODVODNJA	NE	DA	NE	NE	DA	DA
FUNKC_ODV	NE	NE	NE	NE	DA	DA
L_UKUPNO	1,36	1,70	1,60	2,97	1,62	0,36
L_KROZGJ	0,76	0,89	1,60	2,97	0,25	0,36
L_GRGJ	0,60	0	0	0	1,37	0
PLANUM	3,5	4,5	3,5	5	4,5	4,5
PLANUM_MIN	3,5	0	3,5	0	6	4,5
KOLOVOZ	3,5	3,5	3,5	3	5	3,5
KOLOV_MIN	0	0	0	0	0	0
R_MIN	0	0	0	0	0	0
R_MIN_BR	0	0	0	0	0	0
I_MAX	0	0	0	0	0	0
I_MAX_L	0	0	0	0	0	0
NAPOМЕНА	0	0	0	0	0	0
SNIMAC	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić
DATUM	06.06.2016.	06.06.2016.	06.06.2016.	06.06.2016.	07.06.2016.	07.06.2016.

наставак табеле:

REG_BROJ	3811ŠP05B	3811ŠP06A	3811VF07A	3811VF08A	3811VF09A
GJ	3811	3811	3811	3811	3811
RB	05	06	07	08	09
DEONICA	B	A	A	A	A

NAZIV	Banja – Vadaši	Ljuba – Vadaši	Erdevik – Ljuba	Partizanski put	Partizanski put – Manastir Đipša
OPSTINA	Šid	Šid	Šid	Šid	Šid
TOPONIM	Vadaši	Kosača	Milin do	Lipovac	Manastir Đipša
OGRANIC	NE	NE	NE	NE	NE
GOD_GRAD	0	0	0	0	0
FUNKC_KAT	ŠP	ŠP	VF	VF	VF
KOL_KONSTR	P	P	S	S	S
KOL_STANJE	DO	DO	BO	VO	BO
ODVODNJA	NE	NE	DA	DA	NE
FUNKC_ODV	NE	NE	DA	DA	NE
L_UKUPNO	0,50	1,31	1,52	3,78	0,52
L_KROZGJ	0,50	1,31	0	0,51	0,19
L_GRGJ	0	0	0,86	2,55	0,33
PLANUM	4	3,5	7	5	5
PLANUM_MIN	4	3	0	3	0
KOLOVOZ	3	3,5	6	4,5	4
KOLOV_MIN	0	3	0	3	0
R_MIN	0	16	0	0	0
R_MIN_BR	0	2	0	0	0
I_MAX	0	0	0	0	0
I_MAX_L	0	0	0	0	0
NAPOMENA	0	0	0	0	0
SNIMAC	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić
DATUM	07.06.2016.	07.06.2016.	07.06.2016.	07.06.2016.	07.06.2016.

### 6.1.5. Катастар путева у ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“

ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“ обухвата шуме у западном делу националног парка. Као што и само име говори, Газдинску јединицу чине три физички одвојене површине под шумом: Ворово, Липовача и Шидско церје. Газдинска јединица смештена је између седам насеља: Ерdevик, Љуба, Сот, Бикић До, Привина глава, Беркасово и Шид, а једним делом граничи се са Републиком Хрватском.

Са западне стране газдинске јединице протеже се државни пут IIА реда (бр. 122) од државне границе са Хрватском (гранични прелаз Љуба) до Ерdevика. Од овог пута одваја се шумски пут са асфалтним коловозом „Ворово-Надош“ (3812ŠP01A) који води до ловишта „Ворово“. На локалитету Ворово, сем асфалтног пута до ловачке куће и крака шумског пута у његовом продужетку (3812ŠP03A), до 2016. године није било других путева са тврдим коловозом. Током 2016. године изграђен је наставак овог пута као шумски пут

са туцаничким коловозом „Ворово – Надош“ (3812ŠP01B) у дужини од 2,27 km, као и шумски пут „Стовариште – Долаче“ (3812ŠP02A) у дужини од 1,18 km.

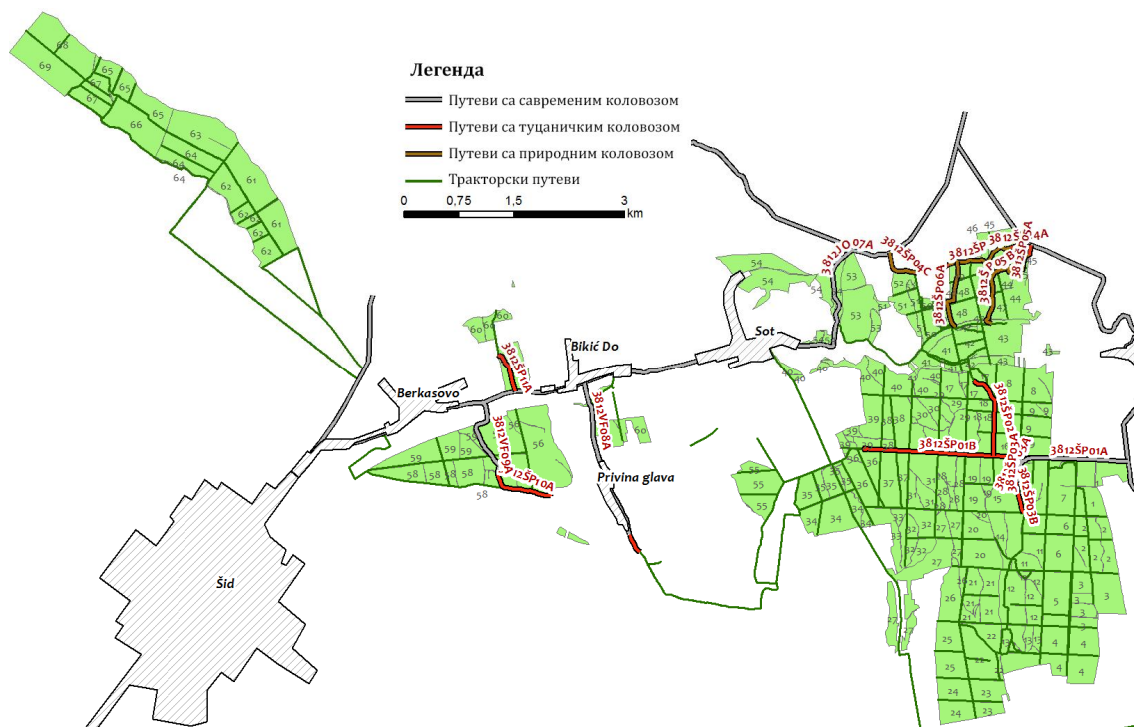
У ограђеном делу Газдинске јединице налазе се и путеви који се такође одвајају од државног пута IIА реда (бр. 122) од државне границе са Хрватском (гранични прелаз Љуба) до Ердевика. То су шумски пут Декан – Бабинац (3812ŠP04A), који чини везу са државним путем IIА реда (бр. 121) од граничног прелаза Сот до Шида и једним делом пролази кроз територију Републике Хрватске. Пут је познат по називу „Патролни пут“. Други пут је Декан – Велешић (3812ŠP05A) који спушта се ка централном делу газдинске јединице, али само првих 1,52 km имају елементе шумског пута са природним коловозом, а даље наставља као тракторски пут.

Од Патролног пута одваја се ка централном делу газдинске јединице шумски пут са природним коловозом „Бабинац – Велешић“ (3812ŠP06A) дужине 1,0 km.

Са северне стране газдинске јединице протеже се државни пут IIА реда (бр. 121) од државне границе са Хрватском (гранични прелаз Сот) до Шида (3812J007A). У пограничном делу, овај пут пролази кроз шуму, а даље повезује села Сот, Бикић До и Беркасово са Шидом. Од овог пута одваја се неколико значајних путних праваца за ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“. Један од њих је општински пут ка селу Привина глава (3812VF08A), други је општински пут од Беркасова до излетишта и хотела „Липовача“ (3812VF09A), од кога се даље наставља шумски пут са туцаничким коловозом (3812ŠP10A). Трећи значајан пут је општински пут од Берксаова до манастира Св. Петка и даље ка државној граници, који не пролази кроз газдинску јединицу, али од кога се врши одвајање ка Шидском церју. Такође, од пута Сот – Шид одваја се још један шумски пут ка локалитету Дангуба (3812ŠP11A).

Када је у питању мрежа шумских путева, Газдинска јединица одликује се слабом отвореношћу, али врло разгранатом мрежом шумских просека и тракторских путева и влака.





Карта 11: Карта путева у ГЈ „Ворово - Липовача - Шидско церје“

Табела 21: Катастар путева у ГЈ „Ворово - Липовача - Шидско церје“

REG_BROJ	3812ŠP01A	3812ŠP01B	3812ŠP02A	3812ŠP03A	3812ŠP03B	3812ŠP04A	3812ŠP04B	3812ŠP04C
GJ	3812	3812	3812	3812	3812	3812	3812	3812
RB	01	01	02	03	03	04	04	04
DEONICA	A	B	A	A	B	A	B	C
NAZIV	Vorovo - Nadoš	Vorovo - Nadoš	Stovarište - Dolače	Kapija - Šumska kuća	Kapija - Šumska kuća	Dekan - Babinac	Dekan - Babinac	Dekan - Babinac
OPSTINA	Šid	Šid	Šid	Šid	Šid	Šid	Šid	Šid
TOPONIM	Cerje	Nadoš	Dolače	Vorovo	Vorovo	Dekan	Babinac	Babinac
OGRANIC	NE	NE	NE	NE	NE	DA	DA	DA
GOD_GRAD	0	2016	2016	0	0	0	0	0
FUNKC_KAT	ŠP	ŠP	ŠP	ŠP	ŠP	ŠP	ŠP	ŠP
KOL_KONSTR	S	T	T	S	T	T	P	P
KOL_STANJE	BO	BO	BO	BO	BO	DO	DO	DO
ODVODNJA	DA	NE	NE	NE	DA	NE	NE	NE
FUNKC_ODV	DA	NE	NE	NE	DA	NE	NE	NE
L_UKUPNO	1,30	2,27	1,18	0,43	0,44	0,32	0,97	0,53
L_KROZGJ	0	2,27	1,18	0,43	0,44	0,32	0,50	0
L_GRGJ	1,30	0	0	0	0	0	0,47	0,30
PLANUM	5	5	5	5	5	5	4	4
PLANUM_MIN	0	0	0	0	0	0	3,5	4
KOLOVOZ	3,5	3	3	3,5	3	3	3	3
KOLOV_MIN	0	0	0	0	0	0	0	0
R_MIN	0	0	0	0	0	15	0	0
R_MIN_BR	0	0	0	0	0	1	0	0

I_MAX	0	0	16	0	0	0	0	0
I_MAX_L	0	0	0,14	0	0	0	0	0
NAPOMENA	0	0	0	0	0	Patrolni put uz granicu sa Hrvatskom	Patrolni put uz granicu sa Hrvatskom	Patrolni put uz granicu sa Hrvatskom
SNIMAC	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić
DATUM	06.06.2016.	06.06.2016.	06.06.2016.	06.06.2016.	07.06.2016.	07.06.2016.	07.06.2016.	07.06.2016.

наставак табеле:

REG_BROJ	3812ŠP05A	3812ŠP05B	3812ŠP06A	3812JO07A	3812VF08A	3812VF09A	3812ŠP10A	3812ŠP11A
GJ	3812	3812	3812	3812	3812	3812	3812	3812
RB	05	05	06	07	08	09	10	11
DEONICA	A	B	A	A	A	A	A	A
NAZIV	Dekan – Velešić	Dekan – Velešić	Babinac – Velešić	Sot - Zaravan	Bikić Do – Privina glava	Berkasovo – Lipovača	Lipovača – Privina glava	Berkasovo – Danguba
OPSTINA	Šid	Šid	Šid	Šid	Šid	Šid	Šid	Šid
TOPONIM	Dekan	Babinac	Babinac	Tođilo	Travnjak	Lipovača	Lipovača	Danguba
OGRANIC	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
GOD_GRAD	0	0	0	0	0	0	0	0
FUNKC_KAT	ŠP	ŠP	ŠP	JO	VF	VF	ŠP	ŠP
KOL_KONSTR	T	P	P	S	S	S	T	T
KOL_STANJE	BO	DO	DO	BO	DO	BO	BO	DO
ODVODNJA	NE	NE	NE	DA	NE	DA	NE	NE
FUNKC_ODV	NE	NE	NE	DA	NE	DA	NE	NE
L_UKUPNO	0,12	1,52	1,00	2,10	0,72	0,94	0,86	0,58
L_KROZGJ	0	1,52	1,00	1,20	0,14	0,74	0,18	0,58
L_GRGJ	0,12	0	0	0,65	0,20	0,20	0,68	0
PLANUM	4	3,5	4	7	5	5	4	4
PLANUM_MIN	4	3	4	0	0	0	4	3,5
KOLOVOZ	3	3,5	3	6	4	4	3	3
KOLOV_MIN	0	3	0	0	0	0	0	0
R_MIN	0	10	15	0	0	0	0	0
R_MIN_BR	0	2	1	0	0	0	0	0
I_MAX	0	0	0	12	0	0	0	12
I_MAX_L	0	0	0	0,35	0	0	0	0,20
NAPOMENA	Put izvan ograde	0	0	0	0	0	0	0
SNIMAC	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić	Dušan Stojnić
DATUM	06.06.2016.	06.06.2016.	06.06.2016.	06.06.2016.	07.06.2016.	07.06.2016.	07.06.2016.	07.06.2016.

## 6.2. ГИС пројекат и ДМТ истраживаног подручја

Да би стекао јасан увид у стање шума, израђен је ГИС пројекат истраживаног подручја. Израда ГИС пројекта подразумева повезивање

векторизованих полигона – одељења и одсека са базом података, тј. основом газдовања шумама. ГИС пројекат у различитим слојевима садржи просторне податке о различитим темама, а сваки слој повезан са својом табелом атрибута, односно базом података, омогућује анализирање просторних података комбиновањем више упита у исто време.

С обзиром да основе газдовања шумама садрже велику количину информација о сваком одсеку и газдинској јединици уопште, било би нерационално визуелно представљање свих информација. Из тог разлога, за израду ГИС пројекта коришћени су подаци о одсецима који су у процесу групног одлучивања од стране експерата изабрани као најутицајнији на планирање развоја мреже шумских путева. Треба нагласити да подаци о рељефу нису узети из основа газдовања, већ су добијени на основу израђеног дигиталног модела терена.

Поред тога, за сваку газдинску јединицу прикупљени су и други релевантни подаци који могу бити од значаја приликом планирања развоја мреже шумских путева, а који се по сили закона морају узети у обзир, као што су: подручја и објекти под строгим режимом заштите, културна и материјална добра, излетишта и др.

Дигитални модел терена (ДМТ) израђен је дигитализацијом (векторизовањем) садржаја рељефа (кота и изохипси) са геореференцираних топографских карата размере 1:25.000. Израђени модел је високе резолуције (20 m) и на основу овог модела израђени су растери надморских висина, нагиба и експозиције терена.

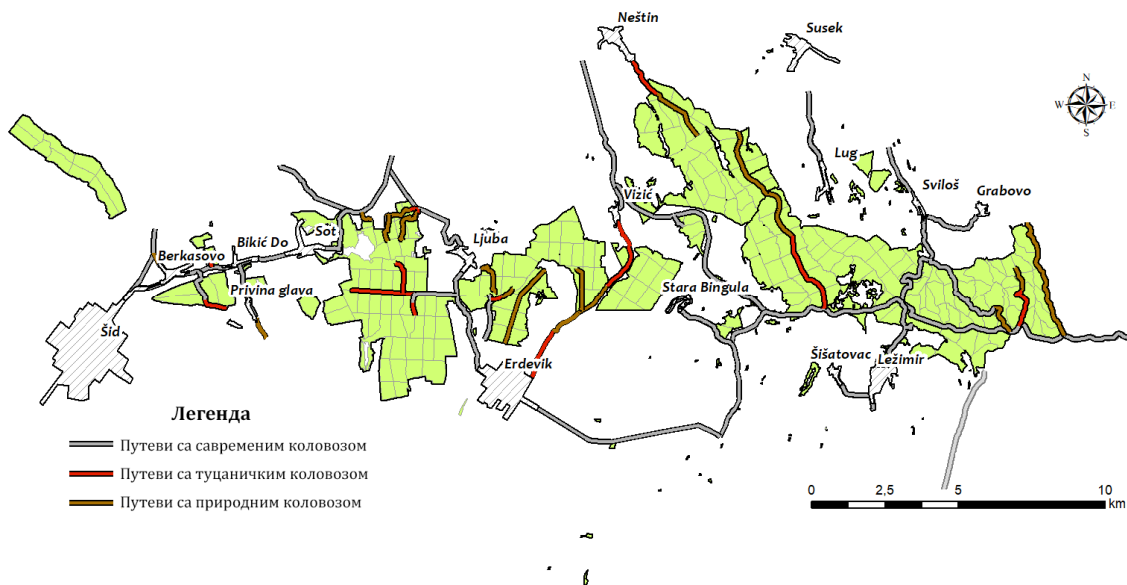
### **6.3. Тренутно стање мреже шумских путева**

На основу прикупљених података на терену и спроведених анализа, извршена је оцена тренутног стања мреже шумских путева на подручју пет газдинских јединица које су предмет ових истраживања. Оцена тренутног стања мреже шумских путева приказана је преко основних показатеља

отворености шума: густине мреже шумских путева, средње транспортне дистанце, релативне отворености и коефицијента ефикасности мреже путева.

### 6.3.1. Густина мреже шумских путева

Густина мреже шумских путева одређена је на основу методологије описане у поглављу 5.4.1. Густина мреже је израчуната за сваку газдинску јединицу посебно, а затим и за подручје истраживања у целини. Приликом рачунања густине мреже шумских путева у обзир су узети путеви који се могу користити за потребе шумарства, тј. шумски путеви, вишефункционални путеви и јавни путеви са ограниченом могућношћу коришћења. На *Карти 12* приказана је мрежа јавних и шумских путева на истраживаном подручју.



Карта 12: Мрежа јавних и шумских путева у истраживаном подручју

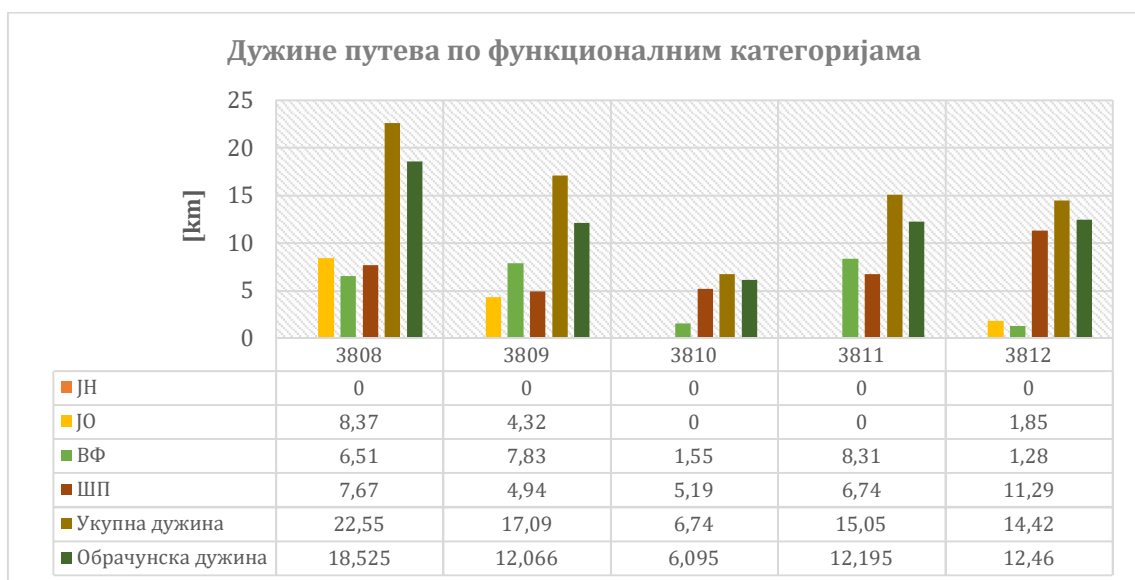
У *Табели 22* приказана је густина мреже јавних и шумских путева за сваку газдинску јединицу, као и густина мреже путева за подручје истраживања.

Табела 22: Густина мреже путева по газдинским јединицама

Ред. бр.	Газдинска јединица	Површина	Укупна дужина путева	Обрачунска дужина путева	Густина мреже путева
		[ha]	[m]	[m]	[m/ha]
1.	ГЈ „Равне“	1.476,23	22.550	18.525	12,55

2.	ГЈ „Биклав“	1.667,25	17.092	12.066	7,24
3.	ГЈ „Јанок“	1.239,43	6.740	6.095	4,92
4.	ГЈ „Гвоздењак – Лице“	1.516,09	15.050	12.195	8,04
5.	ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“	2.280,61	14.420	12.460	5,46
6.	<b>УКУПНО</b>	<b>8.179,61</b>	<b>75.852</b>	<b>61.341</b>	<b>7,11</b>

На графикону који следи приказана је дужина путева по функционалним категоријама за сваку газдинску јединицу, затим укупна дужина путева по газдинским јединицама и обрачунска дужина путева, тј. дужина путева на основу које је рачуната густина мреже путева.



Графикон 1: Дужина путева по функционалним категоријама у газдинским јединицама

### 6.3.2. Средња транспортна дистанца

У газдинским јединицама које су предмет истраживања, прва фаза транспорта обавља се адаптираним пољопривредним тракторима са витлом, тракторским екипажама, али и анималима. У случају када се примењују трактори са витлом, прва фаза транспорта дрвних сортимената најчешће се састоји из следећих подфаза:

1. привлачење дрвних сортимената по земљи до трактора,

2. вуча трактором по земљи до тракторског пута или шумске просеке, и
3. вуча по тракторском путу или шумској просеци до привременог или централног стоваришта на камионском путу.

У неким случајевима појављује се још једна подфаза, а то је превоз дрвних сортимената тракторским екипажама по камионском путу од привременог до централног стоваришта. Ово је посебно изражено у ГЈ „Равне“ на шумском путу са савременом (крутом) коловозном конструкцијом, којим је због ширине коловоза отежано кретање камиона са приколицом.

Спровођење прве фазе транспорта у условима добро развијене мреже тракторских путева и шумских просека, посебно у равничарским подручјима, као што је случај у Газдинској јединици „Ворово – Липовача – Шидско церје“, најчешће се обавља тракторским екипажама. У овом случају, прва фаза транспорта дрвних сортимената састоји се из две подфазе које се одвијају истим средством рада у континуитету:

1. подфаза превоза дрвних сортимената по сечини (од места сече до тракторског пута или шумске просеке), и
2. подфаза превоза дрвних сортимената по тракторским путевима или шумским просекама до привременог стоваришта на камионском путу.



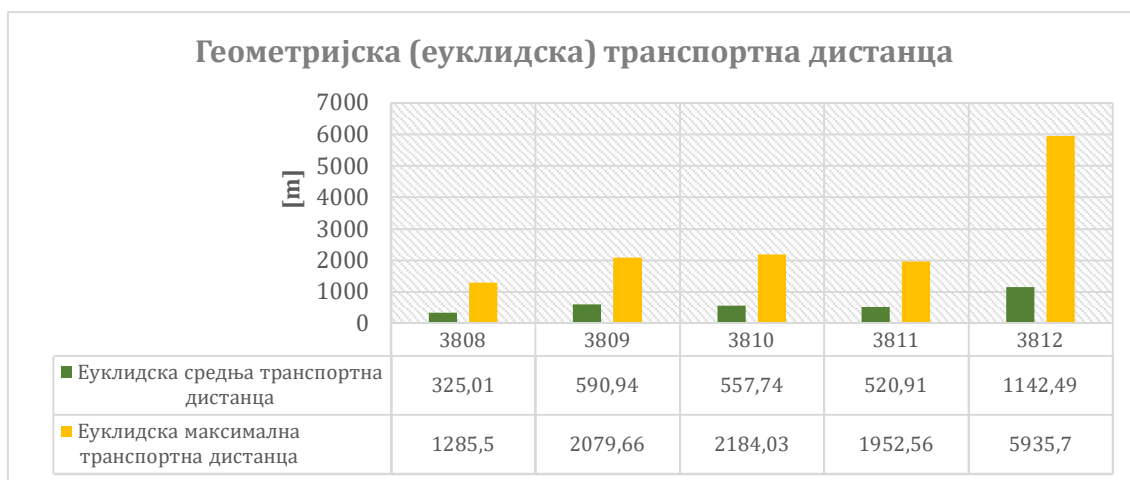
Слика 14: Тракторска екипажа у ГЈ „Гвоздењак – Лице“

### 6.3.2.1. Геометријска (еуклидска) транспортна дистанца

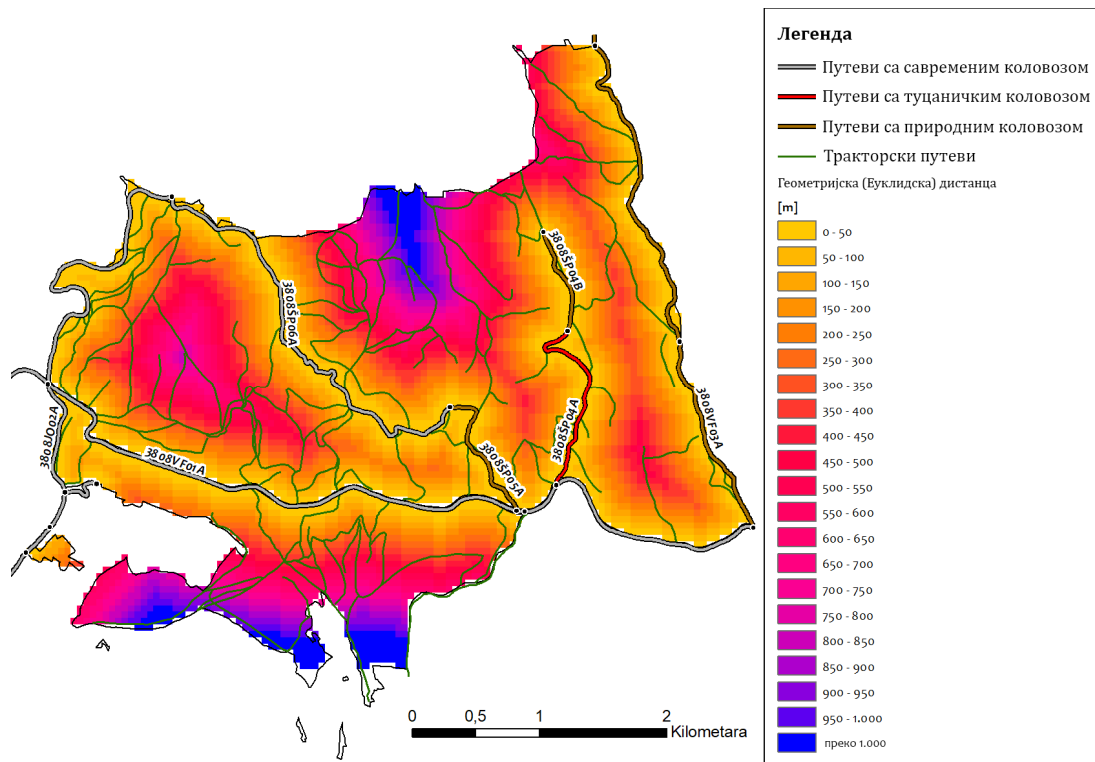
Геометријска (еуклидска) транспортна дистанца за сваку газдинску јединицу посебно одређена је функцијом *Euclidean distance* у софтверу *ArcGIS 10*. Приликом рачунања дистанце у обзир су узети сви путеви који имају значај за газдовање шумама (ЈО, ВФ и ШП). Изабрана величина ћелије је 50 x 50 m, што је касније искоришћено и за формирање мреже тачака и рачунање стварне средње транспортне дистанце.

На картама испод приказана је геометријска (еуклидска) транспортна дистанца за сваку газдинску јединицу, при чему су удаљености од путева представљене градијентом боја од жуте преко црвене до плаве боје, са интервалом промене од 50 m.

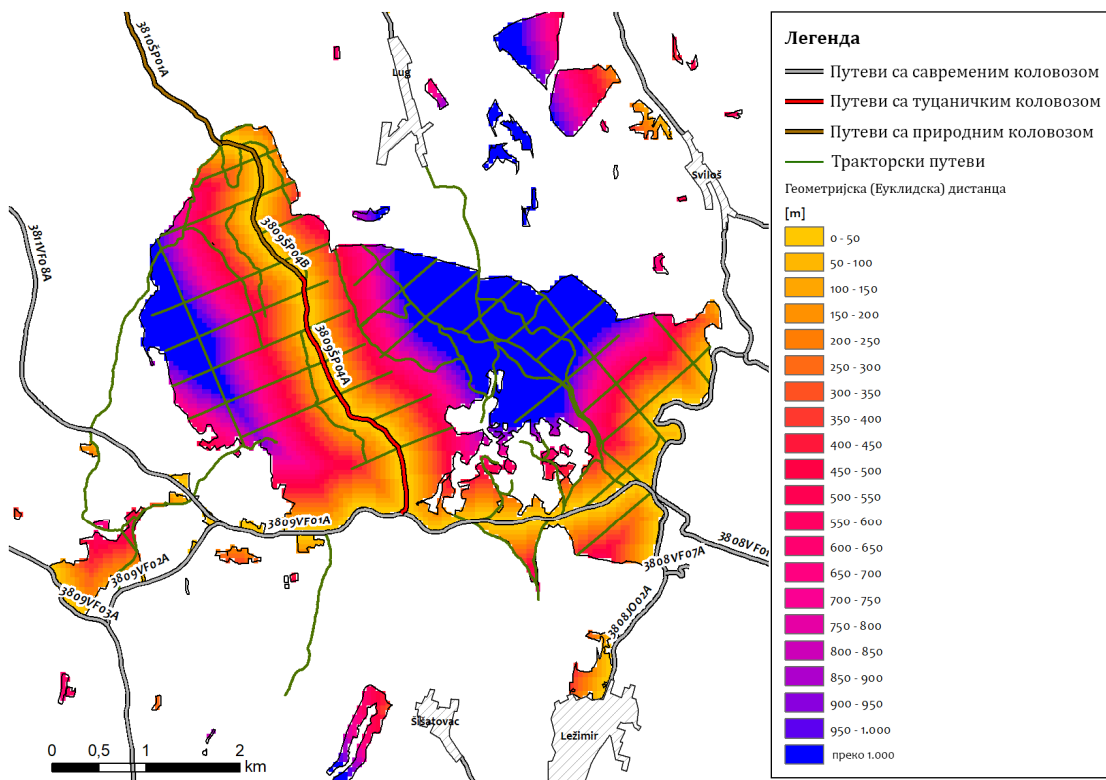
Поред тога, за сваку газдинску јединицу одређена је средња геометријска (еуклидска) дистанца преко алата за статистичку обраду података у *ArcGIS*-у.



Графикон 2: Геометријска (еуклидска) средња и максимална транспортна дистанца

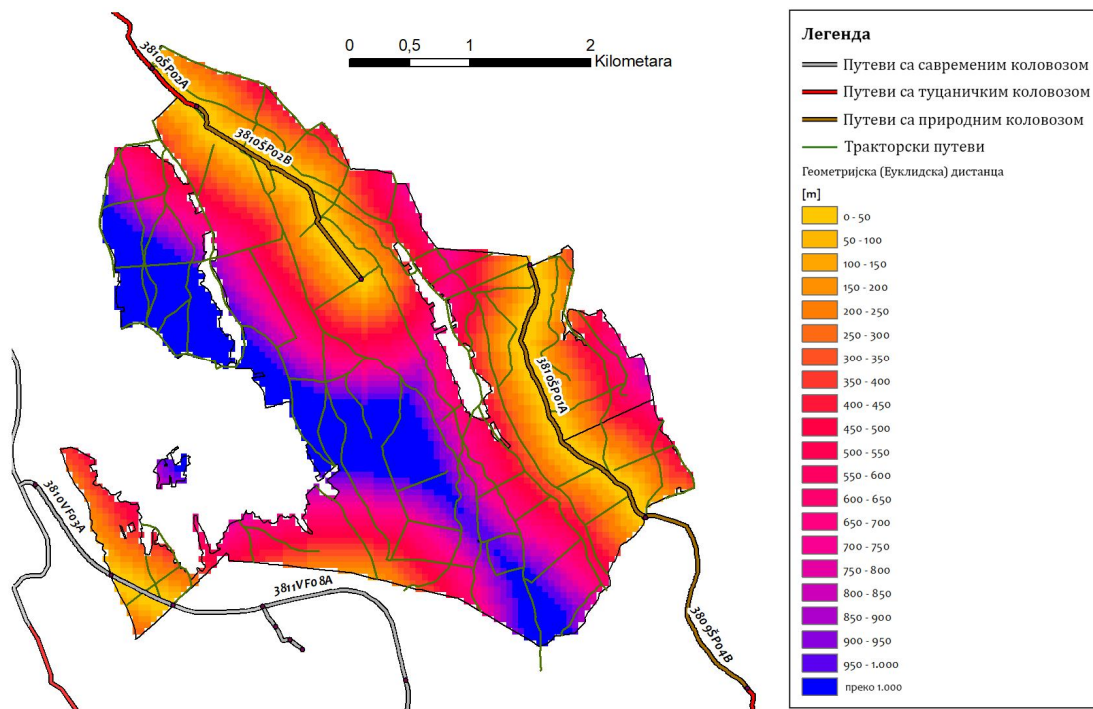


Карта 13: Еуклидска транспортна дистанца у ГЈ „Равне“

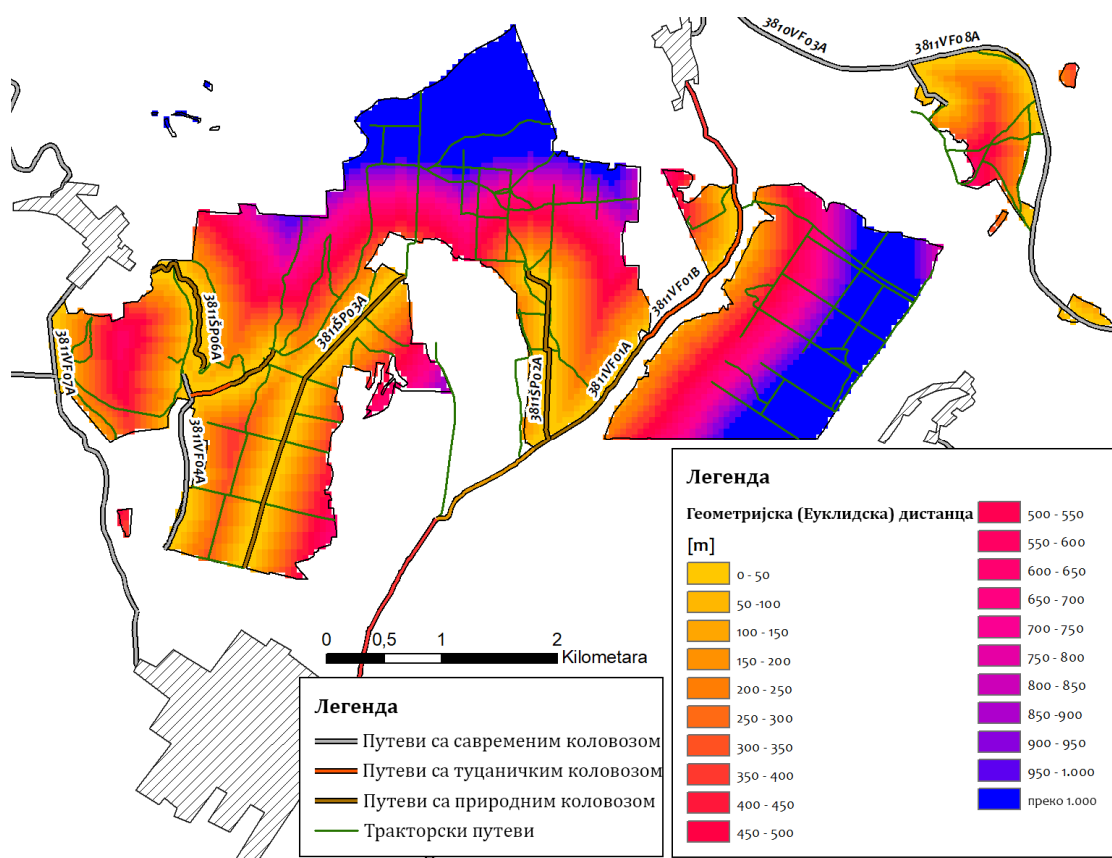


Карта 14: Еуклидска транспортна дистанца у ГЈ „Биклав“

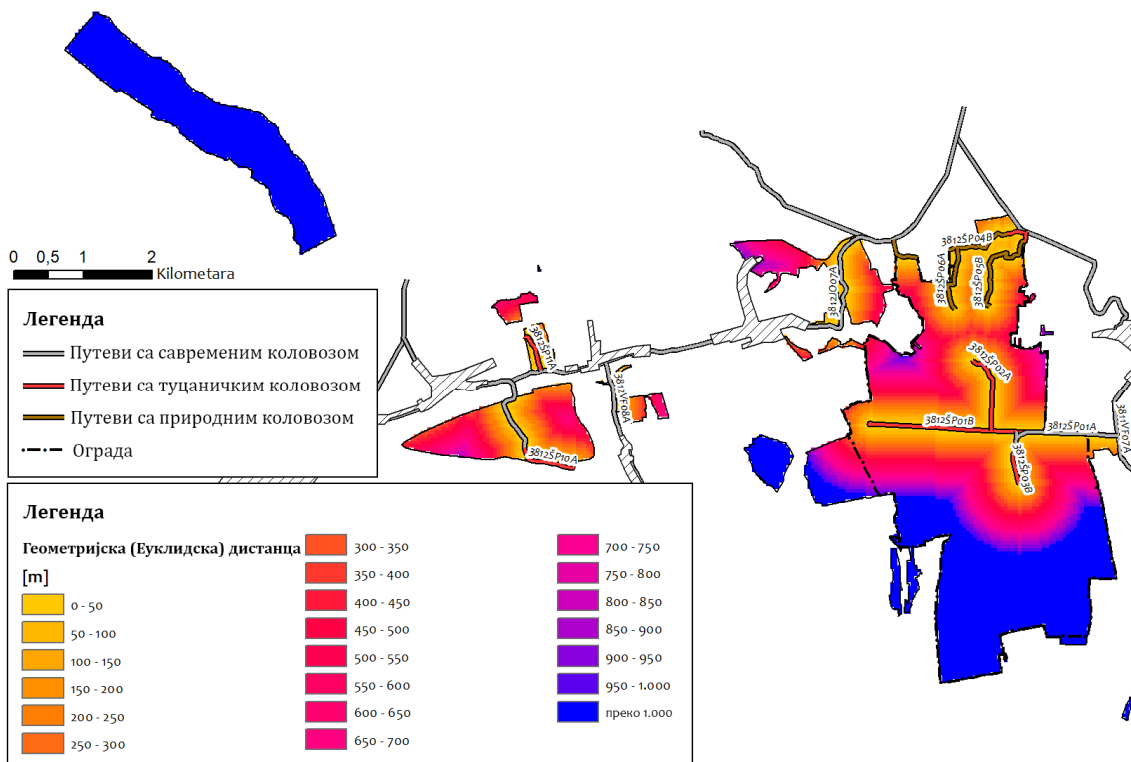




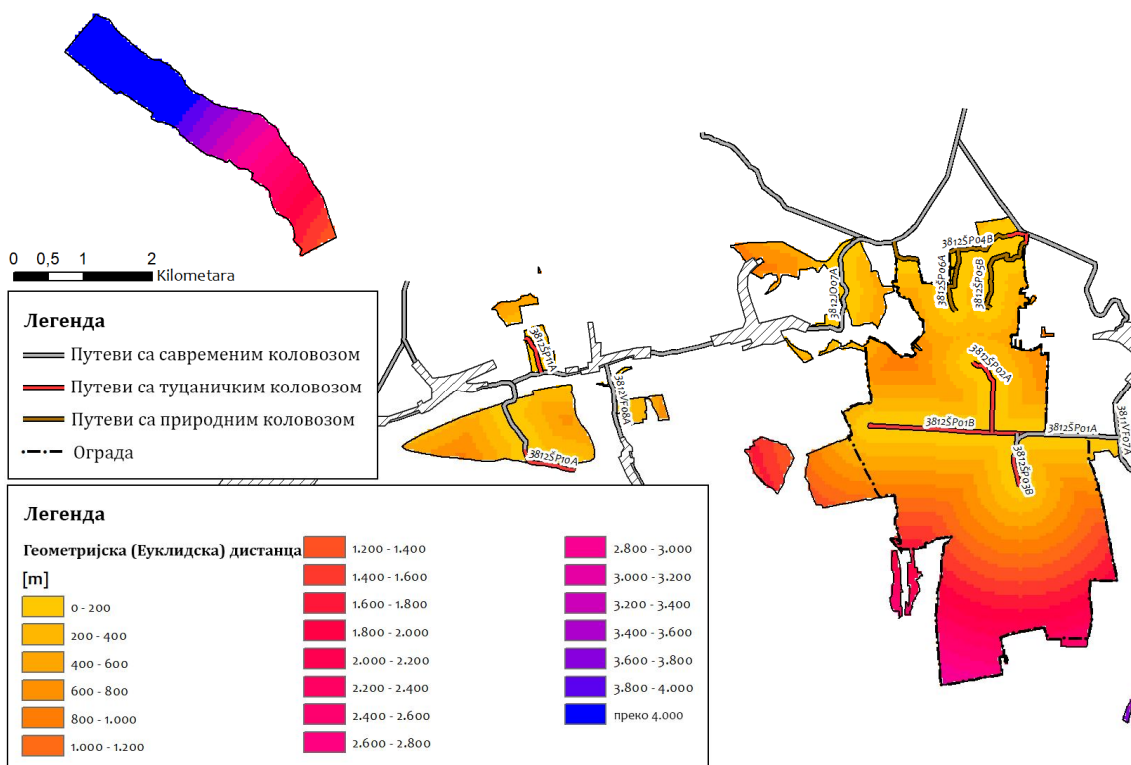
Карта 15: Еуклидска транспортна дистанца у ГЈ „Јанок“



Карта 16: Еуклидска транспортна дистанца у ГЈ „Гвоздењак – Лице“



Карта 17: Еуклидска транспортна дистанца у ГЈ „Ворово - Липовача - Шидско церје“



Карта 18: Еуклидска транспортна дистанца у ГЈ „Ворово - Липовача - Шидско церје“ са интервалима од 200 т

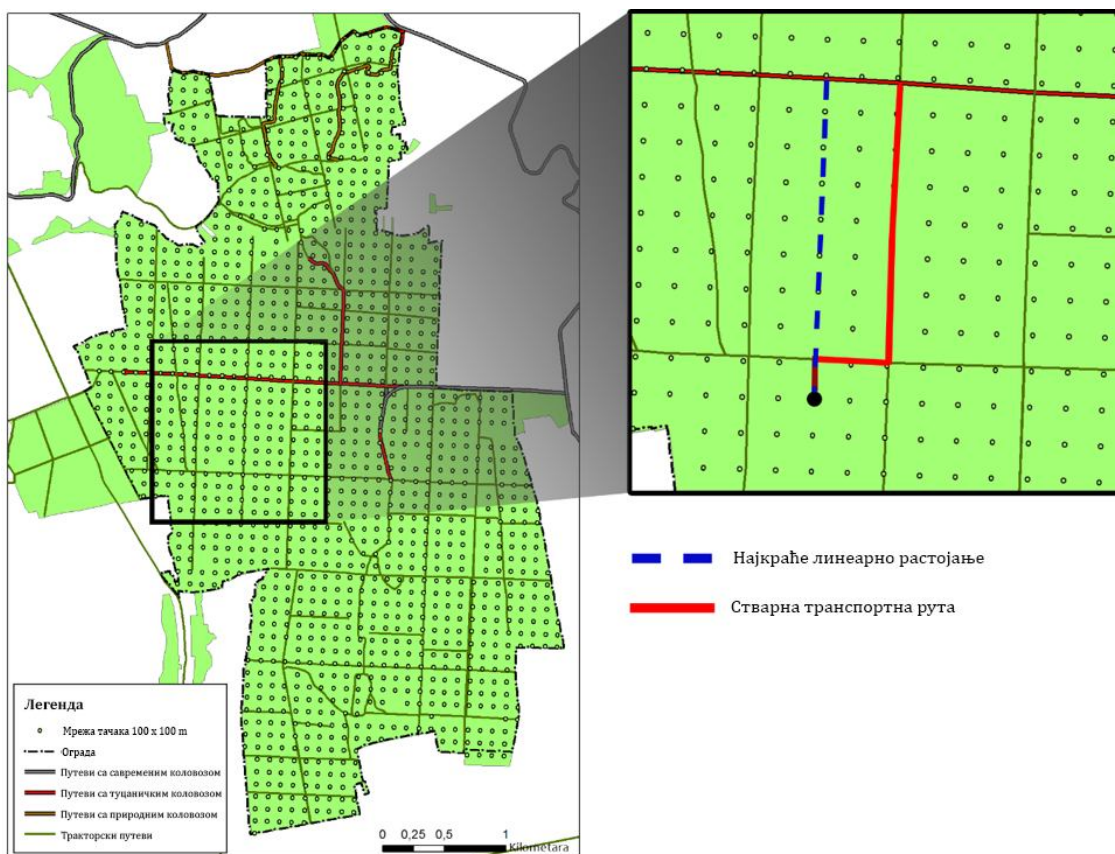
### 6.3.2.2. Фактор корекције средње транспортне дистанце

У методу рада наведен је начин одређивања фактора корекције средње транспортне дистанце. За газдинске јединице које припадају брдском типу рељефа примењене су вредности „коэффициента развијања линије пута“ које је предложио *Jeličić (1985b)*. Међутим, због специфичности газдинске јединице „Ворово – Липовача – Шидско церје“ која већим делом припада равничарском типу рељефа, а у којој је развијена мрежа тракторских влака и шумских просека, фактор корекције одређен је посебно за сваки део шумског комплекса.

Као што и само име газдинске јединице „Ворово – Липовача – Шидско церје“ говори, ова Газдинска јединица састоји се из три целине, од којих свака представља шумски комплекс окружен пољопривредним земљиштем. На подручју ограђеног дела газдинске јединице, тј. на подручју ловишта посебне намене „Ворово“, постављана је мрежа од 1.375 тачака међусобног растојања 100 x 100 m. Од сваке тачке одређено је најкраће линеарно растојање до шумског пута и установљено је да је просечна удаљеност тачака од шумског пута 806,26 m. Ради одређивања фактора корекције средње транспортне дистанце симулиране су руте кретања транспортних средстава у првој фази транспорта. Симулацијом су обухваћене руте кретања транспортног средства од 138 тачака (10% од укупног броја) до шумског пута. Аритметичка средина удаљености ових 138 тачака од шумских путева износила је 808,65 m, што приближно одговара и просеку за свих 1.375 тачака (806,26 m).

Приликом симулације пошло се од претпоставке да се транспортно средство од сваке тачке у мрежи креће по земљи (шумском беспућу) ка најближој тракторској влаци или просеци, а затим по тракторској влаци или просеци до камионског пута. Измерене дистанце кретања по земљи (дистанца од неке тачке до влаке или просеке) увећане су за вредност коэффициента развијања линије пута (за нагибе од 5 до 10% коэффициент је 1,106) због могућих препрека које транспортно средство мора да заобиђе током кретања (дубећа и посечена стабла, пањеви и друге препреке) и врло благих нагиба

терена у неким деловима. Измерена дистанца кретања по тракторским влакама или шумским просекама до шумског пута усвојена је без икаквих увећања. Збрајањем кориговане дистанце кретања по земљи и дистанце по тракторској влаци или просеци, добијена је стварна средња транспортна дистанца од сваке тачке до шумског пута. Просечна стварна средња транспортна дистанца за анализираних 138 тачака у мрежи износила је 1.057,43 m. На основу односа стварне и најкраће дистанце установљен је фактор корекције тј. коефицијент продужења транспортне дистанце за подручје Ворове и он износи 1,31. Множењем аритметичке средине најкраћих растојања за свих 1.375 тачака у мрежи са фактором корекције, добија се стварна средња транспортна дистанца и она износи 1.056,20 m.



Слика 15: Мрежа тачака у огађеном делу ГЈ

Поступак је поновљен и за друге делове газдинске јединице, Липовачу и Шидско церје. Резултати ових анализа дати су у следећој табели.

Табела 23: Фактори корекције за шуме у ГЈ „Ворово - Липовача - Шидско церје“

	Ворово	Липовача	Шидско церје
<b>за све тачке у мрежи</b>			
Број тачака	1.375	256	329
Просечна удаљеност [m]	806,26	414,21	4.807,41
<b>за 10% тачака из мреже</b>			
Број тачака	138	26	33
Просечна удаљеност [m]	808,65	448,54	4.835,61
Коефицијент развијања линије пута	1,106	1,106	1,101
Просечна дистанца по земљи	92,58	158,29	92,92
Просечна дистанца по влакама и просекама	956,36	496,23	5.886,27
Укупна просечна дистанца	1.057,93	654,52	5.979,19
<b>Фактор корекције</b>	<b>1,31</b>	<b>1,46</b>	<b>1,24</b>

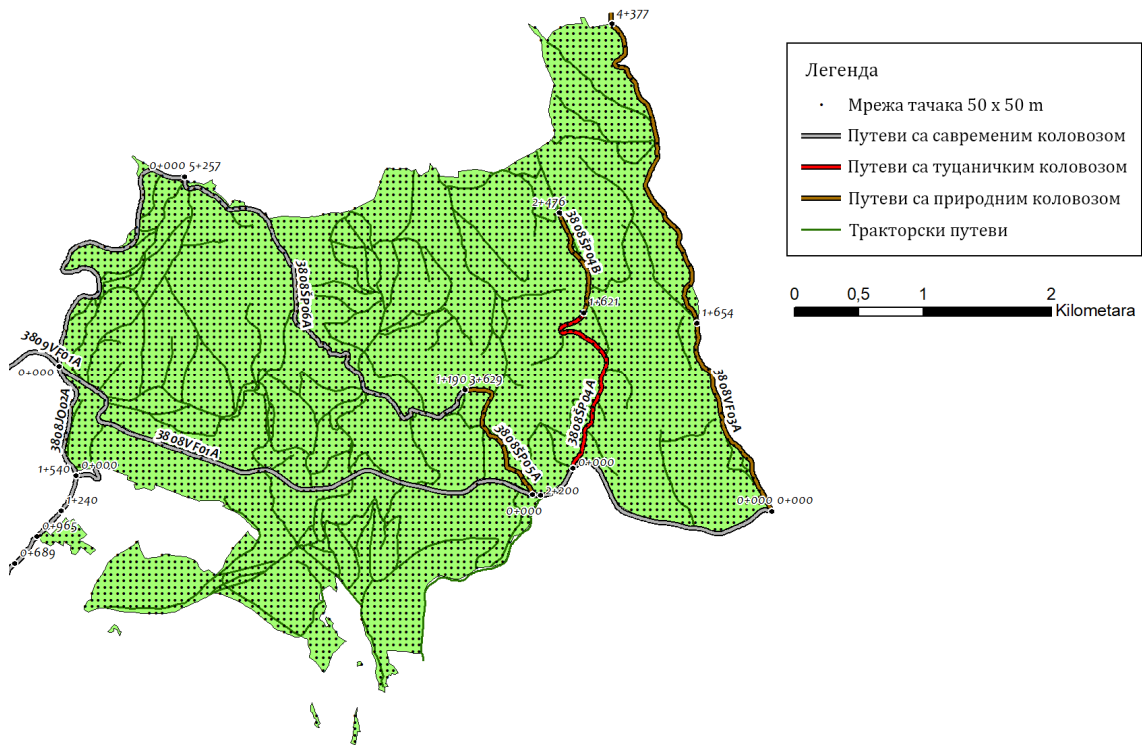
Шидско церје је шумски комплекс окружен пољопривредним површинама, а једини приступ шуми од асфалтног пута је преко атарских путева. Због ограниченог простора уз асфалтни пут, привремено стовариште формирано је у близини раскрснице два асфалтна пута: Беркасово – Балска (Хрватска) и Шид – Беркасово. Из тог разлога, превоз дрвних сортимената тракторским екипажама одвија се не само по земљи (шумском беспућу), већ и по тракторским влакама, шумским просекама, атарским путевима и јавним путем.

### 6.3.2.3. Стварна средња транспортна дистанца

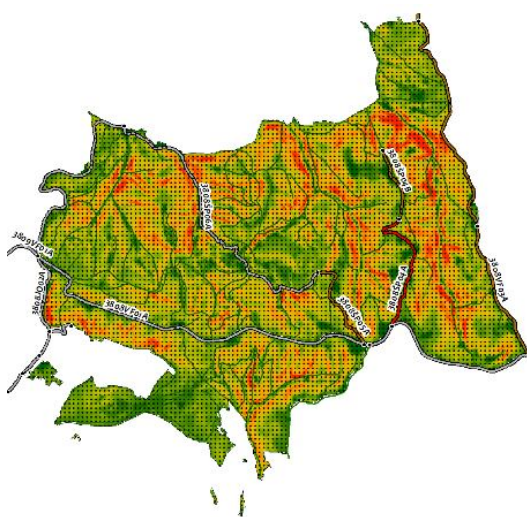
За рачунање средње транспортне дистанце постављена је правилна мрежа тачака густине 50 x 50 m преко површине коју покрива газдинска јединица. Након тога, функцијом *Extract Multi Values to Points*, са растера нагиба терена издвојена је вредност нагиба ћелије на којој се налази тачка, а са растера етата издвојена је количина дрвне масе која ће бити посечена. Затим су установљена најкраћа растојања од сваке тачке из мреже до најближег пута и помножена су фактором корекције који је за равничарска подручја одређен симулацијом транспортних рута, а за брдско-планинска подручја према

препорукама других истраживача. Стварна средња транспортна дистанца израчуната је преко обрасца 2 који је наведен у поглављу Метод рада.

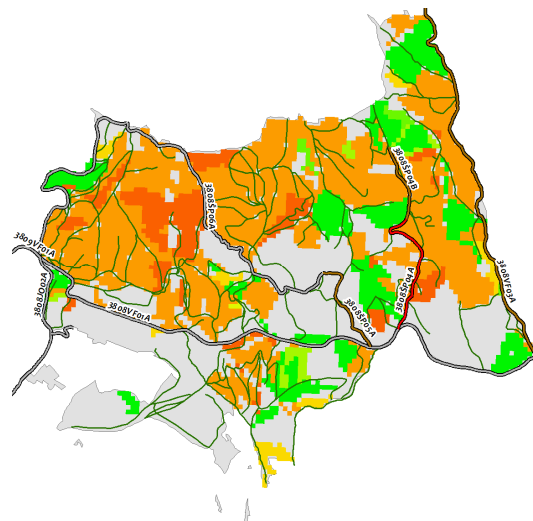
На подручју ГЈ „Равне“ која припада брдско-планинском типу рељефа, постављена је мрежа од 5.980 тачака.



Карта 19: Мрежа тачака густине 50 x 50 m у ГЈ „Равне“

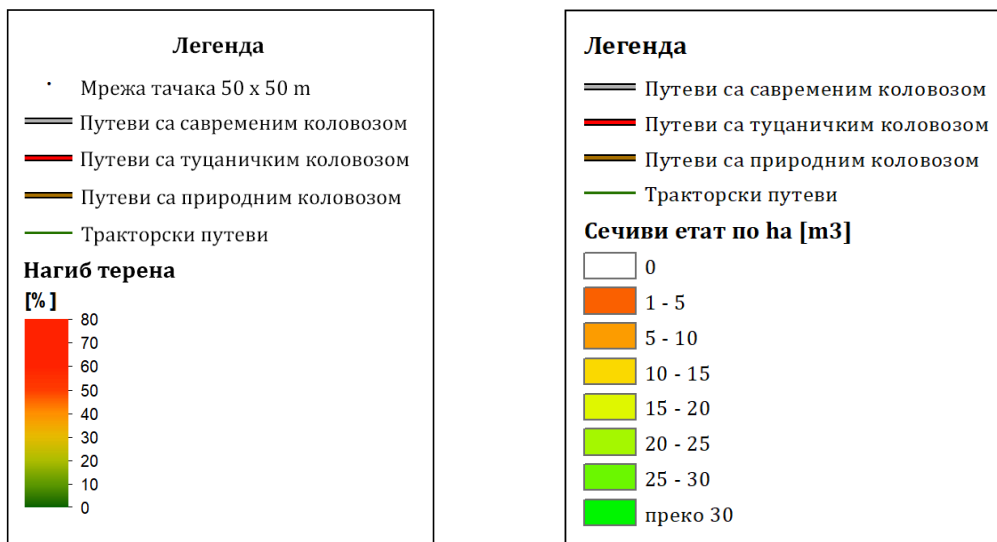


Карта 20: ГЈ „Равне“ – дистрибуција нагиба терена



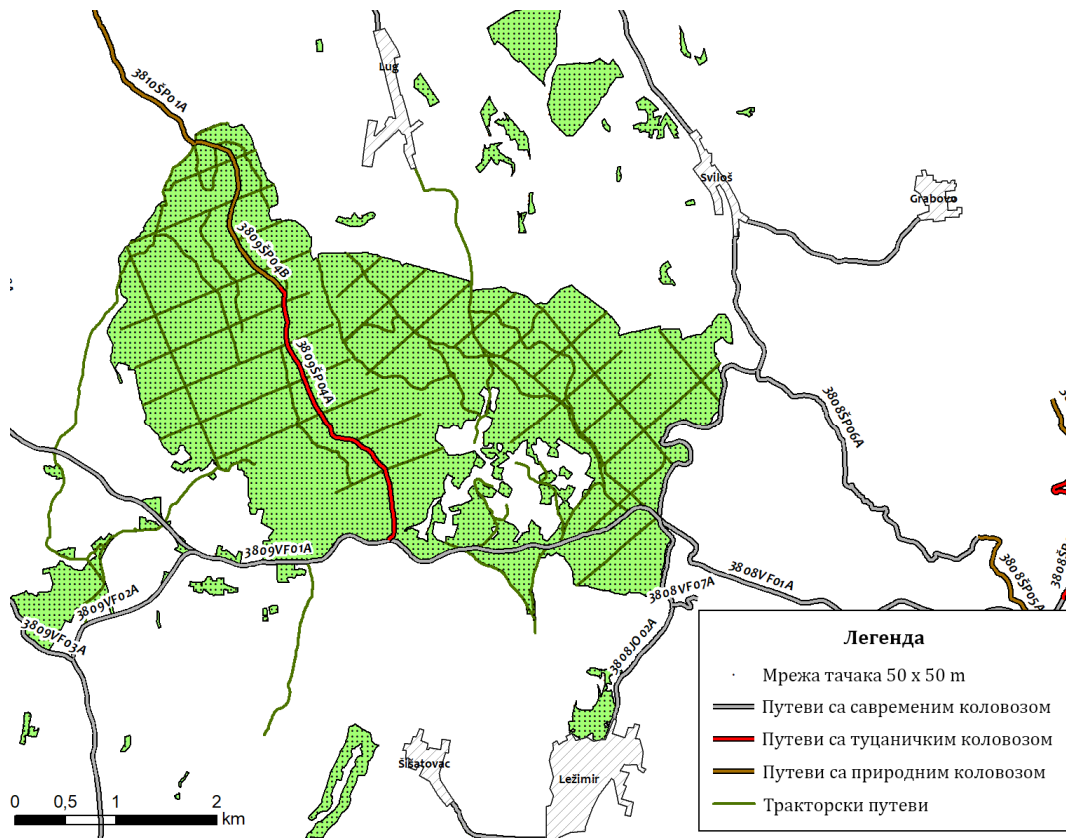
Карта 21: ГЈ „Равне“ – дистрибуција сечивог етата по ha

На легендама које следе приказана је дистрибуција нагиба и сечивог етата. Легенда са дистрибуцијом надморских висина важи за карте 20, 23, 26, 29 и 32, а легенда са дистрибуцијом сечивог етата важи за карте 21, 24, 27, 30 и 33.

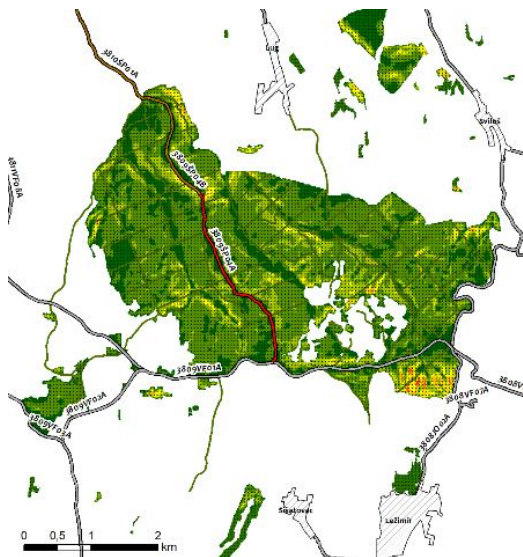


Транспортне дистанце у ГЈ „Равне“ крећу се у интервалу од 0 до 2.524 m, а средња транспортна дистанца износи 413,11 m. Средња удаљеност тачака од пута износи 433,80 m.

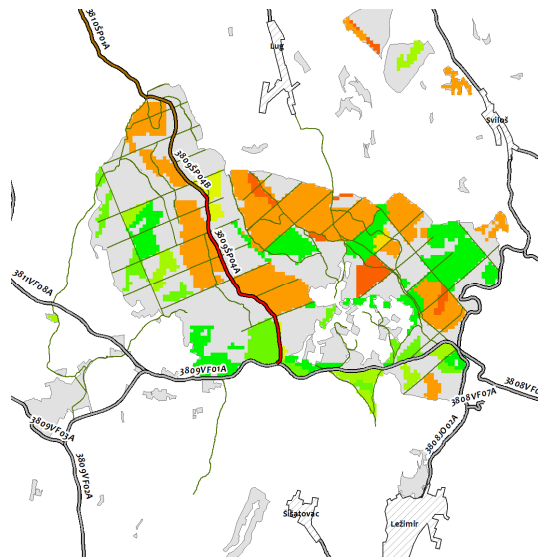
Површину ГЈ „Биклав“ покрило је 6.832 тачке распоређених на растојању 50 x 50 m. Транспортне дистанце крећу се од 1 до 2.467,75 m, а средња транспортна дистанца износи 728,41 m. Средња удаљеност тачака од пута износи 708,08 m.



Карта 22: Мрежа тачака густине 50 x 50 m у ГЈ „Биклав“



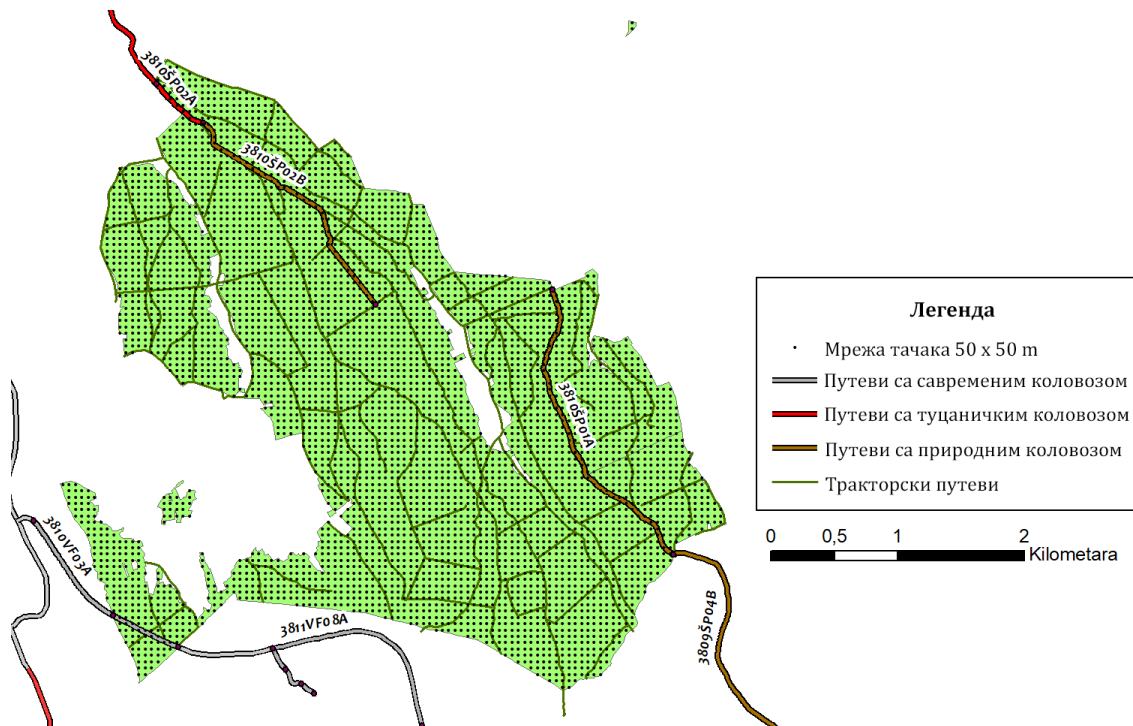
Карта 23: ГЈ „Биклав“ – дистрибуција нагиба терена



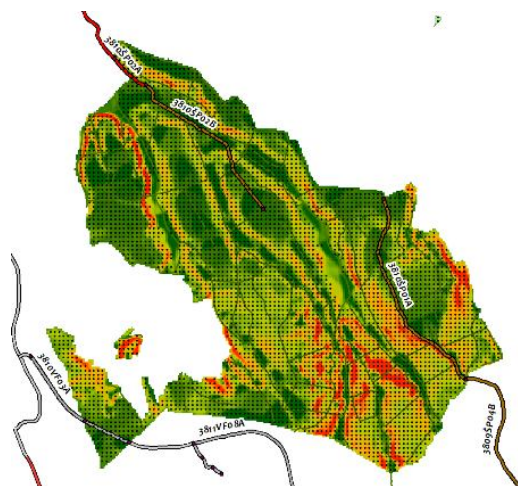
Карта 24: ГЈ „Биклав“ – дистрибуција сечивог етата по ha



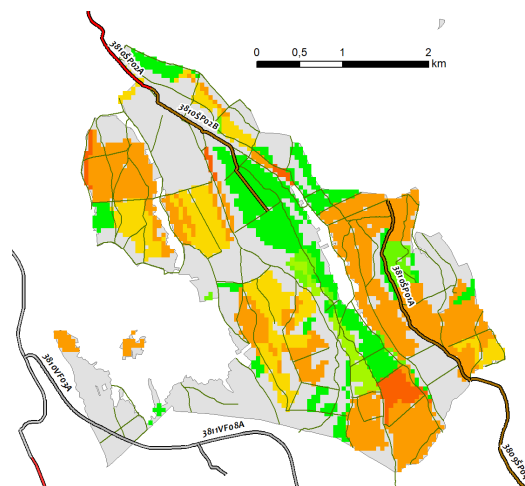
На подручју ГЈ „Јанок“ транспортне дистанце крећу се од 1 до 1.800 m, а средња транспортна дистанца износи 617,23 m, док је средња удаљеност 652,30 m. Ове вредности добијене су на основу постављене мреже од 5.037 тачака густине 50 x 50 m.



Карта 25: Мрежа тачака густине 50 x 50 m у ГЈ „Јанок“

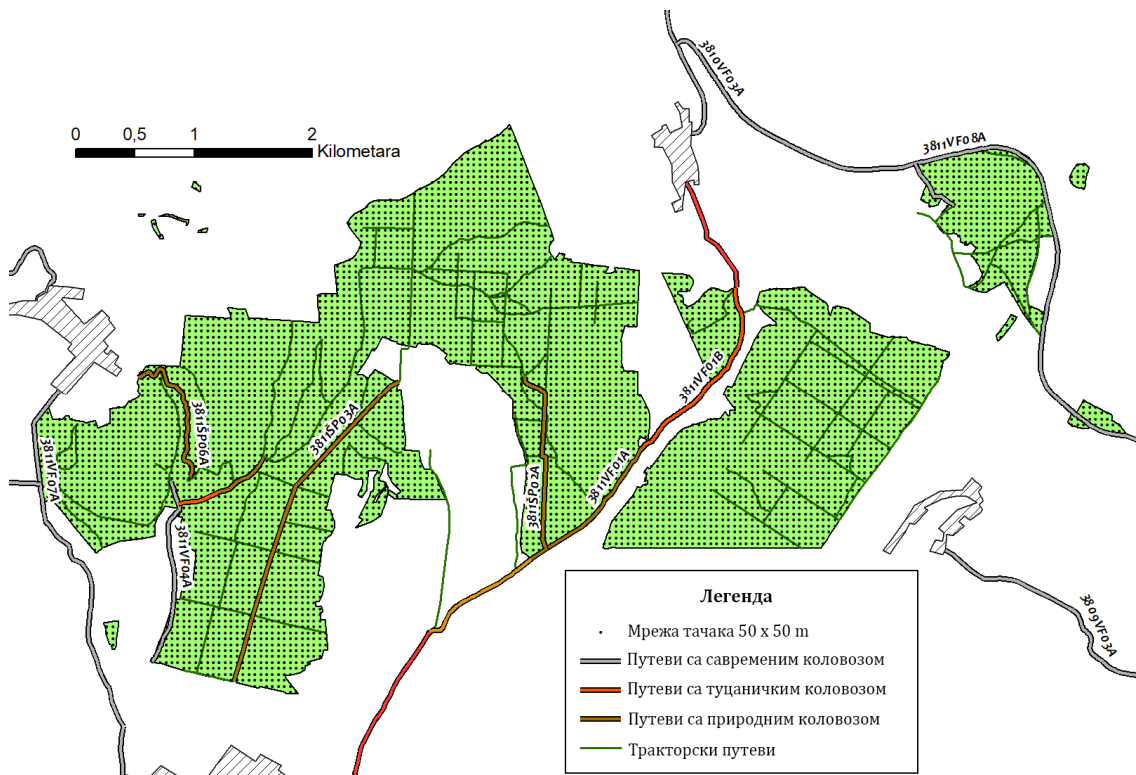


Карта 26: ГЈ „Јанок“ – дистрибуција нагиба терена

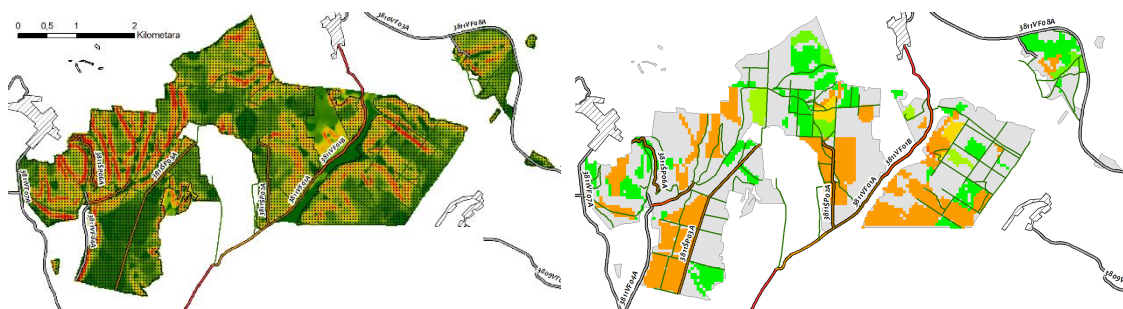


Карта 27: ГЈ „Јанок“ – дистрибуција сечивог етата по ha

На површини ГЈ „Гвоздењак – Лице“ постављена је мрежа од 6.212 тачака. Средња удаљеност тачака од најближег пута износи 648,45 m, док се транспортне дистанце крећу од 10 до 2.425 m, а средња транспортна дистанца износи 728,45 m.

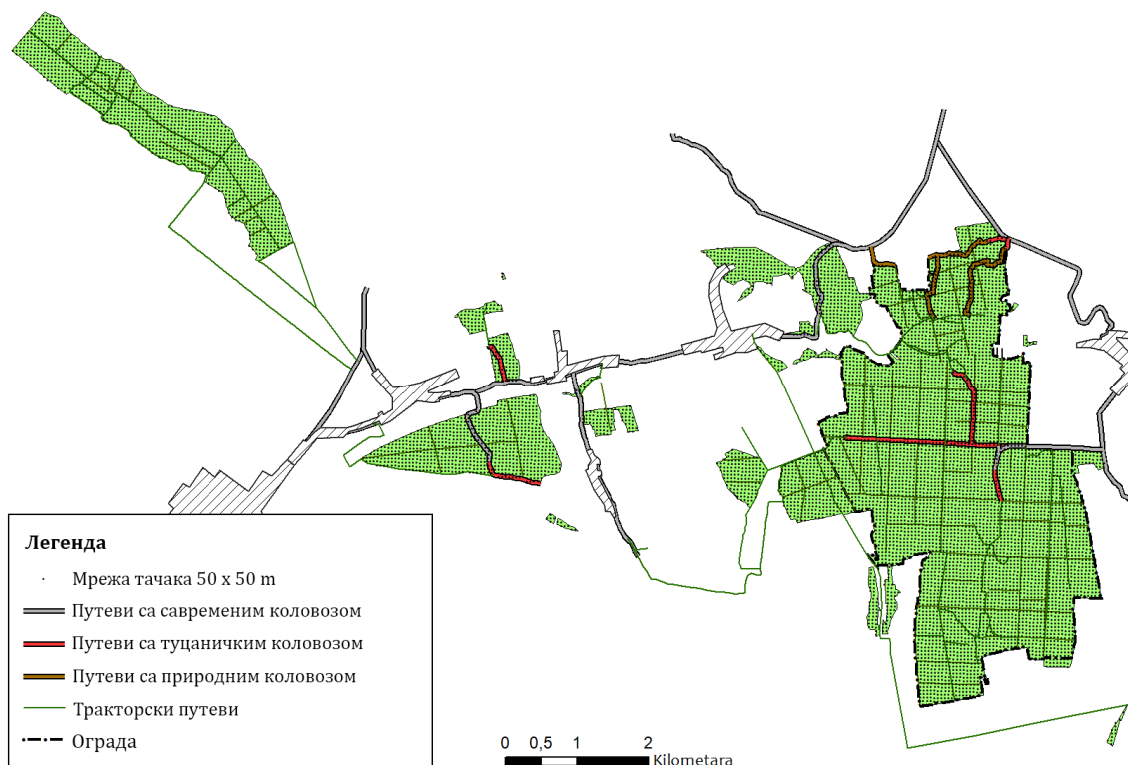


Карта 28: Мрежа тачака густине 50 x 50 m у ГЈ „Гвоздењак-Лице“

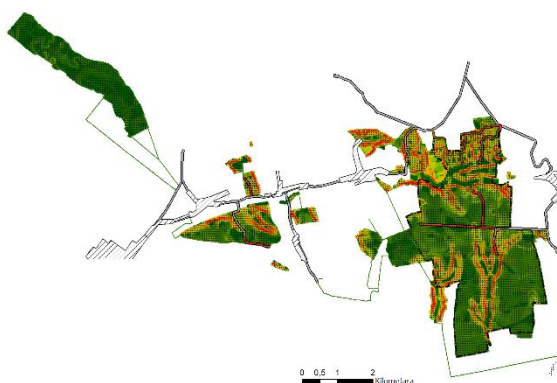


Карта 29: ГЈ „Гвоздењак-Лице“ – дистрибуција нагиба терена  
Карта 30: ГЈ „Гвоздењак-Лице“ – дистрибуција сечивог етата по ha

На подручју ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“ постављена је мрежа од 9.182 тачке и одређена средње транспортна дистанца од 1.464,80 m и средња удаљеност тачака од пута 1.807,51 m. Транспортне дистанце у овој газдинској јединици крећу се од 0 до чак 9.698 m.



Карта 31: Мрежа тачака густине 50 x 50 m у ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“



Карта 32: ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“ – дистрибуција нагиба терена



Карта 33: ГЈ „Ворово – Липовача – Шидско церје“ – дистрибуција сечивог етата по ha

Табела 24: Средња удаљеност тачака од пута и средња транспортна дистанца по ГЈ

Газдинска јединица	Број тачака у мрежи	Средња удаљеност тачке од пута	Средња транспортна дистанца
		[m]	[m]
ГЈ „Равне“	5.980	433,80	413,11
ГЈ „Биклав“	6.832	708,08	728,41
ГЈ „Јанок“	5.037	652,30	617,23
ГЈ „Гвоздењак-Лице“	6.212	648,45	728,45
ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“	9.182	1.807,51	1.464,80

### 6.3.3. Оптимална густина мреже шумских путева

Како би се што боље сагледало тренутно стање мреже шумских путева, а пре свега због потребе одређивања релативне отворености и ефикасности мреже шумских путева, одређена је оптимална густина мреже шумских путева за газдинске јединице које су предмет истраживања. Као што је у методу рада већ наведено, оптимална густина мреже шумских путева добијена аналитичким путем заснована је искључиво на економским принципима који у савременом газдовању шумама, а посебно у газдовању шумама посебне намене, нису и не могу бити једини принципи. Ипак, податак о оптималној густини мреже шумских путева добијен аналитичким путем, може бити важан утицајни фактор при избору и вредновању критеријума који утичу на планирање развоја мреже шумски путева.

Приликом рачунања оптималне густине мреже шумских путева у истраживаном подручју, примењена је методологија *FAO*-а (1998), тј. прво је израчунато оптимално растојање између путева по обрасцу 11, а затим и оптимална густина мреже шумских путева по обрасцу 12 наведеном у поглављу Метод рада.

Улазни параметри у обрасцима су:  $R$  – трошкови градње шумског пута [din/km];  $h$  – трошкови привлачења дрвних сортимената од пања до шумског пута [din/m<sup>3</sup>/100 m];  $V$  – укупна запремина дрвета која ће бити извожена током периода трајања пута, дисконтована на годину градње пута [m<sup>3</sup>/ha].

Трошкови градње шумских путева (R) добијени су анализом трошкова градње шумских путева у периоду од 2014. до 2017. године у Националном парку „Фрушка гора“ и установљена је просечна цена од 3.293.000 din/km. Трошкови привлачења дрвних сортимената одређени су на основу Норматива и стандарда рада у шумарству (Nikolić & Jezdić, 2003) и дневних трошкова рада транспортних средстава. На пример, у ГЈ „Равне“ израчуната средња транспортна дистанца износи 413,11 m. Дневни трошкови рада тракторске екипаже средње снаге износе 207,6€ (24.500,00 din), а дневни учинци при наведеној средњој транспортној дистанци су 55 m<sup>3</sup>. Јединична цена транспорта на овој дистанци износи 445,45 din/m<sup>3</sup>, а прерачунавањем добија се цена од 107,73 din/m<sup>3</sup>/100 m. Наведени обрасци прилагођени су европским прописима у којима је век трајања шумског пута 50 година (Stückelberger, et al. 2006; Jourgholami, et al. 2013), па је за вредност V узет педесетогодишњи етат, који је добијен као петострука вредност планираног десетогодишњег етата у текућем периоду. Да би се добила запремина по хектару, педесетогодишњи етат подељен је са површином газдинске јединице која је под шумом у II и III степену заштите.

Оптимално растојање између путева у ГЈ „Равне“ износи:

$$S = \sqrt{\frac{4.000 \cdot R}{h \cdot V}} = \sqrt{\frac{4.000 \cdot 3.293.000}{107,73 \cdot 257,96}} = 688,46 \text{ m}$$

Оптимална густина мреже шумских путева у ГЈ „Равне“ износи:

$$G = \sqrt{\frac{100.000 \cdot h \cdot V}{4 \cdot R}} = \sqrt{\frac{100.000 \cdot 107,73 \cdot 257,96}{4 \cdot 3.293.000}} = 14,52 \text{ m/ha}$$

На исти начин добијена су оптимална растојања између шумских путева и оптималне густине за остале газдинске јединице:

Табела 25: Оптимална растојања и оптималне густине мреже шумских путева по ГЈ

Газдинска јединица	h	V	S	G	SD <sub>циљ</sub>
	[din/m <sup>3</sup> /100 m]	[m <sup>3</sup> /ha]	[m]	[m]	[m]
ГЈ „Равне“	107,73	257,96	688,46	14,52	172,11
ГЈ „Биклав“	71,00	207,26	946,10	10,57	236,53
ГЈ „Јанок“	79,39	222,33	863,86	11,58	215,96
ГЈ „Гвоздењак-Лице“	71,00	220,69	916,86	12,79	229,22
ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“	61,29	206,94	1.019,08	9,81	254,77

На основу овако добијених података о оптималној густини мреже путева по газдинским јединицама и њихових површина, утврђена је оптимална густина мреже путева за свих пет газдинских јединица и она износи 11,63 m/ha.

На графикону који следи, представљен је упоредни приказ тренутне и оптималне густине мреже шумских путева у свих пет газдинских јединица.



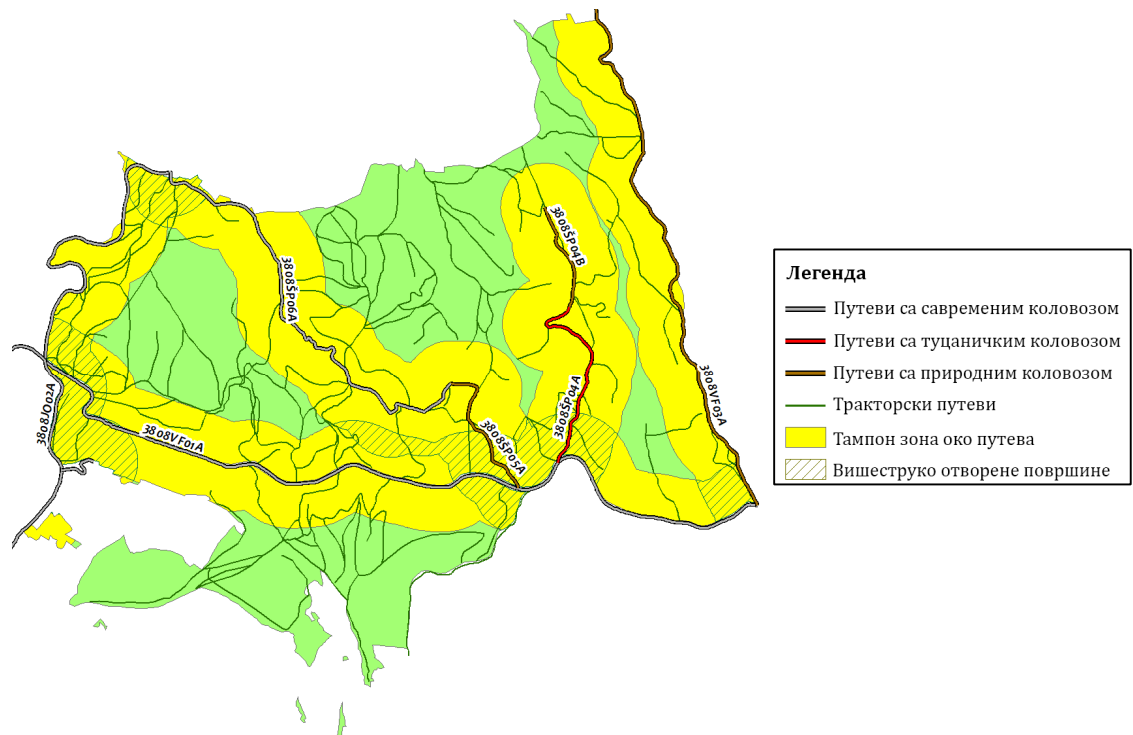
Графикон 3: Тренутна и оптимална густина мреже путева по газдинским јединицама

#### 6.3.4. Релативна отвореност и коефицијент ефикасности мреже путева

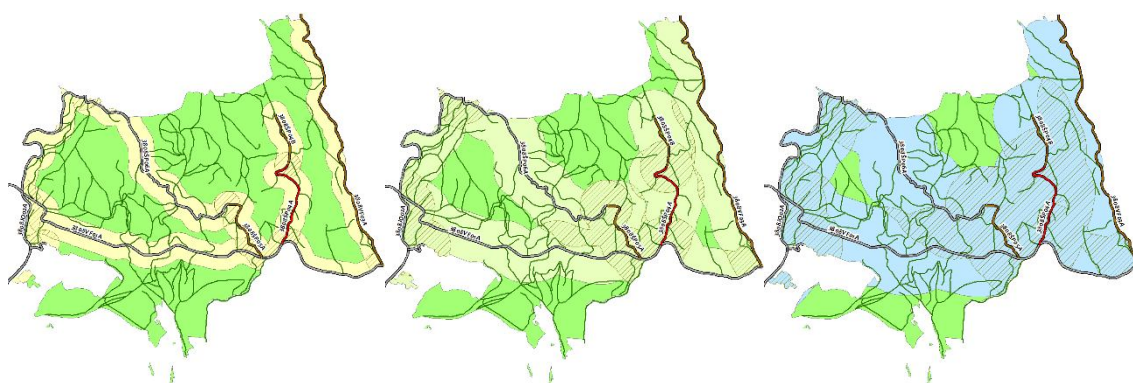
Релативна отвореност газдинске јединице представља процентуалну отвореност газдинске јединице путевима при унапред одређеној транспортној дистанци, док коефицијент ефикасности, преко учешћа

вишеструко отворених површина у укупно отвореној површини, показује како је мрежа путева просторно распоређена.

Вредности средњих еуклидских дистанци, на основу којих је формирана ширина тампон зона, дата је у табели *Графикон 2*. На следећим картама представљене су тампон зоне различите ширине појаса око шумских путева за сваку газдинску јединицу посебно, на основу чега су израчунате релативне отворености.



А



Тампон зона ширине 200 m  
 Вишеструко отворене површине

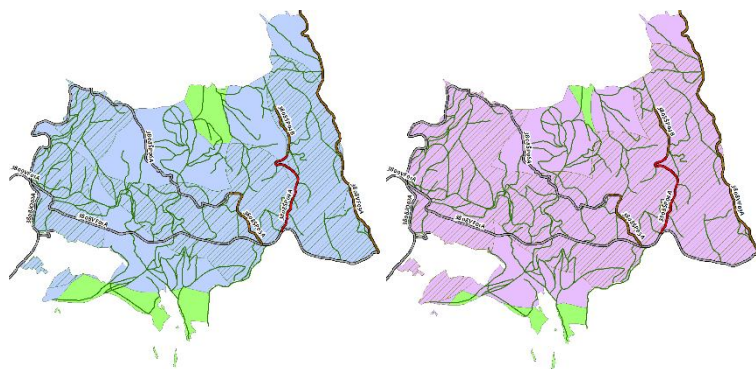
В

Тампон зона ширине 400 m  
 Вишеструко отворене површине

С

Тампон зона ширине 600 m  
 Вишеструко отворене површине

Д



Тампон зона ширине 800 m

Вишеструко отворене површине

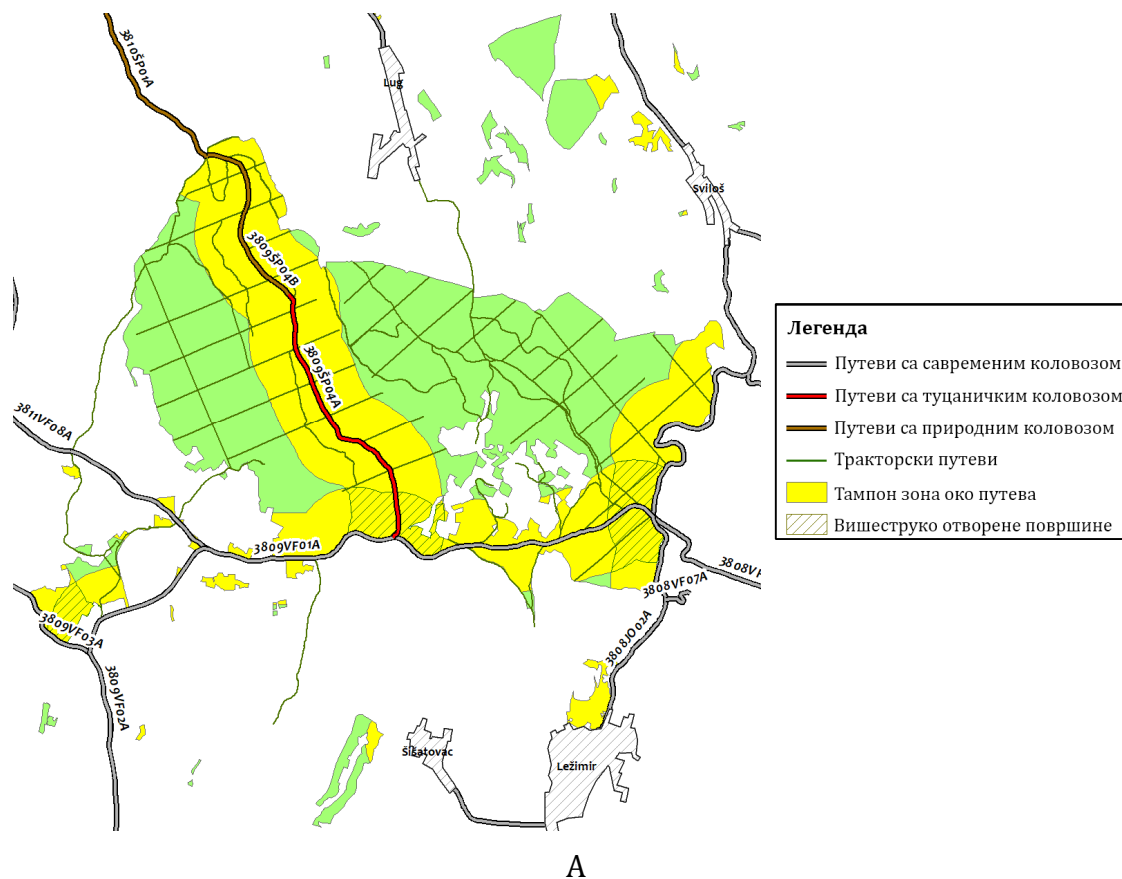
Тампон зона ширине 1000 m

Вишеструко отворене површине

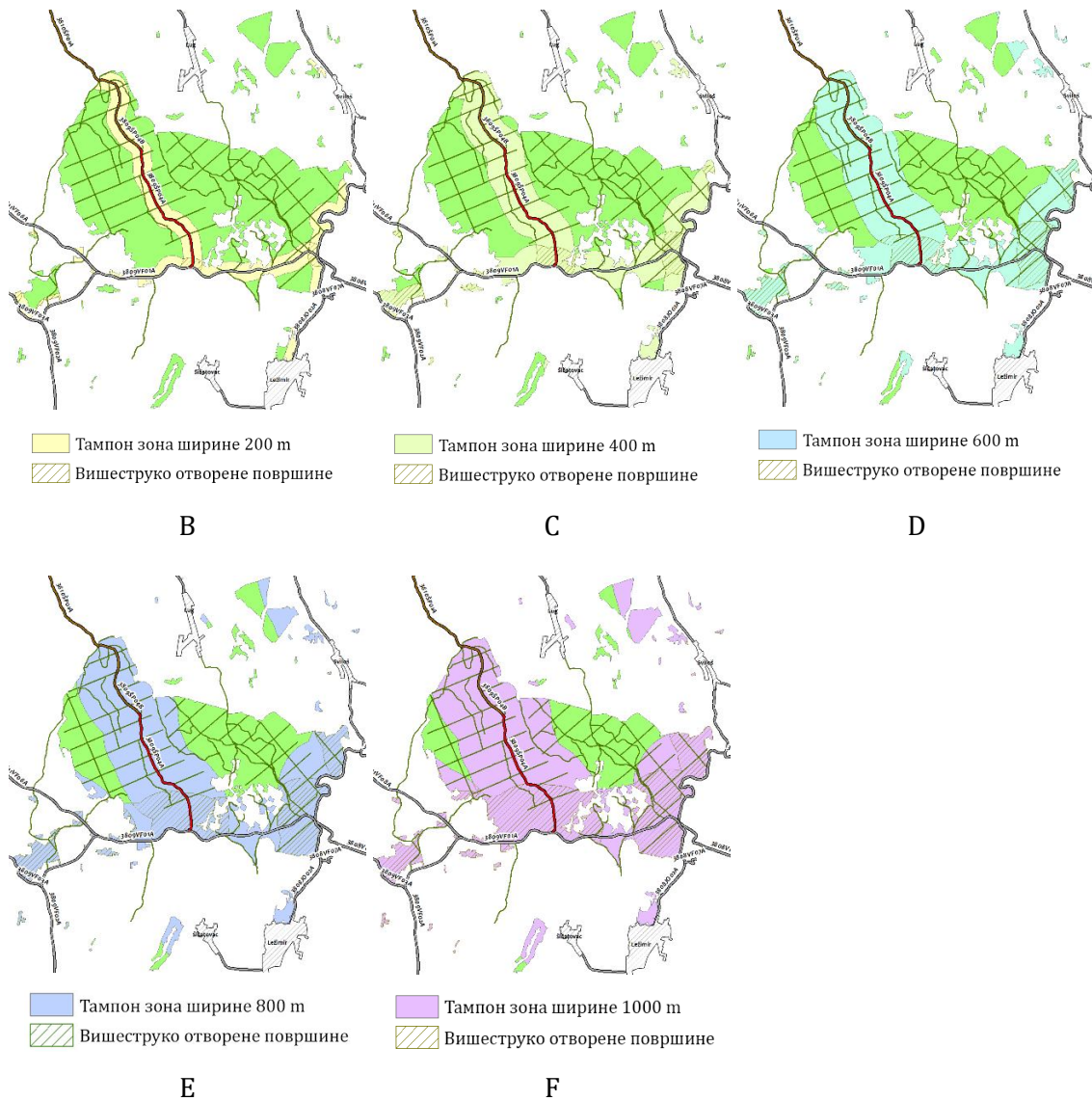
Е

Ф

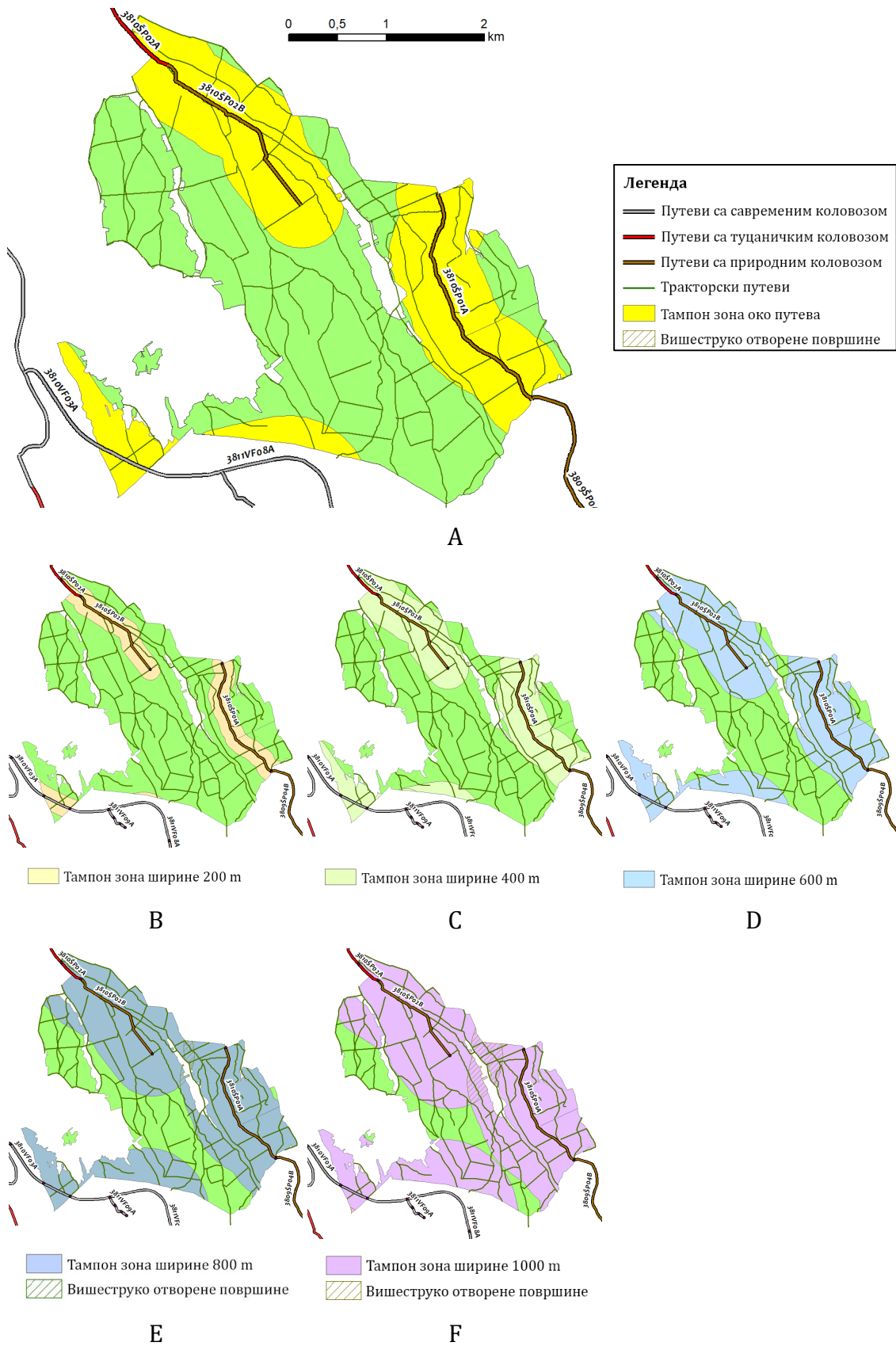
Карта 34: Г) „Равне“ – тампон зоне око путева ширине 344,22 m (двострука средња циљана дистанца) (А), 200 m (В), 400 m (С), 600 m (D), 800 m (E) и 1000 m (F)



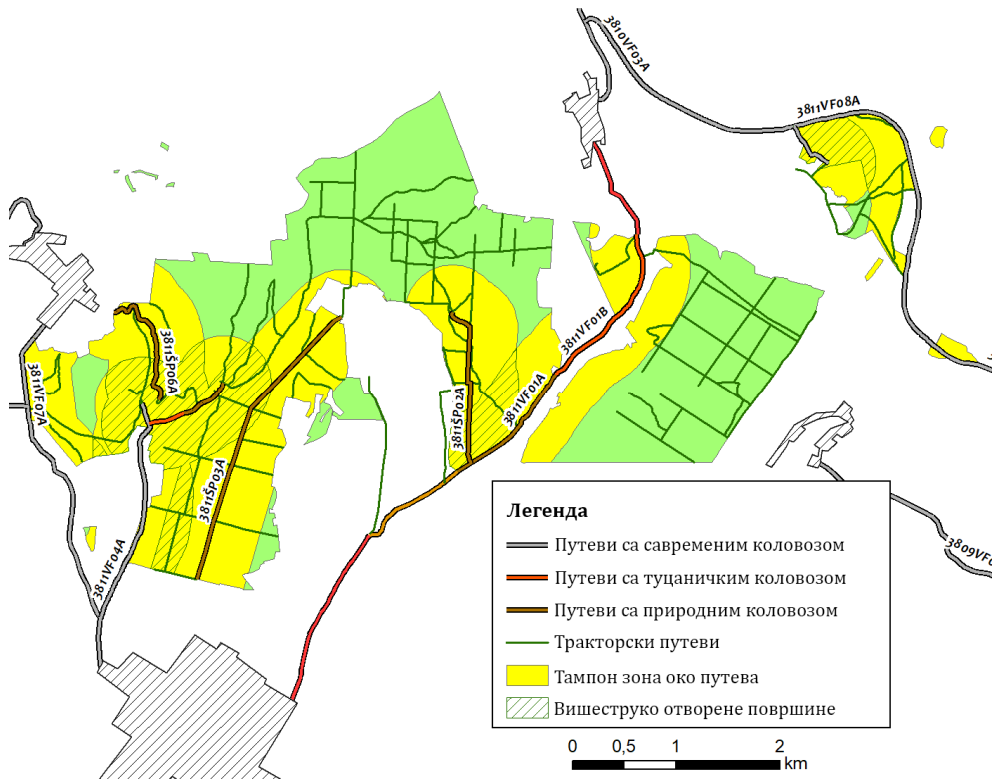




Карта 35: ГЈ „Биклав“ – тампон зоне око путева ширине 473,06 m (двострука средња циљана дистанца) (A), 200 m (B), 400 m (C), 600 m (D), 800 m (E) и 1000 m (F)



Карта 36: ГЈ „Јанок“ – тампон зоне око путева ширине 431,92 m (двострука средња циљана дистанца) (А), 200 m (Б), 400 m (С), 600 m (Д), 800 m (Е) и 1000 m (Ф)



A



Тампон зона ширине 200 m  
Вишеструко отворене површине

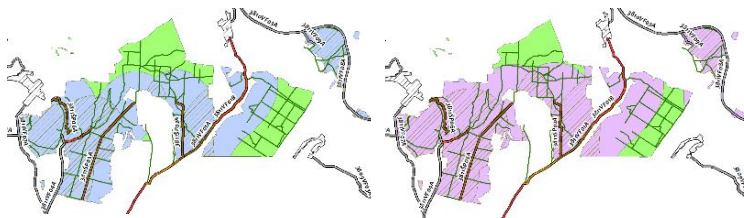
Тампон зона ширине 400 m  
Вишеструко отворене површине

Тампон зона ширине 600 m  
Вишеструко отворене површине

B

C

D



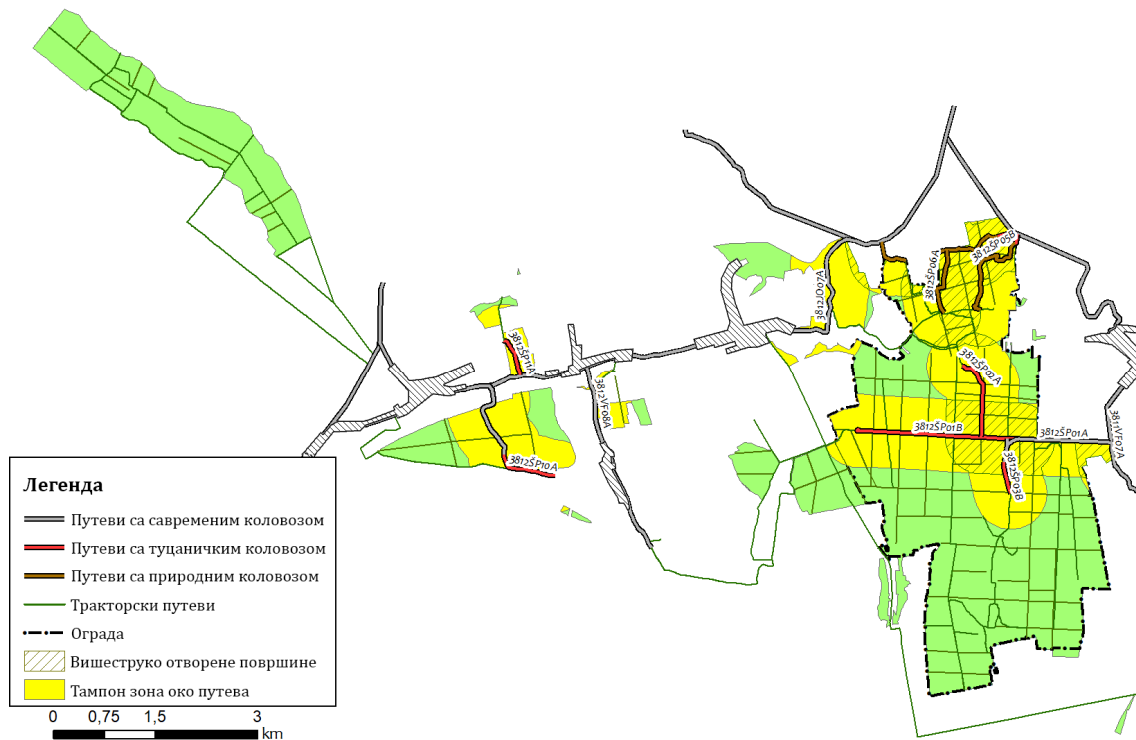
Тампон зона ширине 800 m  
Вишеструко отворене површине

Тампон зона ширине 1000 m  
Вишеструко отворене површине

E

F

Карта 37: ГЈ „Гвоздењак - Лице“ – тампон зоне око путева ширине 458,44 m (двострука средња циљана дистанца) (A), 200 m (B), 400 m (C), 600 m (D), 800 m (E) и 1000 m (F)



A



Тампон зона ширине 200 m  
Вишеструко отворене површине

Тампон зона ширине 400 m  
Вишеструко отворене површине

Тампон зона ширине 600 m  
Вишеструко отворене површине

B

C

D



Тампон зона ширине 800 m  
Вишеструко отворене површине

Тампон зона ширине 1000 m  
Вишеструко отворене површине

E

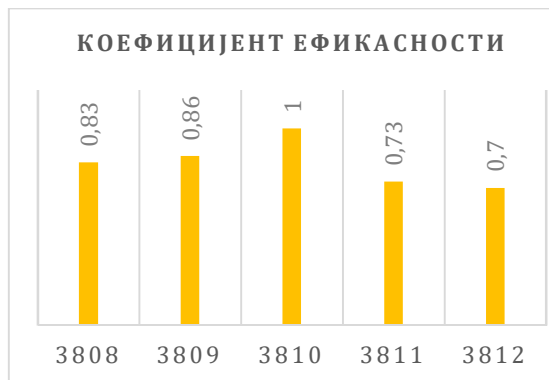
F

Карта 38: ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“ – тампон зоне око путева ширине 509,54 m (двострука средња циљана дистанца) (A), 200 m (B), 400 m (C), 600 m (D), 800 m (E) и 1000 m (F)

На графиконима који следе представљене су релативне отворености и коефицијенти ефикасности по газдинским јединицама, када се за ширину појаса око путева усвоји двострука вредност средње циљане транспортне дистанце.



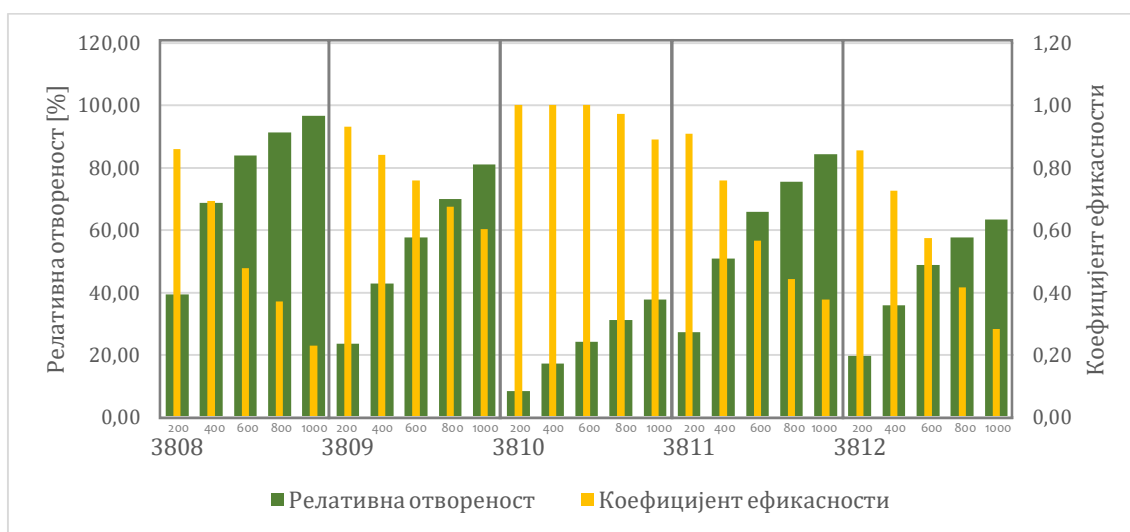
Графикон 4: Релативна отвореност за ширину појаса која одговара двострукој средњој циљаној дистанци



Графикон 5: Коефицијент ефикасности за ширину појаса која одговара двострукој средњој циљаној дистанци

Према описној класификацији за релативну отвореност, коју су дали *Pentek, et al. (2005)*: осим у Г) „Равне“ где је релативна отвореност слаба (оцена 2), у свим другим газдинским јединицама она је недовољна (оцена 1).

На следећем графикону представљене су релативне отворености и коефицијенти ефикасности мреже путева за ширине појаса око путева од 200, 400, 600, 800 и 1000 m.



Графикон 6: Релативна отвореност и коефицијент ефикасности мреже шумских путева по газдинским јединицама

#### **6.4. Оцена погодности подручја за градњу шумских путева**

При планирању мреже шумских путева у шумама посебне намене, као што је случај у шумама Националног парка „Фрушка гора“, често се дешава да је потребно донети такву одлуку којом се истовремено остварује више циљева који често могу бити конфликтни. Смањење могућности настанка конфликта постиже се благовременом идентификацијом спорних питања, за шта је неопходно укључивање интересних група и организација из различитих подручја деловања у процес одлучивања. При избору најпогоднијих површина за градњу шумских путева у шумама посебне намене, само једна струка не може препознати и извршити вредновање свих утицајних фактора. Код савременог приступа решавања проблема, проблем се разматра са више гледишта, при чему стручњаци из ужег подручја истраживања постају нужни део ширег, интердисциплинарног тима у којем значајну улогу у процесу доношења одлука имају стручњаци других профила.

Водећи се претходно наведеним схватањима, за потребе ових истраживања примењена је делфи техника, као једна од метода групног одлучивања, за избор утицајних критеријума, и аналитичко хијерархијски процес, за вредновање изабраних критеријума. Добијени тежински коефицијенти за сваки критеријум послужили су за отежавање мапа и израду коначне карте (мапе) погодности подручја за градњу шумских путева у истраживаном подручју.

##### **6.4.1. Избор критеријума у поступку групног одлучивања**

Избор најутицајнијих критеријума на планирање развоја мреже шумских путева у шумама посебне намене извршен је испитивањем ставова експерата кроз делфи технику. Позив за учешће у истраживању послат је путем електронске поште на адресе 36 потенцијална учесника. Позвани учесници били су универзитетски професори из Србије и земаља из окружења (Босна и Херцеговина, Македонија, Хрватска, Словенија, Италија и Румунија), из различитих области шумарства, екологије и заштите животне средине, као

и руководиоци предузећа и делова предузећа која газдују заштићеним подручјима и представници републичких и покрајинских тела чије су активности усмерене на заштићена подручја.

Први позив за учешће у истраживању послат је у новембру 2017. године, а две недеље касније послат је и други позив. Уз позив за учествовање у истраживању потенцијалним учесницима представљен је циљ и значај истраживања. Позиву за учешће у истраживању одазвало се 32 учесника, односно 89% од укупног броја позваних учесника.

Од укупног броја учесника који су прихватили учешће у истраживању, 23 учесника носи титулу доктора наука, 5 учесника су мастер инжењери или магистри, а 4 учесника су дипломирани инжењери са вишегодишњим искуством на руководећим позицијама.

У првој фази истраживања, која је спроведена током децембра 2017. године, учесницима су представљене основне карактеристике истраживаног подручја: површина, рељеф, хидрологија, стање шума, режими заштите, стање саобраћајне инфраструктуре, начин коришћења шума и сл. Као пример, учесницима су представљени неки од најзначајнијих критеријума који се узимају у обзир приликом планирања развоја мреже шумских путева у шумама чија је приоритетна функција производна. У овој фази истраживања, испитаницима је постављено питање да наведу, по сопственом мишљењу, који су то критеријуми (фактори) које треба узети у обзир приликом планирања даљег развоја мреже шумских путева у шумама посебне намене.

Од 32 учесника који су прихватили да учествују у истраживањима, њих 23 изнело је своје мишљење. Сваки предложени критеријум је анализиран како би се установила његова утемељеност у научној и стручној литератури, као и његова могућност даљег вредновања, након чега је формирана листа од 36 критеријума. Критеријуми који се по сили закона морају узети у обзир приликом планирања развоја мреже шумских путева у шумама посебне намене (нпр. режим заштите), као и критеријуми који из таквог критеријума произилазе, нису стављени на листу предложених критеријума. Такође, ни

критеријуми који су „искључиви“, тј. они које није могуће вредновати (нпр. губитак продуктивне површине), нису стављени на листу предложених критеријума.

Листа од 36 критеријума била је основ за спровођење друге фазе истраживања. С обзиром на хетерогеност учесника истраживања, иницијатор истраживања дао је кратак опис сваког критеријума са листе, као и његов потенцијални значај за будуће планирање развоја мреже шумских путева. Објашњење појединих критеријума дали су сами испитаници током предлагања критеријума, а за друге критеријуме објашњење је пронађено у научној и стручној литератури. У табели која следи, дата је листа предложених критеријума са њиховим описима:

Табела 26: Листа предложених критеријума

Редни број	Критеријум
1	<p><b>Развијеност хидролошке мреже</b></p> <p>Мрежа шумских путева може утицати на хидролошку мрежу у погледу пресецања природних токова, делимично измештање корита водотока, засипање водотокова земљаним материјалом током градње путева, угрожавање кретања водних организама, загађења водотокова од стране возила и др. Хидролошка мрежа утиче на шумске путеве у погледу стабилности шумског пута који се налази у њеној непосредној близини, потребе за изградњом објеката за пропуштање воде кроз труп пута, а самим тим и на трошкове градње и одржавања и др.</p>
2	<p><b>Заступљеност изворишта воде</b></p> <p>Изворишта воде спадају у посебну групу природних вредности и ресурс коме је потребно посветити посебну пажњу. Утицај шумских путева на изворишта воде може се испољавати у виду нарушавања квалитета воде и режима изворишта воде. Са друге стране, шумски путеви омогућавају прилаз извориштима за потребе туризма, спорта, рекреације, њиховог уређења, испитивање квалитета воде и сл.</p>
3	<p><b>Угроженост од бујичних водотока</b></p> <p>У случају градње шумских путева који пресецају или се протежу непосредно уз бујичне водотоке, потребно је спроводити посебне радове на регулацији, уређењу и санацији бујичних токова, али и радове на јачању трупа шумског пута. Ови додатни радови значајно утичу на повећање укупних трошкова градње шумских путева, а касније и одржавања.</p>
4	<p><b>Врста геолошке подлоге</b></p> <p>Врста геолошке подлоге утиче на трошкове градње шумског пута, његову стабилност и носивост, али и на избор конструктивних елемената шумског пута</p>



	(нагиби косина усека и насипа, потребну дебљину коловоза, дубину одводних канала и др.)
<b>5</b>	<b>Осетљивост станишта ретких врста</b> Шумски путеви представљају линијске објекте чији су конструктивни елементи дефинисани различитим правилницима, али и потребама савремених транспортних средстава. Из тог разлога, шумски путеви граде се са ширином планума од најмање 5 m, при чему је неопходно формирање осветљеног појаса од 15 m. У том погледу, шумски путеви доводе до фрагментације станишта и промена животних навика животиња које тај простор користе.
<b>6</b>	<b>Угроженост од пожара</b> Једна од најзначајнијих функција шумских путева јесте превентивна и репресивна заштита шума од пожара. Шумски путеви представљају препреку за ширење подземних и приземних шумских пожара, али и омогућавају кретање ватрогасне опреме и благовремено деловање у случају појаве пожара.
<b>7</b>	<b>Угроженост од ширења инвазивних врста биљака</b> Градњом шумских путева отварају се делови шумског комплекса, формирају се косине усека и насипа без вегетације, што је погодно за појаву и ширење инвазивних врста биљака на путном појасу.
<b>8</b>	<b>Угроженост од ерозије</b> Градња шумских путева у подручјима угроженим од ерозије захтева извођење сложених геотехничких радова, што утиче на повећање трошкова градње и одржавања шумских путева. Без обзира о којој врсти ерозије је реч, свака негативно утиче на стабилност и трајност шумских путева. Са друге стране, шумски путеви су често иницијалне форме формирања ерозионих подручја.
<b>9</b>	<b>Фрагментација структуре предела</b> Фрагментација структуре природних хабитата је препозната већ неколико деценија као актуелан проблем који настаје као нус производ друштвено-економских система. Саобраћајна инфраструктура је наравно примарни импакт који врши фрагментацију природних и природи блиских система. Ова појава посебно је важна у заштићеним подручјима која су тај статус стекла захваљујући бројним биљним и животињским врстама које постоје на том простору. Интродукција линеарних коридора, у форми шумских путева, у постојећу структуру предела мења еколошки оквир врста чиме се мењају и њихове животне навике.
<b>10</b>	<b>Промена предеоног лика</b> Утицај новоизграђених шумских путева на промене предела је неминован. Међутим, тај утицај може бити мањи или већи у зависности од карактеристика терена (рељеф, врста геолошке подлоге, тип земљишта...), конструктивних елемената пута, као и густине мреже шумских путева по јединици површине.
<b>11</b>	<b>Уклопљеност у природни амбијент</b> Изградња објеката у шумама, посебно у шумама посебне намене, утиче на промене природног амбијента. Шумски путеви могу у већој или мањој мери утицати на промене природног амбијента, што зависи од орографских карактеристика терена на којима се пут гради и од конструктивних елемената шумског пута. На промене природног амбијента посебно ће утицати градња шумских путева на стрмим теренима, са широким коловозом од дробљеног

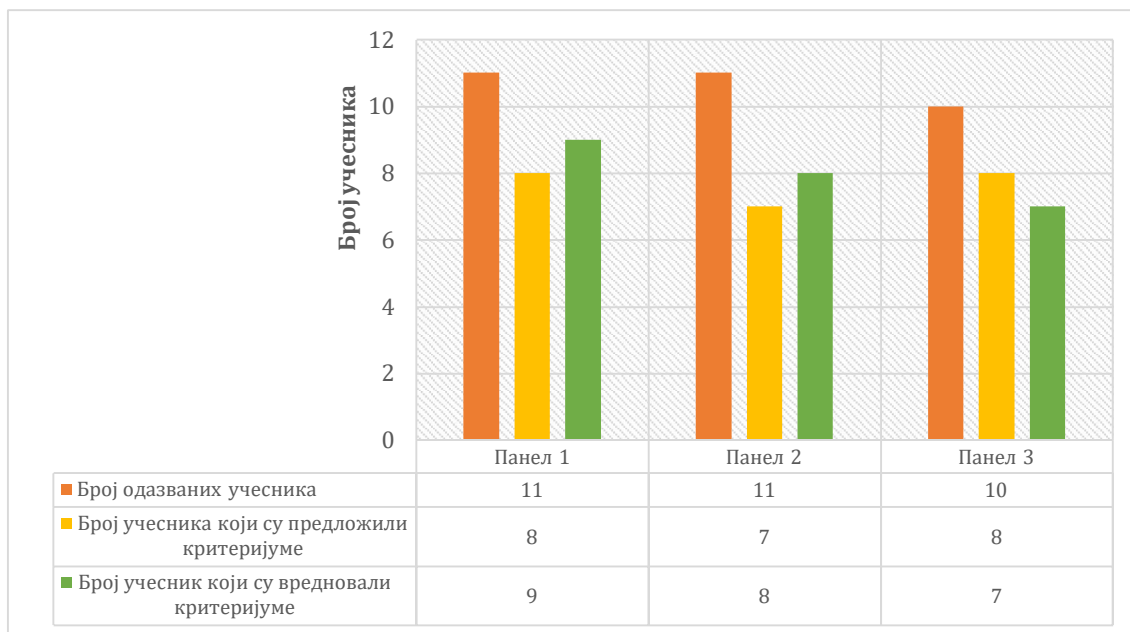
	каменог агрегата, дубоким одводним каналима, армирано-бетонским цевастим и плочастим пропустима и чеоним зидовима око пропуста.
<b>12</b>	<b>Приоритетна функција појединих делова шумског комплекса</b> Различите функције шума захтевају и различите потребе за шумских путевима. У шумама чија је приоритетна функција производња техничког дрвета, шумски путеви треба да обезбеде несметано кретање камиона са приколицама током целе године, у свим временским условима. Са друге стране, у шумама чија је приоритетна функција заштита вода (водоснабдевања), градња шумских путева мора бити строго контролисана и умерена.
<b>13</b>	<b>Узгојне потребе састојине</b> Шуме посебне намене захтевају споровођење посебних мера газдовања шумама. Специфичним узгојним мерама неопходно је створити такву функционалну шумску састојину која ће уједно бити продуктивна, отпорна на абиотичке и биотичке факторе и оспособљена за испуњавања осталих функција шуме.
<b>14</b>	<b>Порекло састојина</b> У претходном периоду приликом израде програма отварања, приоритетна подручја за отварање (градњу нових шумских путева) била су високе шуме. За разлику од ниских (изданачких) шума, а пре свега због велике количине дрвне масе високог квалитета, ове шуме су могле да поднесу трошкове градње шумских путева.
<b>15</b>	<b>Удаљеност од путева</b> Удаљеност неког дела шуме од постојећих путева један је од показатеља степена отворености шумског подручја. Овај критеријум уско је повезан са транспортном дистанцом. Док удаљеност од шумских путева представља растојање било које тачке у шуми од најближег пута, транспортна дистанца је искључиво економски параметар и представља удаљеност постојећих путева од делова шуме у којима ће се спроводити сече.
<b>16</b>	<b>Могућност повезивања са постојећом мрежом путева</b> Приликом планирања развоја мреже шумских путева потребно је узети у обзир и могућност повезивања нових шумских путева са постојећом мрежом шумских и јавних путева. Ограничења се најчешће јављају приликом повезивања шумских путева са јавним путевима виших категорија, али и због великих косина усека и насипа постојећих путева које онемогућавају једноставан улазак у шуму. Поред тога, уколико постојећа мрежа путева не пролази кроз границе газдинских јединица, већ у њеној непосредној близини, ограничавајући фактор за повезивање путева могу бити приватне парцеле између шуме и самог пута, које се често разликују по намени.
<b>17</b>	<b>Транспортна дистанца</b> Транспортна дистанца представља дистанцу коју транспортно средство треба да пређе да би дрвне сортименте транспортовало од места сече до привременог стоваришта на шумском путу. С обзиром да трошкови транспорта дрвних сортимената значајно утичу на трошкове производње, ово је један од најзначајнијих критеријума када је у питању планирање развоја мреже шумских путева у шумама са производном функцијом.
<b>18</b>	<b>Дрвна запремина</b> Један од најважнијих критеријума приликом планирања развоја мреже шумских путева у производним шумама јесте дрвна маса. У деловима шуме са великом

	<p>количином дрвне масе, пре или касније спроводиће се сече, а да би се дрвни сортименти извукли из шуме благовремено, без већих оштећења и уз минималне трошкове, потребно је имати добро развијену мрежу шумских путева.</p>
<b>19</b>	<p><b>Прираст</b></p> <p>Поред укупне дрвне масе у шуми, важно је узети у обзир и количину дрвне масе која ће прирасти у наредном периоду. Овај критеријум је веома важан за дугорочно планирање развоја мреже шумских путева.</p>
<b>20</b>	<p><b>Сечиви етат</b></p> <p>Развијеност мреже шумских путева у Србији још увек је на незадовољавајућем нивоу, а њено планирање и изградња и даље је претежно у функцији производње. Како би се обезбедио што лакши и бржи приступ камионима до привремених стоваришта и смањила транспортна дистанца од места сече до шумског пута, количина дрвне масе планиране за сечу (сечиви етат) још увек је један од одређујућих критеријума приликом планирања развоја мреже шумских путева. Поред тога, шумски путеви су скупии објекти па се њихова градња најчешће планира у оним деловима шуме у којима ће се спроводити сече и одакле је потребно транспортовати већу количину дрвне масе која може да поднесе трошкове градње пута.</p>
<b>21</b>	<p><b>Врста сече</b></p> <p>Врста сече може значајно утицати на планирање развоја мреже шумских путева, али и на избор конструктивних елемената шумских путева. Систем газдовања дефинисан је управо одабраним начином сече и обнове, односно неге шума.</p>
<b>22</b>	<p><b>Избор метода и система рада</b></p> <p>Избор метода и система рада на пословима коришћења шума зависи од бројних фактора: орографских карактеристика терена, порекла састојине, њене старости, квалитета дрвне масе, прописаног система газдовања шумама, степена механизованости предузећа која изводе радове, доступности радне снаге и сл. Примена савремених средстава рада на сечи, изради и транспорту дрвних сортимената (харвестери, форвардери) захтева добро развијену мрежу шумских путева.</p>
<b>23</b>	<p><b>Старост састојина</b></p> <p>Да би се шумом газдовало на одржив начин, веома је важно да се радови на пошумљавању, гајењу, заштити и коришћењу благовремено спроводе, а то је немогуће без добро развијене мреже шумских путева. Ипак, критеријум "старост састојине" при планирању развоја мреже шумских путева најчешће се везује за коришћење шума, јер само сече које се спроводе на време могу обезбедити производњу најквалитетнијих и највреднијих сортимената.</p>
<b>24</b>	<p><b>Категорија земљишта</b></p> <p>Трошкови изградње шумских путева у многоме зависе од грађевинске категорије земљишта на којима се путеви граде. Градња путева на изразито меканом земљишту (категорије I и II) захтева стабилизацију земљишта и уградњу великих количина доброносећих материјала. Са друге стране, градња шумских путева у земљиштима високих категорија (категорија VI и VII) захтева обимне радова на широком откопу камена хидрауличним чекићима и експлозивом. Најмањи трошкови градње шумских путева биће у земљиштима од III (жилава земља) до V категорије (трошне или полуврсте стене).</p>
<b>25</b>	<p><b>Нагиб терена</b></p>

	Обим земљаних радова на градњи шумских путева, а самим тим и трошкови градње шумских путева, значајно зависе од нагиба терена. Са повећањем попречног нагиба терена повећава се и обим земљаних радова, као и висине косина усека, што утиче не само на стабилност пута, већ и на сам изглед пута и лепоту пејзажа.
<b>26</b>	<b>Експозиција</b> Експозиција представља важан критеријум када је у питању трајност и проходност шумских путева. Шумски путеви изграђени на јужној експозицији биће осветљени дужи временски период у току дана, што ће утицати на брже сушење шумског пута након падавина и брже топлење снега и леда са пута. На путевима са туцаничким коловозом вода која се дуго задржава на коловозу или у каналима, што је чест случај на путевима изграђеним на северној експозицији, временом продире у постељицу коловоза услед чега се јављају деформације на доњем строју шумског пута.
<b>27</b>	<b>Време транспорта</b> Време транспорта је значајан економски критеријум, а уско је повезан са транспортном дистанцом. Са повећањем транспортне дистанце повећава се и време транспорта дрвних сортимената, односно смањују се дневни учинци које транспортно средство оствари.
<b>28</b>	<b>Трошкови градње и одржавања шумских путева</b> Трошкови градње и одржавања шумских путева је критеријум који у многоме зависи од других критеријума. Критеријуми који највише утичу на трошкове градње су нагиб терена и категорија терена. Поред тога, трошкови градње директно зависе и од техничких стандарда које ће пут имати, као и од дистанце превоза материјала за израду коловозне конструкције шумског пута.
<b>29</b>	<b>Приступ ловним објектима</b> Приступ ловним објектима ради спровођења радова на гајењу, прихрањивању, заштити и мониторингу дивљачи, али и организацији лова и самом лову, скоро је немогућа без добро развијене мреже шумских путева.
<b>30</b>	<b>Равномерна покривеност терена</b> Равномерна покривеност терена омогућава приступ сваком делу шуме, а тиме и брже и лакше обављање послова газдовања шумама. Поред тога, равномерна покривеност врло често пружа најбољи просторни распоред шумских путева, који истовремено отвара, а неоптерећује шуму.
<b>31</b>	<b>Могућност надзора коришћења шумског пута</b> Поред својих добрих страна, добро развијена мрежа шумских путева може да има и лоше стране. Шумски путеви пружају шансу илегалним корисницима шуме да спроводе бесправне сече или ловокрађу, али и да сакупљају заштићене врсте биљака, печурака и сл. Због тога је, приликом планирања развоја мреже шумских путева, важно да укључење са јавних на шумске путеве буде на подручјима која могу да се прате од стране запослених у Националном парку.
<b>32</b>	<b>Намена земљишта</b> Намена земљишта јесте начин коришћења земљишта одређен планским документом, а претежна намена земљишта јесте начин коришћења земљишта за више различитих намена, од којих је једна преовлађујућа. У зависности од претежне намене земљишта може зависити и потреба за градњом шумских путева на том подручју.

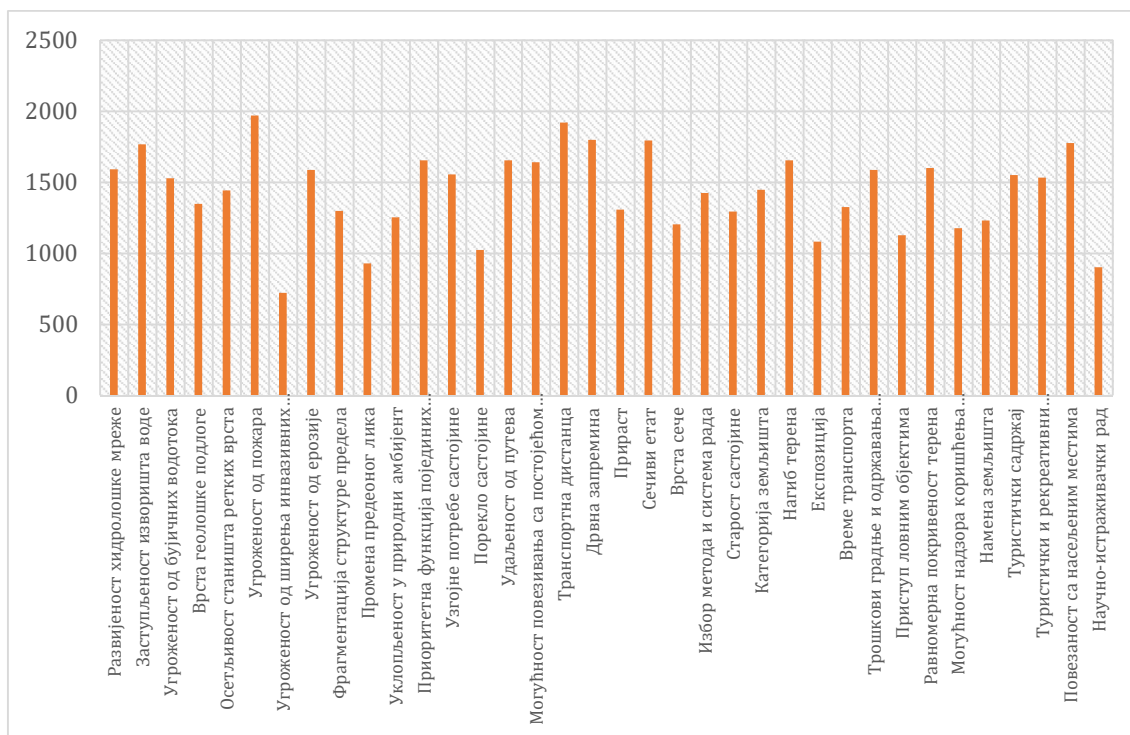
<b>33</b>	<b>Туристички садржај</b>
	Да би одређени туристички садржај био атрактиван, мора бити стално доступан за посетиоце. Зато је добро развијена мрежа јавних и шумских путева изузетно важна како би обезбедио прилаз природним, културно-историјским, верским, спортским и другим садржајима.
<b>34</b>	<b>Туристички и рекреативни потенцијал станишта</b>
	Уколико је одређени локалитет препознат као добар за развој туризма, нужно је обезбедити му приступ. У зависности од туристичког и рекреативног потенцијала локалитета, као и фазе развоја, зависиће и категорија саобраћајнице која ће повезати тај локалитет са постојећом мрежом путева.
<b>35</b>	<b>Повезаност са насељеним местима</b>
	Повезаност шума са насељеним местима може бити веома значајно, посебно у случају ванредних ситуација, као што су шумски пожари, када је потребно брзо реаговати. Међутим, добра повезаност са насељеним местима може отворити додатни простор за спровођење недозвољених активности у шуми, као што је шумокрађа, ловокрађа и др.
<b>36</b>	<b>Научно-истраживачки рад</b>
	Добро развијена мрежа шумских путева треба да омогући приступ огледним површинама постављеним за потребе научних истраживања. С обзиром да научна истраживања често захтевају и транспорт скупе опреме и свакодневно праћење промена на огледним површинама, важно је обезбедити приступ за путничка или теренска возила.

Током децембра 2017. и јануара 2018. године спроведена је друга фаза истраживања, која подразумева вредновање наведених критеријума. Вредновање је извршено тако што је сваки учесник истраживања бодовао сваки критеријум са листе бодовима од 1 до 100, у зависности од тога колико је, према сопственом мишљењу, одређени критеријум значајан приликом планирања даљег развоја мреже шумских путева у шумама посебне намене. У другој фази истраживања учествовало је 24 експерта.

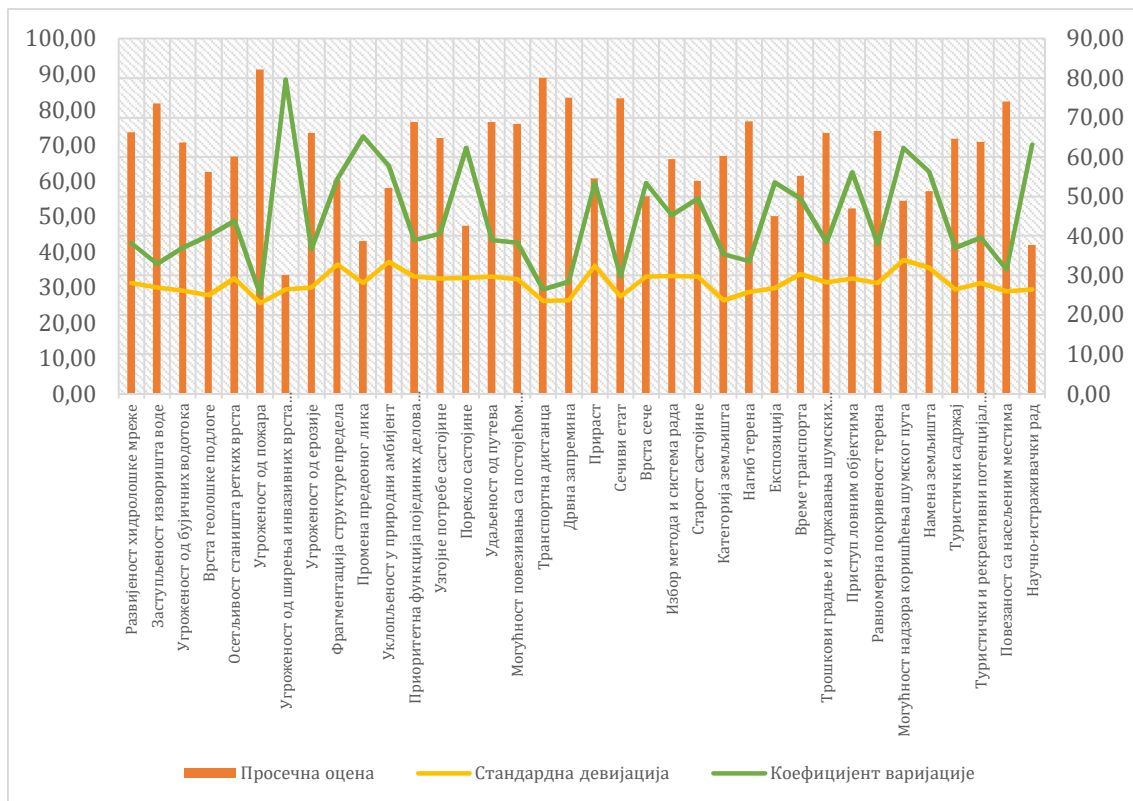


Графикон 7: Број учесника у 2. фази истраживања по панелима

Након што су експерти извршили вредновање критеријума, израчунат је укупан број бодова за сваки критеријум, а поред тога израчунат је и просечан број бодова, стандардна девијација и коефицијент варијације за сваки критеријум.



Графикон 8: Укупан број бодова по критеријумима



Графикон 9: Просечне оцене, стандардна девијација и коефицијент варијације по критеријумима након 2. фазе

Просечан број бодова кретао се од 29,96 за критеријум „угроженост од ширења инвазивних врста биљака“ до 82,08 за критеријум „угроженост од пожара“. Стандардна девијација, односно просечно одступање од просечне вредности критеријума, кретала се у интервалу од 23,00 за критеријум „угроженост од пожара“ до 33,90 за критеријум „могућност надзора шумског пута“. Коефицијенти варијације кретали су се у интервалу од 28,02 за критеријум „угроженост од пожара“ до 88,42 за критеријум „угроженост од ширења инвазивних врста биљака“.

Након друге фазе истраживања, као 7 најутицајнијих критеријума, чије ће тежинске вредности бити одређене кроз аналитичко хијерархијски процес, издвојени су:

Табела 27: Листа најутицајнијих критеријума након 2. фазе истраживања

РБ	Критеријум	Просечна оцена	Стандардна девијација	Коефицијент варијације
1	Угроженост од пожара	82,08	23,00	28,02
2	Транспортна дистанца	79,96	23,52	29,41
3	Дрвна запремина	74,92	23,66	31,58
4	Сечиви етат	74,75	24,68	33,01
5	Повезаност са насељеним местима	74,00	25,90	35,00
6	Заступљеност изворишта воде	73,54	26,91	36,59
7	Нагиб терена	68,88	25,74	37,37

Трећа фаза истраживања спроведена је током јануара 2017. године. У овој фази истраживања учесницима истраживања пружена је могућност да сагледају просечне оцене сваког критеријума, добијене на основу мишљења учесника истраживања и, уколико сматрају да је потребно, преиспитају (ревидирају) своје мишљење и изврше поновно вредновање критеријума.

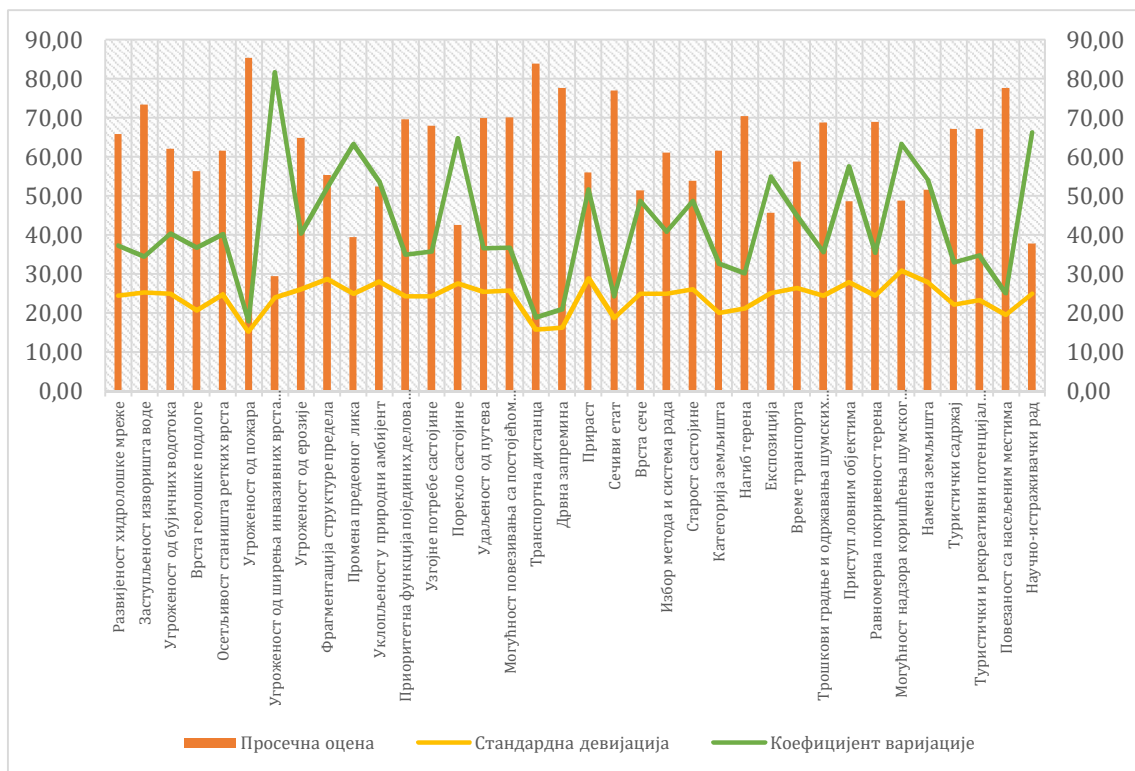
Учесницима треће фазе истраживања прослеђена је табела у којој је дата листа критеријума, затим за сваки критеријум оцена коју је учесник истраживања доделио у претходној фази, просечна оцена добијена као аритметичка средина оцена свих испитаника и празна колона за нову оцену.

Учесницима истраживања дат је рок од 7 дана да изврше поновно оцењивање значајности критеријума, с тим да уколико у предвиђеном року не пошаљу нове оцене, сматраће се да стоје иза оцена које су дали у претходној фази.

Од укупног броја учесника истраживања, одговор је послало њих 13, с тим да је 9 учесника извршило промене оцена на једном или више критеријума, док су 4 учесника коментарисали резултате без промене оцена.

Након обраде прикупљених података у трећој фази истраживања, поново је одређена просечна оцена за сваки критеријум, стандардна девијација и коефицијент варијације, што је представљено на графикону који следи.





Графикон 10: Просечне оцене, стандардна девијација и коефицијент варијације по критеријумима након 3. фазе

Након треће фазе, установљено је да код седам најутицајнијих критеријума, сем редоследа, није било значајних промена у односу на резултате из друге фазе. Коначна листа критеријума који ће бити коришћени за оцену погодности подручја за градњу шумских путева, дата је у наредној табели:

Табела 28: Коначна листа најутицајнијих критеријума након 3. фазе истраживања

РБ	Критеријум	Просечна оцена	Стандардна девијација	Коефицијент варијације
1	Угроженост од пожара	85,35	15,30	17,93
2	Транспортна дистанца	83,87	15,89	18,94
3	Повезаност са насељеним местима	77,57	19,50	25,15
4	Дрвна запремина	77,52	16,35	21,09
5	Сечиви етат	77,00	18,76	24,37
6	Заступљеност изворишта воде	73,25	25,27	34,50
7	Нагиб терена	70,35	21,21	30,16

#### 6.4.2. Дефинисање и вредновање атрибута критеријума

Као што раније већ истакнуто, аналитичко хијерархијски процес (АХП) је вишекритеријумска техника која се заснива на међусобном поређењу елемената на датом хијерархијском нивоу у односу на елементе на вишем нивоу. На врху је циљ, испод су критеријуми и подкритеријуми и на дну су алтернативе.

У конкретном случају, циљ анализе је израда карте погодности подручја за градњу шумских путева, која ће се заснивати на шест критеријума добијених у претходној фази истраживања, а то су: транспортна дистанца, дрвна запремина, сечиви етат, угроженост од пожара, заступљеност изворишта воде и нагиб терена. Наведени критеријуми могу се сврстати у три групе: економска, еколошка и физичка група критеријума, с тим да ће се у овом случају поређење елемената одвијати само на једном нивоу хијерархије (критеријуми) у односу на крајњи циљ (карта погодности). У оквиру сваког критеријума налазе се атрибути на основу којих се дефинише погодност за градњу шумских путева.



Шема 7: Циљ, групе критеријума, критеријуми и атрибути у хијерархијском процесу при изради карте погодности у истраживаном подручју

Да би изабрани критеријуми могли да се примене, односно, да би се израдиле адекватне карте погодности подручја за градњу шумских путева,

неопходно је извршити вредновање атрибута. Сваком атрибуту у оквиру одређеног критеријума додељује се вредност од 1 до 9, у зависности од значајности. Вредновање атрибута извршено је на основу емпиријских и литературних сазнања доносиоца одлуке, узимајући у обзир карактеристике подручја које је предмет овог рада. Већа вредност подразумева већу погодност за градњу шумских путева.

У даљем тексту описана је значајност сваког од изабраних критеријума на планирање даљег развоја мреже шумских путева, представљени су њихови атрибути и извршено је вредновање атрибута.

#### **6.4.2.1. Угроженост од пожара**

Појава и ширење шумских пожара представља проблем глобалних размера који угрожава опстанак шума, а тиме и опстанак човека на Земљи (*Assaker, et al. 2012*). Према подацима *FAO (2005)*, већина шумских пожара настаје као последица људског фактора, а *Larjavaara (2005)* наводи да су громови једини неантропогени изазивачи шумских пожара. Познато је да нису све шуме подједнако угрожене од пожара. *Živanović (2015)* истиче да је мапирање ризичних подручја под шумом један од најефикаснијих начина приказивања стања угрожености шума од пожара на одређеном подручју.

У Анексу *Стратегије заштите од пожара за период 2012-2017. године*, као један од проблема наводи се и немогућност приступу великим шумским комплексима у случају пожара услед недостатка путне мреже.

Последице шумских пожара су еколошке и економске штете. Еколошке штете огледају се у нарушавању биолошке разноврсности, нестајању ретких и угрожених биљних и животињских врста, нарушавање лепоте предела, променама особина земљишта, нарушавању водног биланса и сл. Економске штете чине трошкови гашења пожара, штете изазване пожаром и трошкови санације и обнове уништених шума (*Aleksić & Jančić, 2011*).

Умножавање функција националних паркова доприноси обимности посета и продужењу сезоне присуства људи, чиме је опасност од појаве пожара већа (*Živanović, 2017*).

Један од најзначајнијих услова за успешно гашење пожара су путеви у шуми који треба да омогуће гасиоцима да стигну на време и пожар угасе пре него што се прошири (*Vasić, 1992*). Међутим, шумски путеви утичу и на повећање опасности од пожара, јер већим присуством излетника и кампера расте ризик од настанка пожара (*Chuvieco & Congalton, 1989*), тако да постоји значајна корелација између учесталости појаве пожара и густине мреже шумских путева (*Arienti, et al. 2009*).

Утврђивање степена угрожености шума од шумских пожара деценијама у назад предмет је бројних истраживања. Према традиционалним схватањима, основни критеријуми који утичу на процену угрожености шума од пожара су врста дрвећа, старост и станишни услови. Како наводи *Živojinović (1967)*, врста дрвећа је има прворазредну улогу, јер су врсте светлости угроженије су од врста сенке, а четинари од лишћара. Као најугроженије врсте наводе се борови, смрча, ариш и храстови. Врста дрвећа је основ за утврђивање степена угрожености од пожара и према *Vasiću (1992)*, који издваја шест степена угрожености:

- први степен – састојине и културе борова и ариша (на противпожарној карти представља се јаком црвеном бојом);
- други степен – састојине и културе смрче, јеле и других четинара (црвена боја на карти);
- трећи степен – мешовите састојине и културе лишћара и четинара (браон боја на карти);
- четврти степен – састојине и културе храста и граба (жута боја на карти);
- пети степен – састојине букве и других лишћара (плава боја на карти);
- шести степен – шикаре и чистине (зелена боја на карти).

У погледу старости, сматра се да су састојине у јувенилним фазама знатно угрожене од старијих састојина. Састојине у равничарским условима угрожене су од састојина на нагнутом теренима, а од састојина на нагнутом теренима најугроженије су састојине на јужним и западним експозицијама (*Živojinović, 1967*).

Данас се за процену опасности од појаве шумских пожара користе различите методе, а једна од њих је и канадска метода одређивања индекса опасности од појаве пожара (*Fire Weather Index, FWI*), која се у Србији користи од 2008. године. Овај метод заснива се на процени запаљивости шумског горива у зависности од прошлих и тренутних временских услова и представља оријентациону могућност опасности појаве шумског пожара. *FWI* израчунава се свакодневно, а вредности индекса класификоване су у пет категорија: веома ниска, ниска, умерена, висока и екстремна. Индексе опасности од шумских пожара могуће је пратити на порталу Републичког хидрометеоролошког завода - [www.meteoalarm.rs](http://www.meteoalarm.rs). У *Стратегији заштите од пожара за период 2012-2017. године* наводи се да је за унапређење прогнозе метеоролошког степена опасности од појаве шумских пожара неопходно унапредити систем метеоролошких осматрања у шумским подручјима, како би се добило реалније стање.

На основу истраживања које су спровели *Milanović и сарадници (2017)* у оквиру развојног пројекта ради избора методе процене ризика од шумских пожара, као и критеријума који утичу на појаву и величину шумских пожара, утврђено је да су на појаву шумских пожара у Србији највише утицали *FWI*, удаљеност од пута, густина популације, удаљеност насеља, експозиција и просечна надморска висина. Поред тога, истраживајући утицајне факторе на величину пожара закључују да највећи значај има *FWI*, затим број становника, удаљеност од пута, удаљеност од насеља, нагиб терена, надморска висина, порекло састојине, тип вегетације, експозиција, тип пожара и регион у коме се пожар јавља.

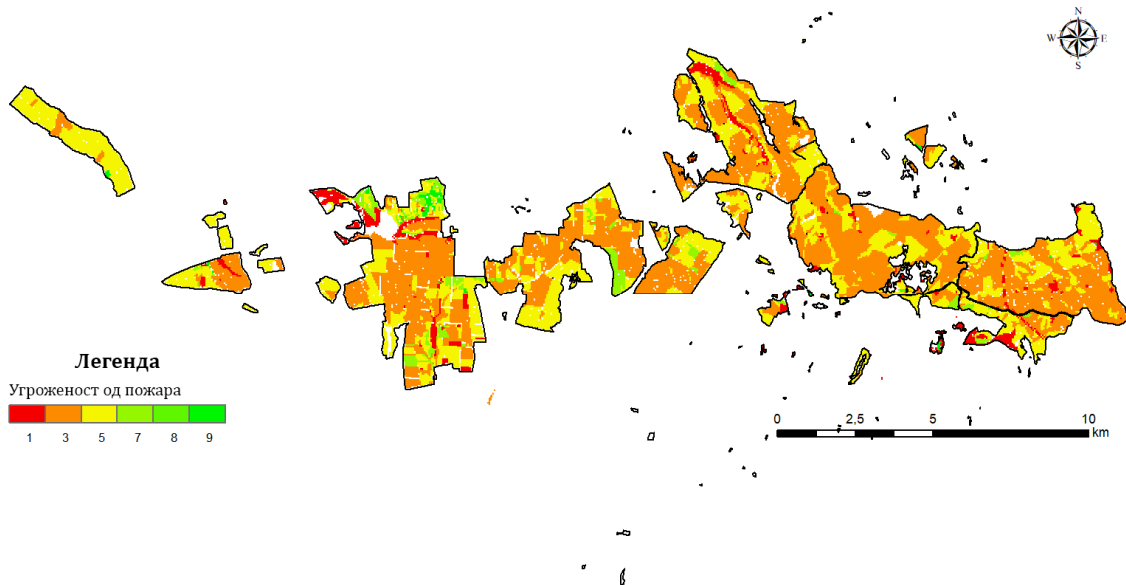
Већа густина мреже шумских путева утиче на чешћу појаву шумских пожара, с тим да су ти пожари мањих размера, и обрнуто. Другим речима, већа густина мреже шумских путева утиче на веће присуство људи у шуми, чиме расте и степен угрожености од пожара, а са друге стране, шумски путеви представљају препреку за ширење ниских пожара и омогућују брз приступ деловима шуме захваћеним пожаром.

Као атрибути у оквиру критеријума „угорженост од пожара“ дати су степени угрожености и извршено је њихово вредновање од 1 до 9, на основу субјективног мишљења доносиоца одлука. Степен угрожености од пожара утврђен је за сваки одсек у зависности од заступљености врста дрвећа у одсеку, након чега су израђене растерске карте погодности по овом критеријуму, са димензијама ћелија 50x50 m. Подаци о врстама дрвећа преузети су из основа газдовања шумама.

Табела 29: Вредновање атрибута – степен угрожености од пожара

Степен угрожености	Вредност
I степен	9
II степен	8
III степен	7
IV степен	5
V степен	3
VI степен	1

На карти која следи, дат је приказ погодности површина за градњу шумских путева са аспекта заштите шума од пожара, при чему су црвеном бојом приказане површине које су најмање угрожене од пожара (VI степен – шикаре и шибљаци), а изразито зеленом бојом површине које су веома угрожене од пожара (I степен – састојине и културе борова и ариша).



Карта 39: Карта погодности подручја за градњу путева са аспекта заштите шума од пожара

#### 6.4.2.2. Транспортна дистанца

Трошкови транспорта процентуално највише учествују у укупним трошковима на пословима искоришћавања шума (Danilović, 2010). На трошкове транспорта може утицати велики број фактора као што су примењивост и продуктивност средстава рада у одређеним условима, развијеност мреже путева и влака, величина комада, систем газдовања, начин сече, носивост подлоге, а највише транспортна дистанца.

Транспортна дистанца је један од најважнијих показатеља отворености шума, а уједно и један од најзначајнијих критеријума код даљег развоја постојеће мреже шумских путева. То је пре свега економски критеријум, јер се готово увек везује за количину дрвета коју је потребно транспортовати од места сече до привременог стоваришта на шумском путу или до главног стоваришта.

У фази анализе и оцене тренутног стања мреже путева на истраживаном подручју, утврђена је стварна средња транспортна дистанца у свакој газдинској јединици (поглавље 6.3.3.). Стварна средња транспортна

дистанца израчуната је на основу правилно распоређене мреже тачака густине 50 x 50 m, најкраћег линеарног растојања од сваке тачке до најближег пута и фактора корекције средње транспортне дистанце за сваку тачку.

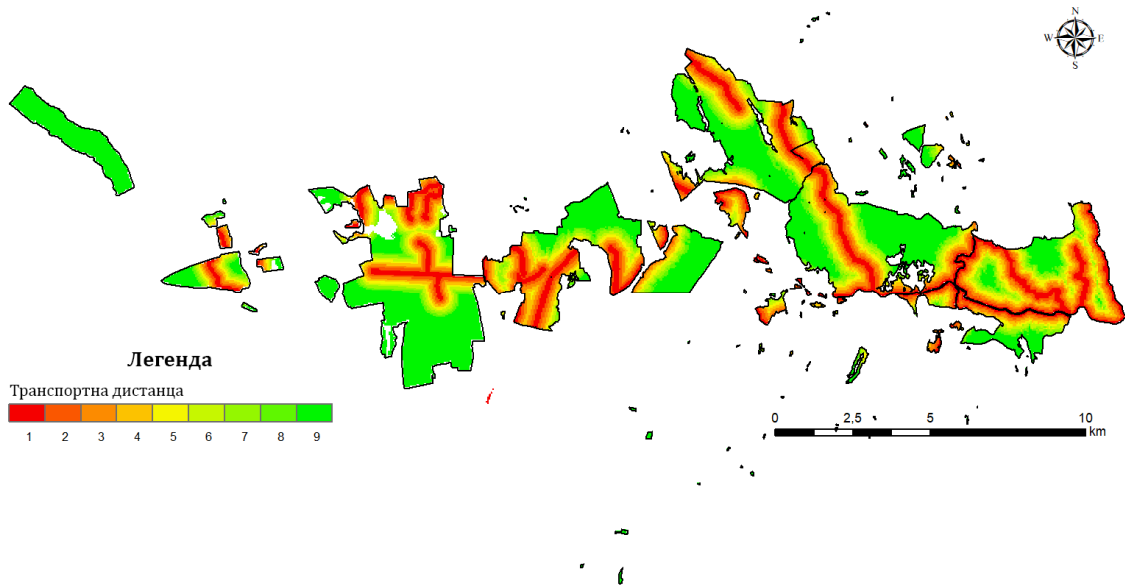
За потребе израде карте погодности подручја за градњу шумских путева, атрибути су различите средње транспортне дистанце. Утврђено је 9 атрибута, а затим је извршено њихово вредновање на основу субјективне процене доносиоца одлуке.

Табела 30: Вредновање атрибута – средња транспортна дистанца

Стварна средња транспортна дистанца	Вредност
преко 800 m	9
701 – 800 m	8
601 – 700 m	7
501 – 600 m	6
401 – 500 m	5
301 – 400 m	4
201 – 300 m	3
100 – 200 m	2
< 100 m	1

У складу са овом табелом, израђена је карта погодности подручја за градњу шумских путева са аспекта транспортних дистанци, при чему црвена боја представља подручја у којима је транспортна дистанца мања од 100 m, односно подручја у којима са овог аспекта није оправдана градња нових шумских путева, а интензивно зеленом бојом представљена су подручја са транспортном дистанцом од преко 800 m, односно веома погодна подручја за градњу нових путева.





Карта 40: Карта погодности подручја за градњу путева са аспекта транспортне дистанце

### 6.4.2.3. Дрвна запремина

Према традиционалном схватању у коме је економски аспект био једини приликом планирања развоја мреже шумских путева, дрвна запремина била је један од одлучујућих критеријума где ће се градити будући шумски путеви. И поред чињенице да савремени приступ планирању развоја мреже шумских путева одбацује економски аспект као једини и укључује, а врло често и фаворизује, еколошке и друштвене аспекте, овај критеријум није изгубио на значајности. Уважавајући чињеницу да су данас остала неотворена претежно тешко доступна шумска подручја, у којима је због немогућности приступа дошло до нагомилавања дрвне запремине, јасно је да ће овај критеријум остати актуелан и у наредном периоду.

Испитивањем ставова експерата, показало се да је критеријум „дрвна запремина“ веома значајан и приликом планирања мреже шумских путева у шумама са посебном наменом.

Дрвне запремине за сваки одсек који се води као шума, садржане су у основама газдовања шумама и изражавају се преко укупне запремине ( $V$ ) и запремине по хектару ( $V/ha$ ). С обзиром да облик и површина одсека зависе

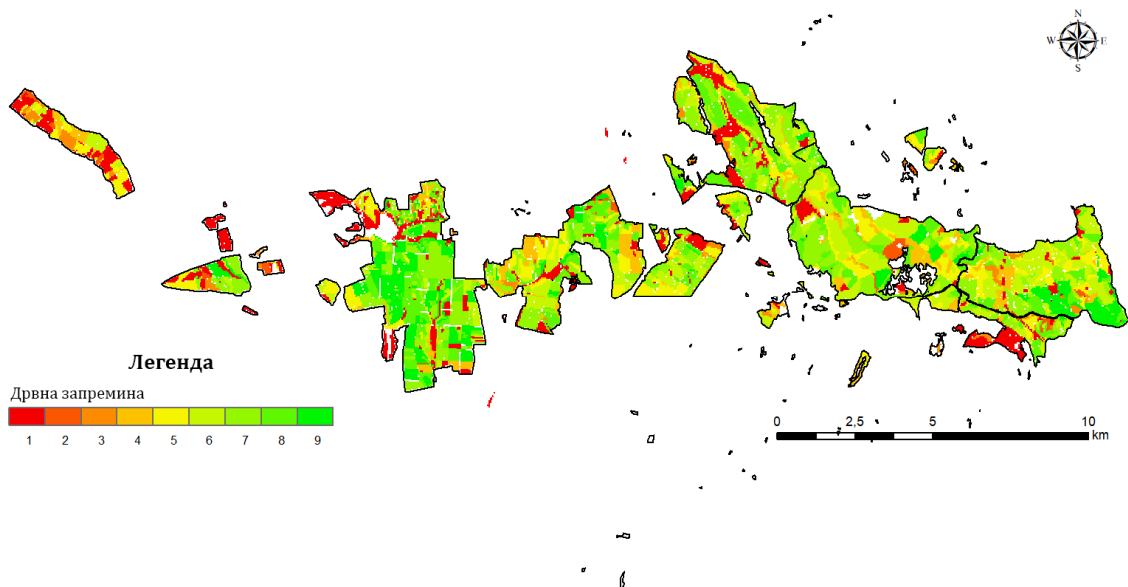
од великог броја фактора, просторна дистрибуција запремина на истраживаном подручју приказана је на нивоу ћелије растера димензије 50 x 50 m. Преко унапред постављене мреже тачака густине 50 x 50 m, прерачуната је дрвна запремина која гравитира свакој тачки, односно свакој ћелији растера.

Критеријум „дрвна запремина“ подељен је у 9 атрибута, а у складу са чињеницом да су делови шуме са већом дрвном запремином погоднији за градњу шумских путева, извршено је њихово вредновање.

Табела 31: Вредновање атрибута – дрвна запремина

Дрвна запремина [m <sup>3</sup> /ha]	Вредност
преко 400	9
351 – 400	8
301 – 350	7
251 – 300	6
201 – 250	5
151 – 200	4
101 – 150	3
51 – 100	2
< 50	1

На *Карта 41* приказана је погодност површина за градњу шумских путева са аспекта дрвних запремина. Одсеци са дубећом запремином испод 50 m<sup>3</sup>/ha, који су са овог аспекта најмање погодни за градњу путева, представљени су црвеном бојом, док су најпогоднији одсеци, са дубећом запремином од преко 400 m<sup>3</sup>/ha представљени интензивно зеленом бојом.



Карта 41: Карта погодности подручја за градњу путева са аспекта дрвне запремина

#### 6.4.2.4. Сечиви етат

С обзиром на чињеницу да се у националним парковима, као и у многим другим заштићеним подручјима, највећи приход остварује од продаје дрвета, није случајно што је критеријум „сечиви етат“ од стране експерата уврштен међу најзначајније при планирању даљег развоја мреже шумских путева. *Dorđević, et al. (2013)* наводе да су у периоду од 2008. до 2012. године национални паркови у Србији највећи приход остварили од продаје добара и услуга (64,9% од укупних прихода), а затим од такси (12,4%). У националним парковима у Србији (не рачунајући НП „Шар-планину“), годишње се посече преко 170.000 m<sup>3</sup> нето дрвне масе (*ENVSEC, Illegal logging activities..., 2009*). Појам и одређивање етата у условима интегралног коришћења шума је нераздвојив део планирања коришћења шума и још увек један од основних задатака планирања (*Medarević, 2006*). Значај етата у планирању развоја мреже шумских путева траје колико и сам појам. *Tičerić (1991)* наводи да на одређивање оптималног распореда и густине мреже шумских путева, поред конфигурације терена, цене коштања привлачења и цене коштања изградње пута, нарочито велик утицај има сечива запремина.

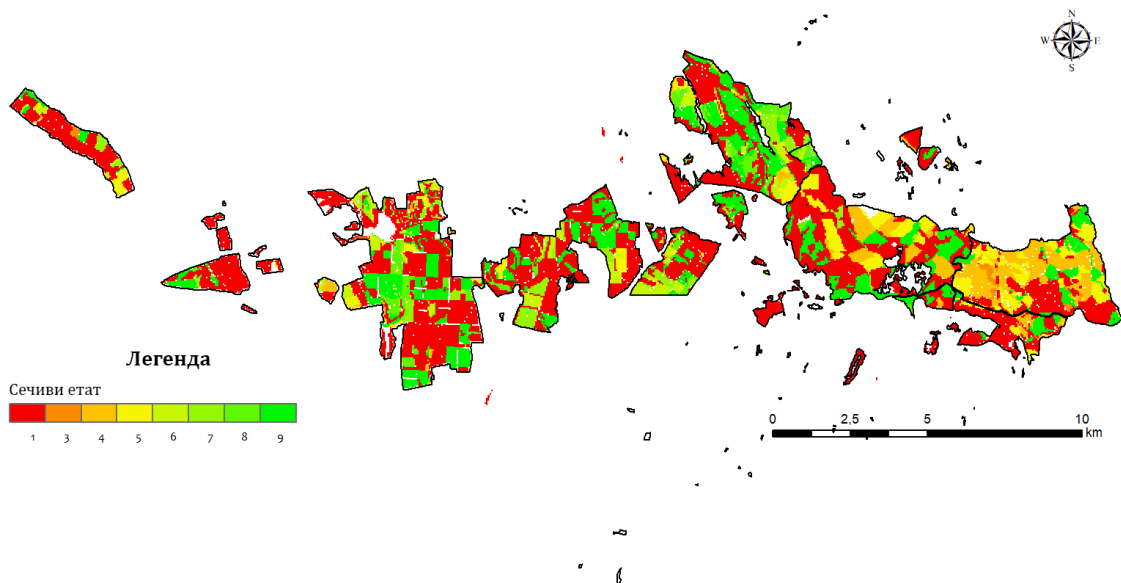
У овим истраживањима под појмом сечивог етата подразумева се плански принос који је предвиђен у основама газдовања шумама. За разлику од дрвне запремине која је дата за сваки одсек који се води као шума, принос се исказује само за одсеке у којима се планира спровођење сеча у планском раздобљу од 10 година, колики је период важења основе газдовања шумама.

Подаци о сечивим етатима по одсецима преузети су из основа газдовања шумама за истраживане газдинске јединице и представљени на картама. Просторна дистрибуција сечивог етата на истраживаном подручју приказана је, као и дрвна запремина, на нивоу ћелије растера димензије 50 x 50 m. Сечиви етат представљен је преко 9 атрибута, а њихово вредновање извршено је на следећи начин:

Табела 32: Вредновање атрибута - сечиви етат

Сечиви етат [m <sup>3</sup> /ha]	Вредност
преко 40	9
36 - 40	8
31 - 35	7
26 - 30	6
21 - 25	5
16 - 20	4
11 - 15	3
1 - 10	2
0	1

На следећој карти представљена је погодност површина за градњу нових шумских путева, посматрано са аспекта сечивог етата. Површине у којима је планирана сеча већег интензитета представљене су интензивно зеленом бојом, односно као врло погодне површине за развој мреже шумских путева, док су површине са малим сечивим етатом приказане црвеном бојом, односно као непогодне за градњу нових путева.

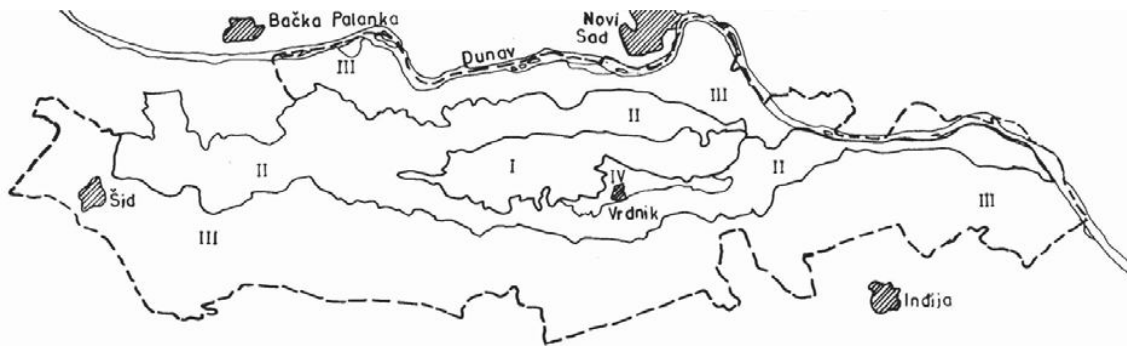


Карта 42: Карта погодности подручја за градњу путева са аспекта сечивог етата

#### 6.4.2.5. Заступљеност изворишта воде

Изворске воде Фрушке горе, које су без сумње врло богате и разноврсне, избијају на површину у виду многобројних извора и врела. Према врсти, извори и врела јављају се као стални, периодски и повремени извори. На подручју Националног парка „Фрушка гора“ јављају се нормални, контактни, крашки и термоминерални извори, а највећи број извора припада контактном типу (*Petrović, et al. 1973*). Издашност највећег броја нормалних и контактних извора креће се између 1 и 5 l/min, с тим што се јављају мања колебања у зависности од годишњих падавина.

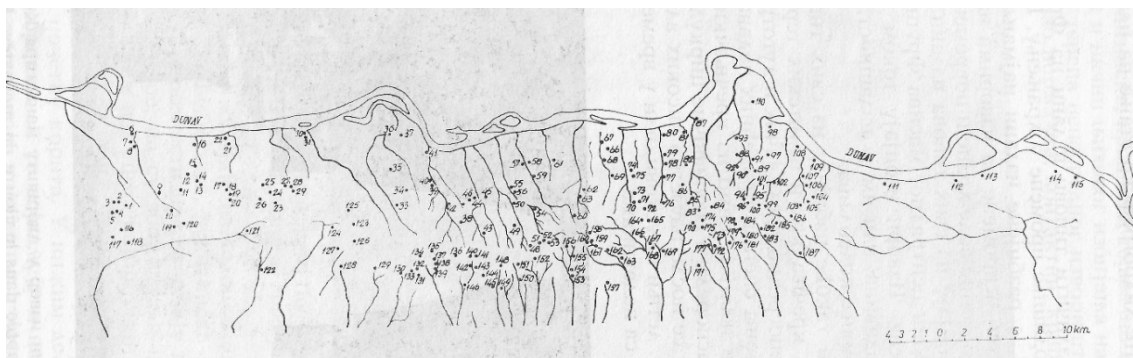
Према хидролошкој рејонизацији, на простору Фрушке горе дефинисане су три зоне заштите и специјална зона врдничког терцијарног басена (*Stojiljković, 2004*), што је представљено на карти која следи:



Карта 43: Хидролошка рејонизација Фрушке горе - прегледна карта (извор: Stojiljković, 2004)

Прва зона предвиђа строгу заштиту, а воде из ове зоне не могу се користити за водоснабдевање. Друга зона омогућава локално водоснабдевање (микроводоводи), док трећа зона омогућава локално и регионално водоснабдевање.

Први катастар извора Фрушке горе израђен је 1973. године и њиме је утврђено постојање 178 извора (Petrović, et al. 1973) чији је положај представљен на карти извора Фрушке горе (Карта 44). Наведена карта ипак није примењена за потребе ових истраживања, јер геореференцирањем наведене карте утврђена су велика одступања од реалног стања, не само извора, већ и просторног положаја читавих водотока.

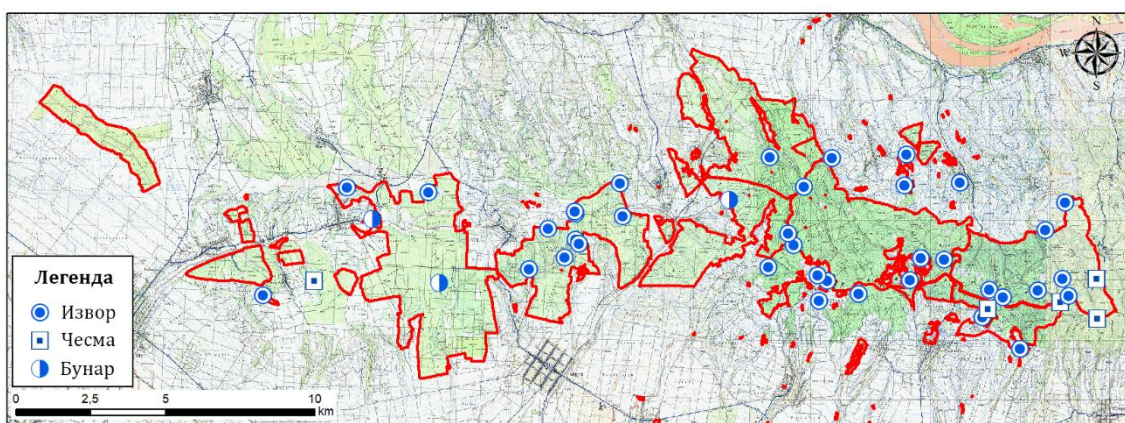


Карта 44: Карта извора на Фрушкој гори (извор: Petrović, et al. 1973)

ЈП „Национални парк Фрушка гора“ за сада нема израђену савремену базу података о изворима на Фрушкој гори, иако су спровођена одређена истраживања. Plužarević (2014) истиче да је теренским истраживањима из 2012. године, само на простору РЈ „Врдник“ (која није обухваћена овом дисертацијом), евидентирано 64 сталних и повремених извора, од којих је

свега 23 каптирано. Заштита и уређење изворишта једна је од мера које су обавезне, односно препоручене на подручју режима III степена заштите (PPPPN, 2004).

Утврђивање просторног положаја извора за потребе овог истраживања, извршено је на основу топографских карата размере 1:25.000, а поред изворишта воде, утврђене су позиције и чесми и бунара.



Карта 45: Карта извора, чесми и бунара на истраживаном подручју

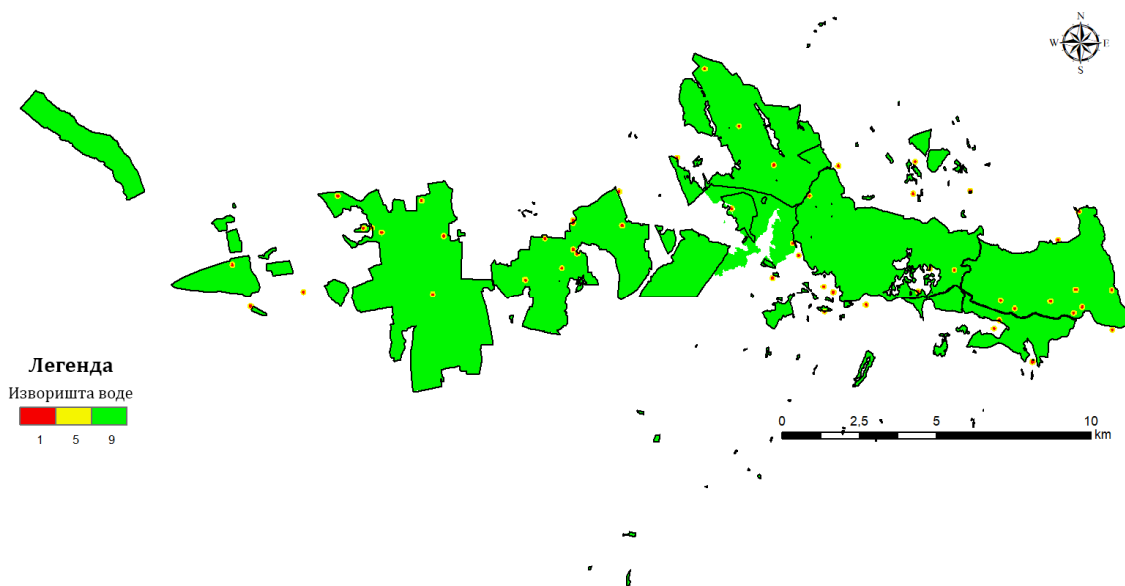
С обзиром да је положај извора воде битан фактор приликом планирања, пројектовања и градње шумских путева, око извора, чесми и бунара постављена је заштитна зона ширине 100 m, која ће бити подељена у две подзоне и свака ће чинити један атрибут. Вредновање атрибута доносилац одлуке спровео је на следећи начин:

Табела 33: Вредновање атрибута – зоне заштите око извора воде

Зона	Вредност
<50 m	1
50 - 100 m	5
Преко 100 m	9

Следећи претходну табелу израђена је карта погодности подручја за градњу нових шумских путева са аспекта заштите изворишта воде. Најмање погодна подручја за градњу путева, која се налазе на удаљености мањој од 50 m од извора воде, представљена су црвеном бојом, док су површине удаљене

преко 100 m од извора означене као веома погодне и представљене зеленом бојом.



Карта 46: Карта погодности подручја за градњу путева са аспекта заступљености извора воде

#### 6.4.2.6. Нагиб терена

Један од најважнијих параметара који говори о погодности простора за градњу шумских путева јесте нагиб терена. Нагиб терена директно утиче на обим земљаних радова током градње шумских путева, а самим тим и на трошкове градње путева, али и на њихову стабилност. Осим директних, нагиб терена има и низ индиректних утицаја. Градњом шумских путева на стрмим теренима стварају се велике косине усека, што утиче и на повећање ширине путног појаса (хоризонтално растојање од крајње тачке косине усека до крајње тачке косине насипа), чиме се повећава непродуктивна површина око путева и стварају повољни услови за инвазивне врсте. *Sedlak (1985)* наводи да су ширине путног појаса на попречним профилима шумског пута на нагибима терена од 30-40%, 40-50%, 50-60% и 60-70% у просеку износиле 11, 13, 15 и 19 m, док су *Peurov, et al. (2016)* установили да просечна ширина путног појаса на нагибу 0-15% износи 10,62 m, на нагибу 15-30% 12,70 m, на нагибу 30-45% 12,85 m, на нагибу од 45-60% износи 15,96 m. Велике и стрме косине усека



представљају препреку за миграције животиња, а на њима су често изражени различити облици ерозије, најчешће у виду одрона и мањих клизишта. Све наведено може значајно да наруши лепоту предела, што је један од чиниоца због којег је неко подручје добило статус заштићеног подручја.

Нагиб терена у великој мери утиче на избор средстава рада у фази сече стабала, израде и транспорта дрвних сортимената, као и на планирање и изградњу секундарне мреже шумских путева. *Vajić (2003)* сматра да на теренима чији је нагиб преко 65% не треба градити ни влаке, јер велика количина земљаних радова нарушава континуитет падине, поскупљује изградњу, а услед великих косина усека изузима велику површину из производње.

Различити аутори, у зависности од предмета истраживања, дају и различите класификације терена према углу нагиба. *Borisov, et al. (2011)* и *Kostić, et al. (2014)* у својим истраживањима примењивали су доста детаљну поделу:

Табела 34: Категоризација нагиба терена према *Borisovu (2011)* и *Kostiću (2014)*

Угао нагиба	Тип терена у зависности од величине угла нагиба
до 1°	Раван терен
1° - 3°	Врло благо нагнут терен
3° - 5°	Благо нагнут терен
5° - 8°	Прилично нагнут терен
8° - 12°	Искошен терен
12° - 16°	Врло искошен терен
16° - 20°	Умерено стрм терен
20° - 30°	Средње стрм терен
30° - 40°	Јако стрм терен
Преко 40°	Изузетно стрм терен

*Simanov, et al. (1993)* предлажу примену шест класа нагиба терена: до 10%, 11-20%, 21-33%, 34-50%, 51-70% и преко 70%. Сличну класификацију, али са једном мање класом, применили су у својим истраживањима *Çalışkan & Karahalil (2017)* позивајући се на *Samset (1979)*, као и *Đuka, et al. (2017)*:

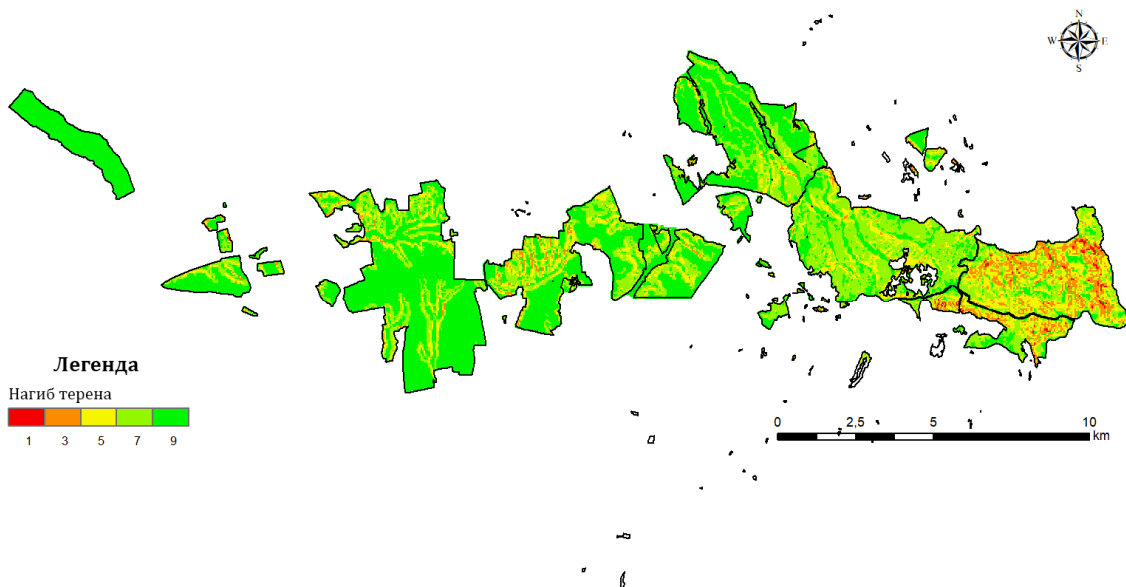
Табела 35: Категоризација нагиба терена у 5 класа

Класа нагиба	Нагиб (%)	Опис
1	0-10	Раван терен
2	11-20	Благо стрм
3	21-33	Умерено стрм
4	34-50	Стрм
5	>50	Веома стрм

За потребе оцене погодности површина за градњу шумских путева, биће примењена категоризација нагиба терена у 5 класа, а вредновање атрибута извршено је на следећи начин:

Табела 36: Вредновање атрибута – класа нагиба терена

Нагиб [%]	Вредност
0 – 10	9
11 – 20	7
21 – 33	5
34 – 50	3
>50	1



Карта 47: Карта погодности подручја за градњу путева са аспекта нагиба терена

Погодност површина за градњу шумских путева са аспекта нагиба терена представљена је на претходној карти. Црвеном бојом представљене су мање погодне површине на већим нагибима, а интензивно зеленом бојом веома погодне површине на врло благим нагибима.

#### **6.4.2.7. Повезаност са насељеним местима**

У поступку Делфи технике, критеријум „повезаност са насељеним местима“ оцењен је као један од најзначајнијих критеријума за планирање даљег развоја мреже шумских путева у шумама посебне намене. Повезаност шуме са насељима у близини може да има низ добрих, али нажалост и лоших ефеката. Добра инфраструктурна веза између насеља и шуме врло је важна за рурални развој и опстанак људи на селу, посебно у забаченим брдско-планинским подручјима са већим уделом приватних шума. У овим крајевима, шуме често представљају један од главних извора прихода за локално становништво. Сеоски туризам врло често се базира на боравку у природи и уживањем туриста у природним реткостима које се налазе у окружењу, лепотама пејзажа, чистом ваздуху и здравој храни из природе. У том погледу, повезаност села и шуме мрежом шумских путева веома је значајно за развој сеоског туризма, али и основ за активни одмор у виду пешачења, планинарења, бициклизма, сакупљања недрвних производа и сл. Посебан значај повезаности насељених места и шуме огледа се у ванредним ситуацијама, као што су шумски пожари, када је потребно брзо организовати људство и технику ради гашења иницијалних шумских пожара и спречавању катастрофа већих размера.

Економска ситуација у Србији и висок проценат становништва које живи на ивици егзистенције, основни су узроци нелегалних активности у свим друштвеним сферама, при чему су шуме посебно погодне за такве активности (Markus-Johansson, et al. 2010). Шумску крађу обавља најчешће локално становништво, стихијски или организовано у мањим групама. Крађе се најчешће врше у шумама које су у близини села и градова или у мањим комплексима који се налазе окружени приватним поседом (Glavonjić, et al.

2004). Ове активности посебно су изражене у подручјима са малом шумовитошћу, али и у подручјима у којима су шуме у приватном власништву слабо заступљене (*ENVSEC, Illegal logging activities...*, 2009). Поред шумске крађе, као вид нелегалних активности у шуми присутна је и ловокрађа, што је један од најозбиљнијих проблема српског ловног сектора (*Lavadinović, et al. 2012*), а који је често присутан и у заштићеним подручјима (*Delić, 2016*). У погледу нелегалних активности, добра повезаност насеља са шумом може бити отежавајућа околност за чуварску службу. Са друге стране, добра организација чуварске службе, постављање система надзора и дојаве локалног становништва могу у одређеној мери спречити овакве радње.

Веза између насељених места и шуме може се остварити директно, када нове трасе шумских путева полазе из насељених места, и индиректно, када нове трасе шумских путева полазе од постојећих путева у близини насељених места.

С обзиром на специфичност подручја истраживања који се одликује већим шумским комплексом окруженим пољопривредним земљиштем и чињенице да насељена места нису позиционирана у оквиру шумског комплекса, већ су од њега удаљена некада и више километара, у овом случају овај критеријум није узет у обзир при изради карте погодности подручја за градњу шумских путева. Ипак, у ситуацијама када су у оквиру шумског комплекса заступљена насеља (села, засеоци, викенд насеља и др.) овај критеријум не треба изостављати.

#### **6.4.3. Формирање матрице одлучивања**

У табели која следи представљени су сви критеријуми и њихови атрибути са додељеним стандардизованим вредностима према значајности за градњу нових шумских путева.

Табела 37: Стандардизоване вредности

Циљ	Група критеријума	Критеријуми	Атрибути	Вредност
Избор погодних површина за градњу шумских путева	Економски	Транспортна дистанца	< 100 m	1
			101 - 200 m	2
			201 - 300 m	3
			301 - 400 m	4
			401 - 500 m	5
			501 - 600 m	6
			601 - 700 m	7
			701 - 800 m	8
			>800 m	9
		Дрвна запремина	<50 m <sup>3</sup>	1
			51 - 100 m <sup>3</sup> /ha	2
			101 - 150 m <sup>3</sup> /ha	3
			151 - 200 m <sup>3</sup> /ha	4
			201 - 250 m <sup>3</sup> /ha	5
			251 - 300 m <sup>3</sup> /ha	6
			301 - 350 m <sup>3</sup> /ha	7
			351 - 400 m <sup>3</sup> /ha	8
			>400 m <sup>3</sup> /ha	9
		Сечиви егат	0 m <sup>3</sup> /ha	1
			1 - 10 m <sup>3</sup> /ha	2
			11 - 15 m <sup>3</sup> /ha	3
			16 - 20 m <sup>3</sup> /ha	4
			21 - 25 m <sup>3</sup> /ha	5
			26 - 30 m <sup>3</sup> /ha	6
			31 - 35 m <sup>3</sup> /ha	7
			36 - 40 m <sup>3</sup> /ha	8
			>40 m <sup>3</sup> /ha	9
	Еколошки	Угроженост од пожара	VI степен угрожености	1
			V степен угрожености	3
			IV степен угрожености	5
			III степен угрожености	7
			II степен угрожености	8
		I степен угрожености	9	
		Заступљеност изворишта воде	Удаљеност извора испод 50 m	1
			Удаљеност извора од 51 до 100 m	5
			Удаљеност извора преко 100 m	9
Физички	Нагиб терена	>50%	1	
		33 - 50%	3	
		20 - 33%	5	
		10 - 20%	7	
		<10%	9	

Након извршеног вредновања атрибута, доносилац одлука извршио је поређење критеријума у паровима, како би се одредиле релативне тежине (тежински коефицијенти -  $w$ ) сваког критеријума. За поређење у паровима примењена је тзв. Сатијева скала, која има највећу вредност 9, најмању вредност 1 и разлике подеока 1. Сатијева скала се углавном сматра стандардом за АХП, а користи се за поређење у паровима.

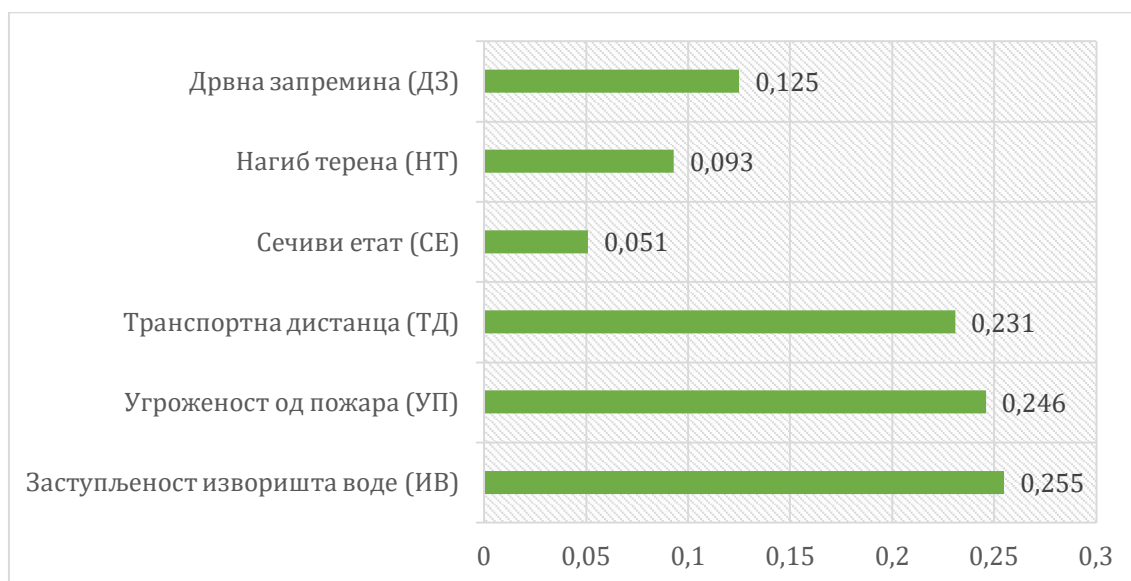
Матрица одлучивања формирана је само на једном хијерархијском нивоу, приликом поређења критеријума у односу на циљ.

Табела 38: Одређивање тежинских коефицијената изабраних критеријума

Критеријуми	ДЗ	НТ	СЕ	ТД	УП	ИВ	w	b	b/w
Дрвна запремина (ДЗ)	1	3	3	1/5	1/2	1/3	0,125	0,809	6,463
Нагиб терена (НТ)	1/3	1	3	1/3	1/3	1/2	0,093	0,573	6,178
Сечиви етат (СЕ)	1/3	1/3	1	1/5	1/3	1/4	0,051	0,315	6,222
Транспортна дистанца (ТД)	5	3	5	1	1/2	1/2	0,231	1,638	7,096
Угроженост од пожара (УП)	2	3	3	2	1	1	0,246	1,643	6,690
Заступљеност извор. воде (ИВ)	3	2	4	2	1	1	0,255	1,726	6,766
						<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	6,704	39,416

$\lambda_{\max}=6,569$   $CI=0,1139$   $RI=1,24$   $CR=0,0918 < 0,10$  ОК

Тежински коефицијенти сваког критеријума, приказани су и на графикону 11. Поређење у паровима, као и одређивање тежина критеријума апроксимативном методом, спроведено је у софтверу *Microsoft Office 2016 – Excel*, што је приказано на слици 16.



Графикон 11: Тежински коефицијенти критеријума

Broj kriterijuma	6								
Kriterijum	DZ	NT	SE	TD	UP	IV	w	b	b/w
DZ	1,000	3,000	3,000	0,200	0,500	0,333	0,125	0,809	6,463
NT	0,333	1,000	3,000	0,333	0,333	0,500	0,093	0,573	6,178
SE	0,333	0,333	1,000	0,200	0,333	0,250	0,051	0,315	6,222
TD	5,000	3,000	5,000	1,000	0,500	0,500	0,231	1,638	7,096
UP	2,000	3,000	3,000	2,000	1,000	1,000	0,246	1,643	6,690
IV	3,000	2,000	4,000	2,000	1,000	1,000	0,255	1,726	6,766
$\Sigma$	11,667	12,333	19,000	5,733	3,667	3,583		6,704	39,416

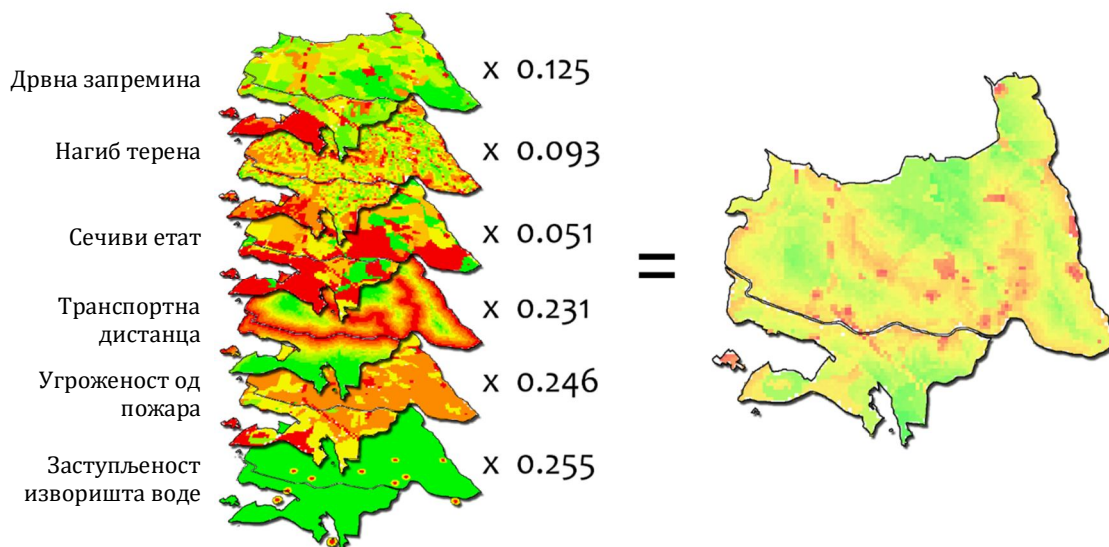
  

Kriterijum	DZ	NT	SE	TD	UP	IV	AHP-w	$\lambda$ max	CI	RI	CR	RI	
DZ	0,0857	0,2432	0,1579	0,0349	0,1364	0,0930	0,125	6,56937	0,11387	1,24	0,09183	2	0,00
NT	0,0286	0,0811	0,1579	0,0581	0,0909	0,1395	0,093					3	0,58
SE	0,0286	0,0270	0,0526	0,0349	0,0909	0,0698	0,051					4	0,90
TD	0,4286	0,2432	0,2632	0,1744	0,1364	0,1395	0,231					5	1,12
UP	0,1714	0,2432	0,1579	0,3488	0,2727	0,2791	0,246					6	1,24
IV	0,2571	0,1622	0,2105	0,3488	0,2727	0,2791	0,255					7	1,32
												8	1,41
												9	1,45

Слика 16: Матрица одлучивања у софтверу MS Excel 2016

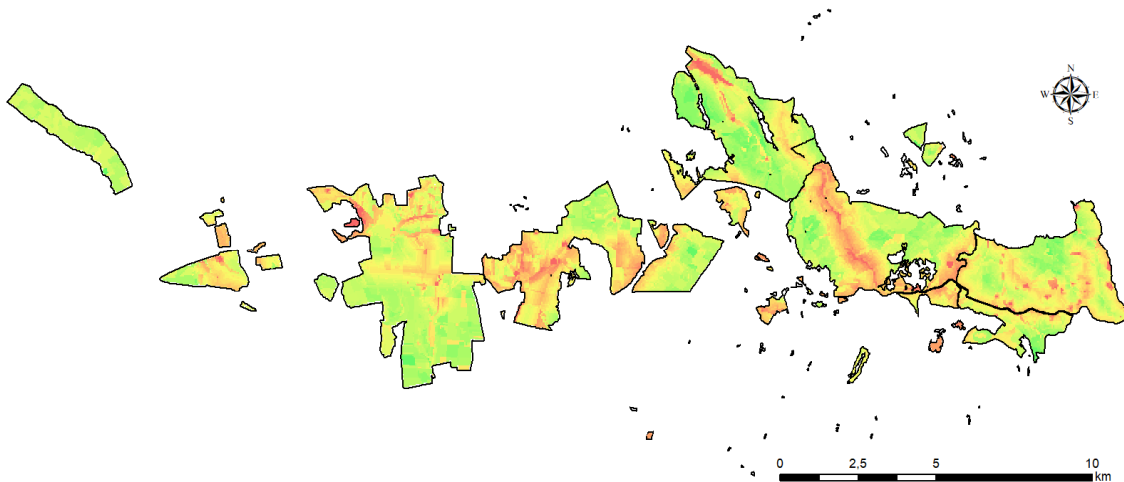
#### 6.4.4. Израда карте погодности

Карта погодности подручја за градњу шумских путева израђена је у софтверу ArcGIS 10. Синтезна карта добијена је преклапањем шест тематских карата. Вредности које су у ранијој фази додељене атрибутима, помножене су одговарајућим тежинским коефицијентом добијеним у АХП поступку, при чему је добијена коначна вредност сваке ћелије у растеру.



Карта 48: Карта погодности површина за градњу шумских путева на примеру ГЈ 3808

Вредности ћелија на истраживаном подручју кретале су се и интервалу од 1,559 до 8,364, што је на карти представљено градијентом боја од црвене до интензивно зелене.



Карта 49: Погодност површина за градњу шумских путева

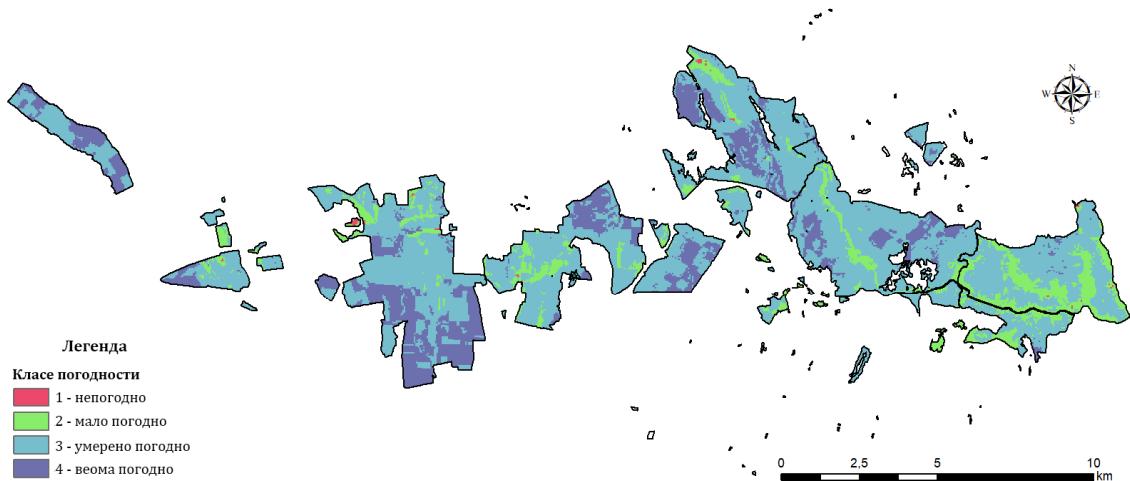
С обзиром на велики број нијанси боја на карти, које код доносиоца одлука могу стварати конфузију при расуђивању, извршена је рекласификација вредности ћелија, при чему су формиране четири класе погодности.

Табела 39: Рекласификација вредности ћелија и формирање класа погодности

Вредност ћелије растера	Класа погодности	Опис
0,000 – 3,000	1	Непогодно
3,001 – 5,000	2	Мало погодно
5,001 – 7,000	3	Умерено погодно
7,001 – 9,000	4	Веома погодно

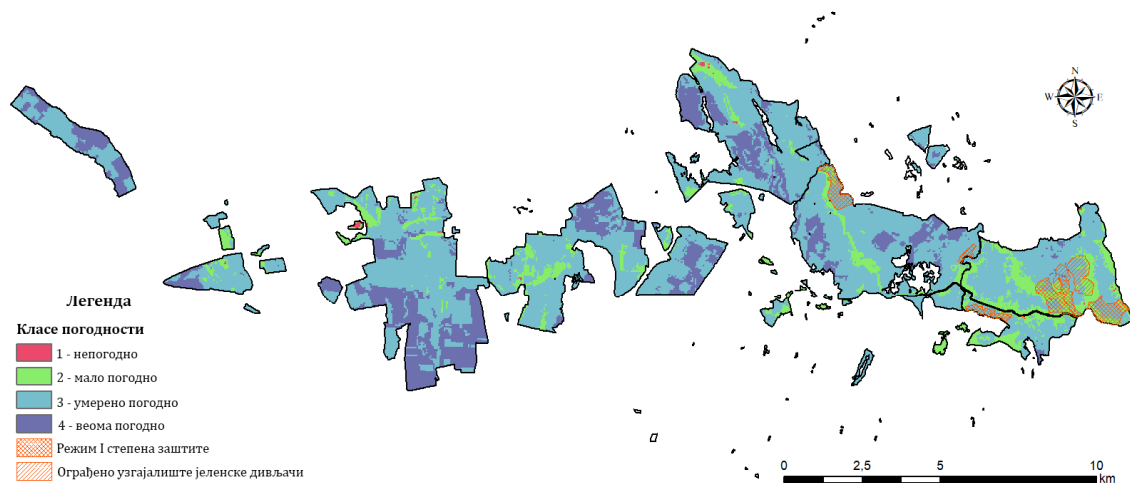
Формирањем класа погодности површина за градњу шумских путева, извршено је груписање ћелија растера према погодности, чиме се истовремено пружа боља визуелна представа резултата.





Карта 50: Карта класа погодности површина за градњу шумских путева

Поред четири класе погодности, које су резултат вредновања критеријума и атрибута у АХП поступку, битно је приказати и површине на којима је због своје специфичности унапред искључена могућност градње нових шумских путева. На наредној карти представљене су површине које припадају режиму И степена заштите у којем није дозвољено извођење грађевинских радова, као и ограда део ловишта „Фрушка гора“ – прихватилиште и узгајалиште јеленске дивљачи „Равне“.



Карта 51: Карта класа погодности површина за градњу шумских путева са изузетим површинама

## **6.5. Планирање мреже шумских путева**

### **6.5.1. Планирање варијанти мреже шумских путева**

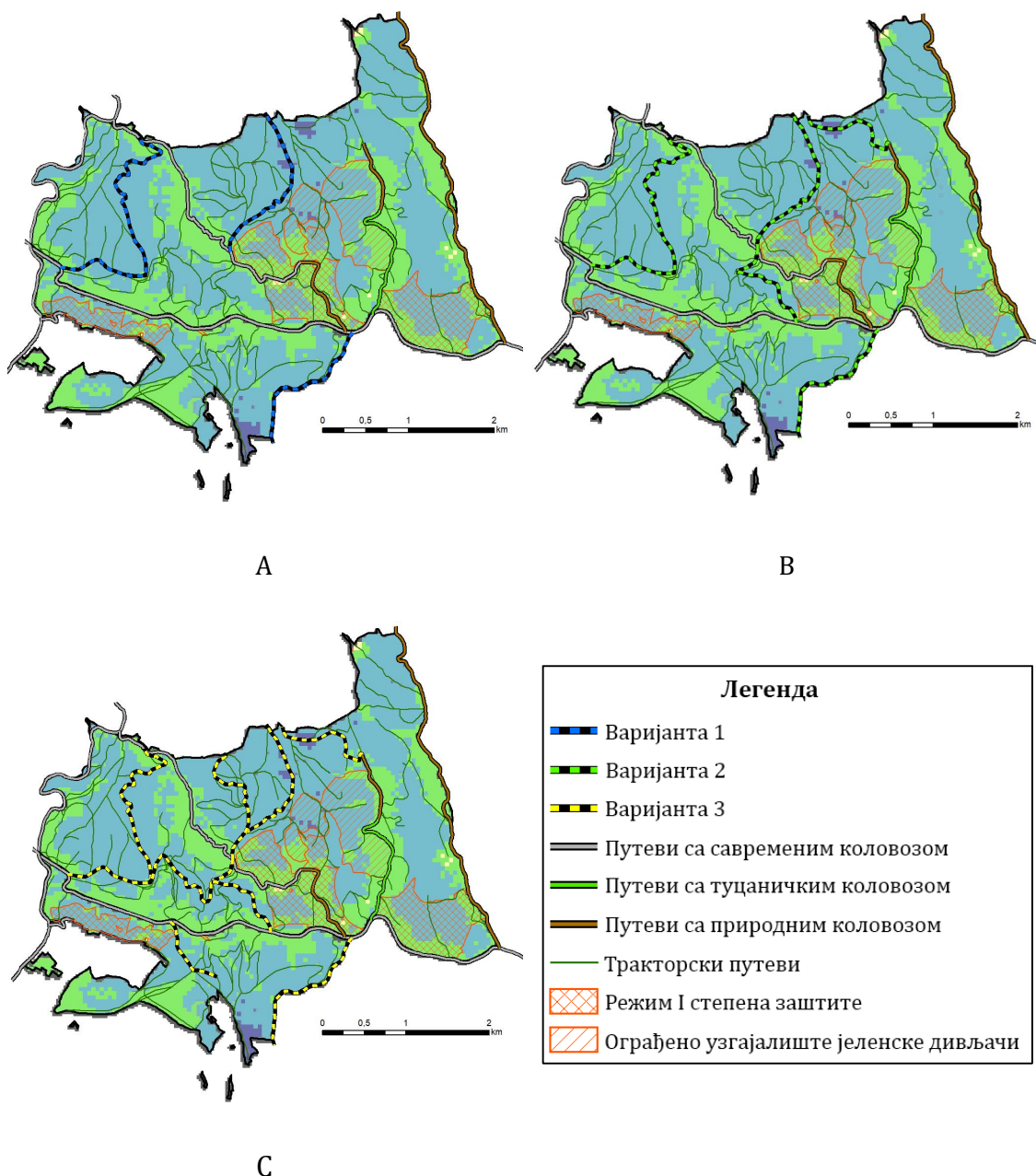
Након израђене карте погодности површина за градњу шумских путева, приступило се планирању даљег развоја мреже шумских путева. У оквиру сваке газдинске јединице израђене су по три варијанте мреже шумских путева, које су се разликовале по интензитету отварања. Прва варијанта је најслабијег интензитета, тј. предвиђена је градња шумских путева само у најмање отвореним деловима газдинске јединице, како би се отворила подручја која су на карти погодности представљена као веома погодна за градњу шумских путева. Друга варијанта је нешто јачег интензитета, док је трећа варијанта планирана да покрије све недовољно отворене делове газдинске јединице.

Поред тога што се водило рачуна да се путеви планирају на површинама које су на карти погодности представљене као веома погодне и умерено погодне, тежило се да нови путеви што више прате постојеће тракторске влаке и шумске просеке како би се избегло стварање нових непродуктивних површина у шуми. Са друге стране, водило се рачуна да новопројектовани шумски путеви испуне минималне техничке услове у погледу уздужних нагиба.

Трасе шумских путева у оквиру сваке варијанте пројектоване су ручно, на топографској карти са изохипсама, еквидистанце 10 m. Након израђених варијанти мреже шумских путева у свим газдинским јединицама, извршена је анализа сваке варијанте. Просторни положај шумских путева у оквиру сваке варијанте приказан је на картама, а резултати анализа представљени су у наредним табелама.

Табела 40: Анализа варијанти шумских путева у ГЈ 3808

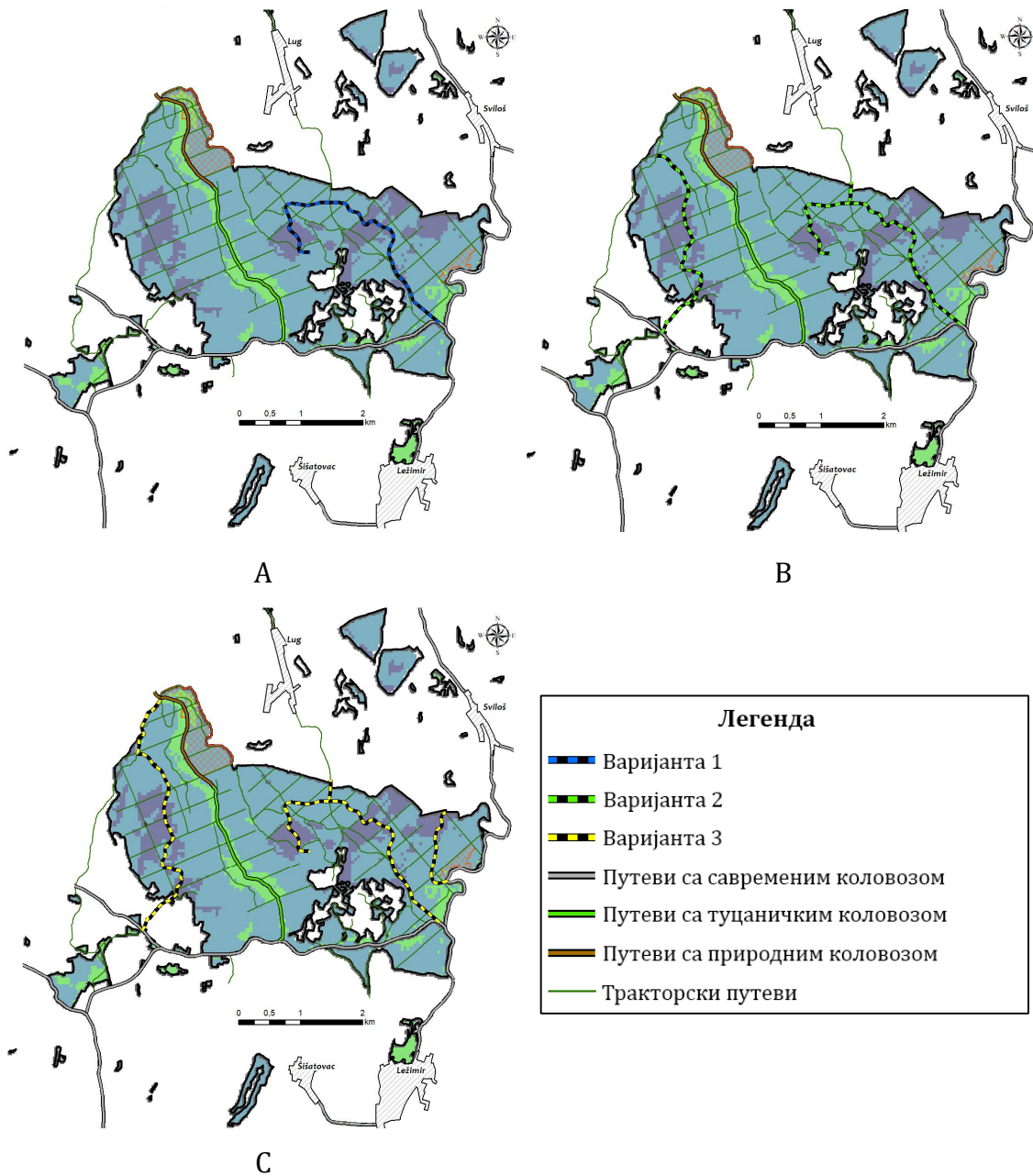
3808	Тренутно	Варијанта		
		1	2	3
Укупна дужина путева [m]	22.550	29.900	32.760	36.540
Обрачунска дужина путева [m]	18.525	24.945	27.805	31.585
Густина мреже путева [m/ha]	12,55	16,90	18,83	21,40
Релативна отвореност при SD <sub>cilj</sub> [%]	62,06	79,81	82,38	87,79
Коеф. ефикасности при SD <sub>cilj</sub>	0,83	0,77	0,69	0,58



Карта 52: Варијанте мреже шумских путева у ГЈ 3808 – варијанта 1 (А), варијанта 2 (В) и варијанта 3 (С)

Табела 41: Анализа варијанти шумских путева у ГЈ 3809

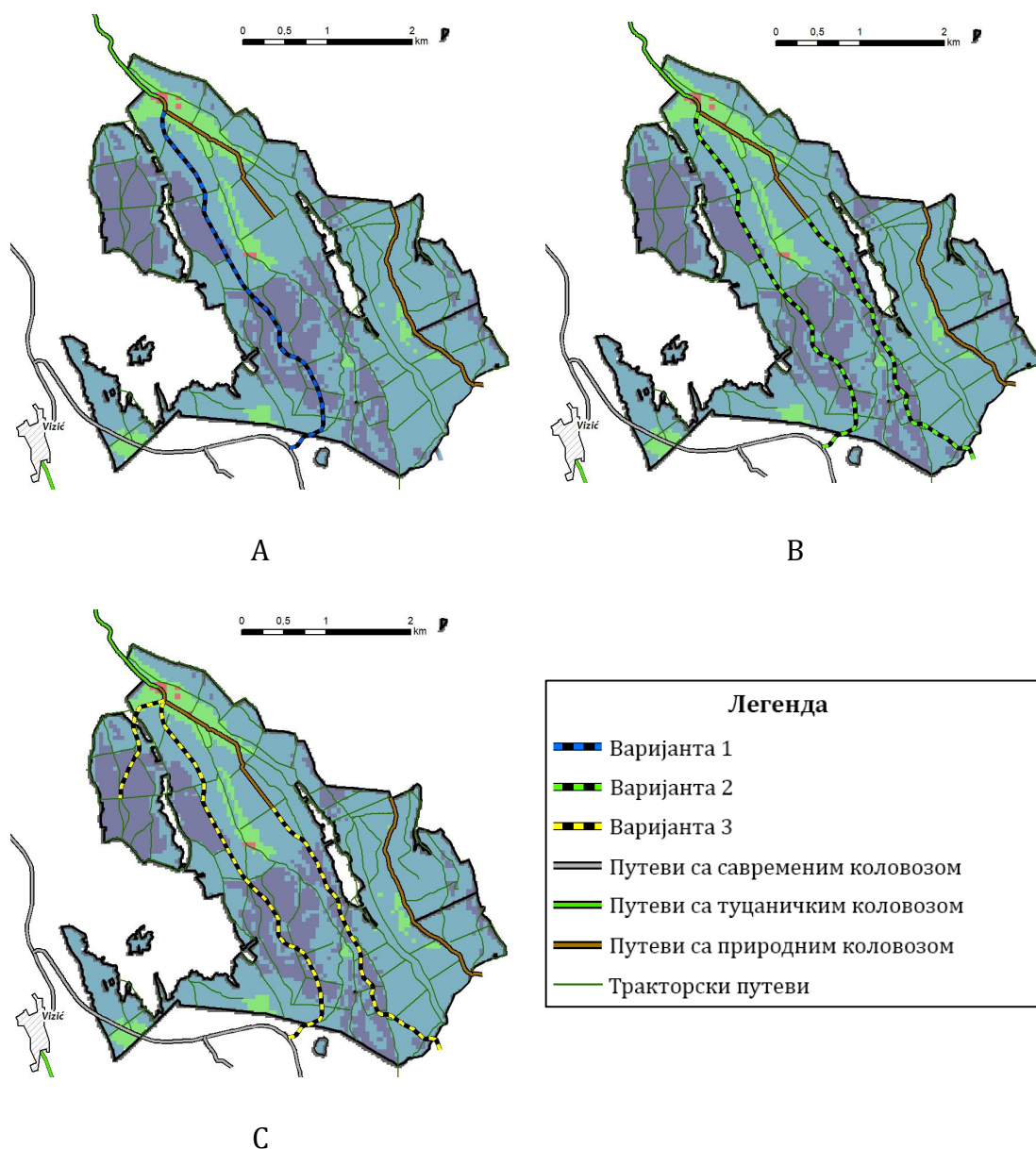
3809	Тренутно	Варијанта		
		1	2	3
Укупна дужина путева [m]	17.092	21.912	25.992	28.472
Обрачунска дужина путева [m]	12.066	16.886	20.356	22.346
Густина мреже путева [m/ha]	7,24	10,13	12,21	13,40
Релативна отвореност при SD <sub>cilj</sub> [%]	47,41	69,89	83,07	85,21
Коеф. ефикасности при SD <sub>cilj</sub>	0,86	0,87	0,84	0,76



Карта 53: Варијанте мреже шумских путева у ГЈ 3809 – варијанта 1 (А), варијанта 2 (В) и варијанта 3 (С)

Табела 42: Анализа варијанти шумских путева у ГЈ 3810

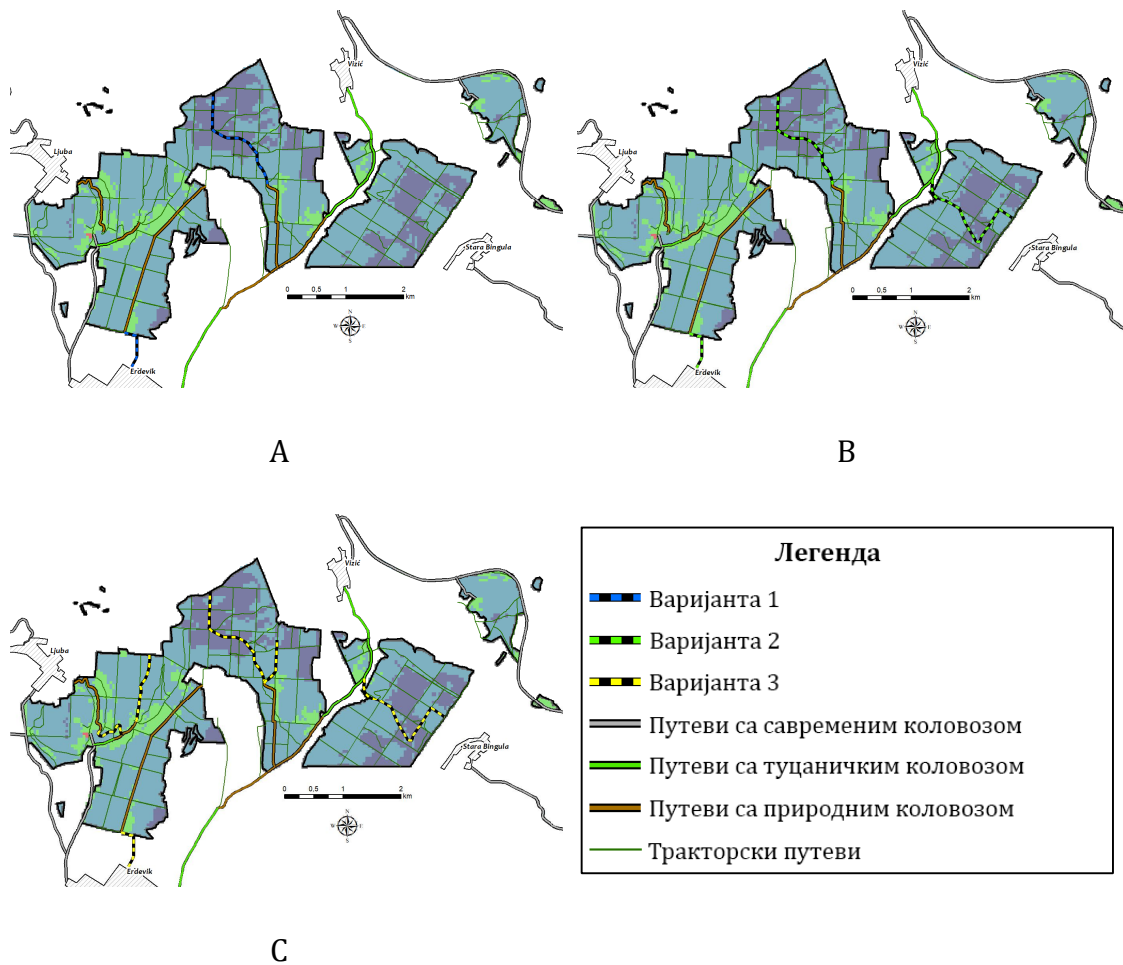
3810	Тренутно	Варијанта		
		1	2	3
Укупна дужина путева [m]	6.740	11.620	15.350	16.800
Обрачунска дужина путева [m]	6.095	10.660	14.390	15.725
Густина мреже путева [m/ha]	4,92	8,60	11,61	12,69
Релативна отвореност при $SD_{cilj}$ [%]	42,68	65,63	80,57	86,89
Коеф. ефикасности при $SD_{cilj}$	1,00	0,87	0,81	0,81



Карта 54: Варијанте мреже шумских путева у ГЈ 3810 – варијанта 1 (А), варијанта 2 (В) и варијанта 3 (С)

Табела 43: Анализа варијанти шумских путева у ГЈ 3811

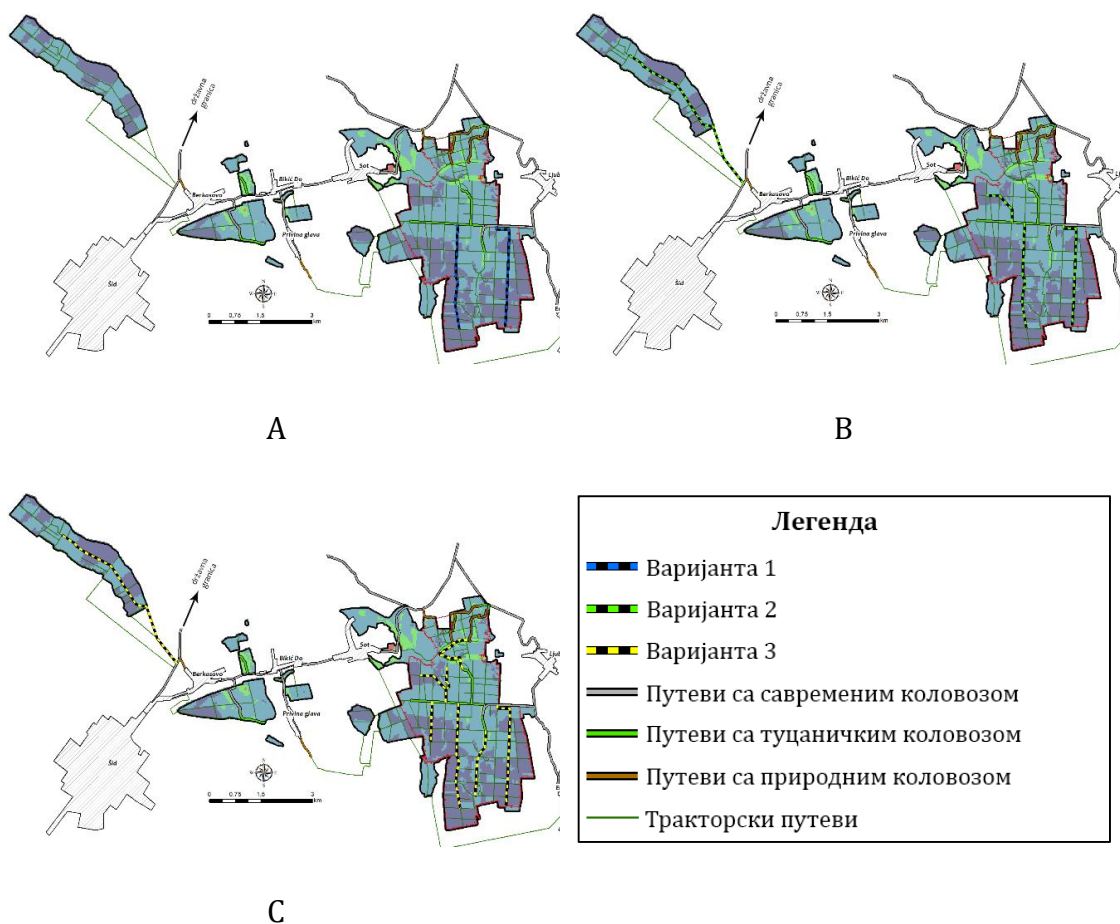
3811	Тренутно	Варијанта		
		1	2	3
Укупна дужина путева [m]	15.050	17.930	20.330	23.030
Обрачунска дужина путева [m]	12.195	14.305	16.705	19.405
Густина мреже путева [m/ha]	8,04	9,43	11,02	12,80
Релативна отвореност при $SD_{cilj}$ [%]	55,78	66,51	76,00	82,67
Коеф. ефикасности при $SD_{cilj}$	0,73	0,77	0,76	0,69



Карта 55: Варијанте мреже шумских путева у ГЈ 3811 – варијанта 1 (А), варијанта 2 (В) и варијанта 3 (С)

Табела 44: Анализа варијанти шумских путева у ГЈ 3812

3812	Тренутно	Варијанта		
		1	2	3
Укупна дужина путева [m]	14.420	20.790	27.330	33.180
Обрачунска дужина путева [m]	12.460	18.830	23.470	29.320
Густина мреже путева [m/ha]	5,46	8,25	10,29	12,86
Релативна отвореност при $SD_{cilj}$ [%]	42,33	64,56	78,53	84,88
Коеф. ефикасности при $SD_{cilj}$	0,70	0,69	0,70	0,54



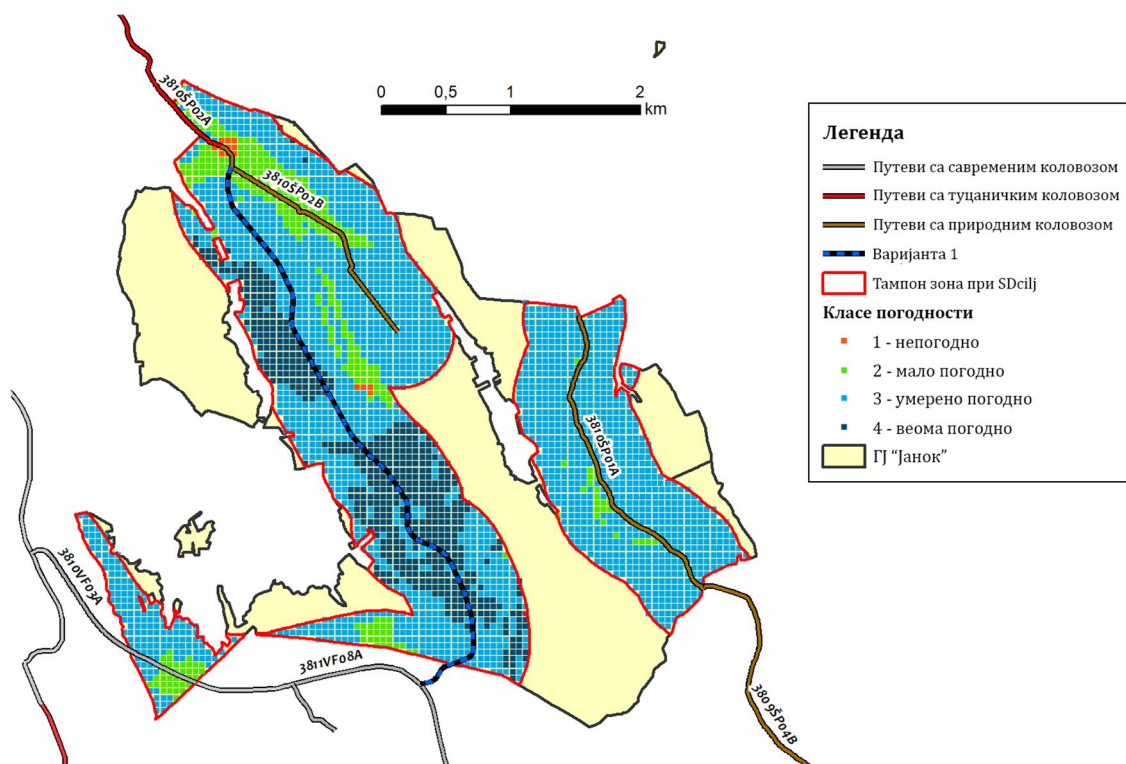
Карта 56: Варијанте мреже шумских путева у ГЈ 3812 – варијанта 1 (А), варијанта 2 (В) и варијанта 3 (С)

## 6.5.2. Критеријуми за избор најбоље варијанте мреже шумских путева

У поглављу 5.7.1. дефинисани су критеријуми на основу којих ће бити вреднована свака варијанта мреже шумских путева. У наставку текста дата су објашњења како је извршено вредновање варијанти по свим критеријумима.

### 6.5.2.1. Отвореност погодних површина

Анализа отворености погодних површина спроведена је у софтверу *ArcGIS*. Раније израђена карта погодности површина преведена је из растерског облика у векторски (тачке), при чему је свака тачка преузела информацију са растера о класи погодности, што је сачувано у табели атрибута. На основу раније постављених тампон зона око путева при рачунању релативне отворености за циљану транспортну дистанцу, утврђен је број тачака које покрива тампон зона, а затим и процентуално учешће сваке класе погодности.



Карта 57: Заступљеност класа погодности на тампон зонама око путева - пример



Добијени резултати представљени су у табелама које следе:

Табела 45: Заступљеност класа погодности на тампон зонама око путева у ГЈ 3808

ГЈ 3808	Варијанта					
	1		2		3	
класа погодности	n	%	n	%	n	%
1	8	0,18	8	0,17	8	0,16
2	1602	36,05	1602	34,97	1626	33,34
3	2794	62,87	2925	63,85	3197	65,55
4	40	0,90	46	1,00	46	0,94
<b>Σ</b>	<b>4444</b>	<b>100,00</b>	<b>4581</b>	<b>100,00</b>	<b>4877</b>	<b>100,00</b>

Табела 46: Заступљеност класа погодности на тампон зонама око путева у ГЈ 3809

ГЈ 3809	Варијанта					
	1		2		3	
класа погодности	n	%	n	%	n	%
1	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	481	11,34	483	9,52	483	9,29
3	3412	80,47	3943	77,76	4010	77,12
4	347	8,18	645	12,72	707	13,60
<b>Σ</b>	<b>4240</b>	<b>100,00</b>	<b>5071</b>	<b>100,00</b>	<b>5200</b>	<b>100,00</b>

Табела 47: Заступљеност класа погодности на тампон зонама око путева у ГЈ 3810

ГЈ 3810	Варијанта					
	1		2		3	
класа погодности	n	%	n	%	n	%
1	12	0,39	12	0,32	12	0,29
2	314	10,08	324	8,54	324	7,91
3	2250	72,25	2726	71,83	2787	68,04
4	538	17,28	733	19,31	973	23,75
<b>Σ</b>	<b>3114</b>	<b>100,00</b>	<b>3795</b>	<b>100,00</b>	<b>4096</b>	<b>100,00</b>

Табела 48: Заступљеност класа погодности на тампон зонама око путева у ГЈ 3811

ГЈ 3811	Варијанта					
	1		2		3	
класа погодности	n	%	n	%	n	%
1	1	0,03	1	0,02	1	0,02
2	539	14,48	539	12,64	542	11,68
3	2814	75,58	3110	72,92	3426	73,85

4	369	9,91	615	14,42	670	14,44
<b>Σ</b>	<b>3723</b>	<b>100,00</b>	<b>4265</b>	<b>100,00</b>	<b>4639</b>	<b>100,00</b>

Табела 49: Заступљеност класа погодности на тампон зонама око путева у ГЈ 3812

ГЈ 3812	Варијанта					
	1		2		3	
класа погодности	n	%	n	%	n	%
1	18	0,32	18	0,26	18	0,24
2	499	8,83	499	7,23	499	6,69
3	3630	64,21	4281	62,05	4496	60,28
4	1506	26,64	2101	30,45	2446	32,79
<b>Σ</b>	<b>5653</b>	<b>100,00</b>	<b>6899</b>	<b>100,00</b>	<b>7459</b>	<b>100,00</b>

Поређење критеријума у паровима, односно утврђивање међусобне доминантности, извршено ја на основу преференције доносиоца одлуке, након чега су формиране матрице одлучивања и утврђени тежински коефицијенти ( $w$ ) за сваку варијанту.

Табела 50: Матрица одлучивања - отвореност погодних површина у ГЈ 3808

ГЈ 3808 – отвореност погодних површина	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	1/3	1/2	0,159	0,481	3,023
Варијанта 2 (II)	3	1	3	0,589	1,822	3,094
Варијанта 3 (III)	2	1/3	1	0,252	0,767	3,044
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,070</b>	<b>9,162</b>

$$\lambda_{\max}=3,054 \quad CI=0,0269 \quad RI=0,58 \quad CR=0,0464 < 0,10 \quad OK$$

Табела 51: Матрица одлучивања - отвореност погодних површина у ГЈ 3809

ГЈ 3809 – отвореност погодних површина	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	1/3	1/4	0,123	0,369	3,006
Варијанта 2 (II)	3	1	1/2	0,320	0,967	3,019
Варијанта 3 (III)	4	2	1	0,557	1,688	3,030
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,023</b>	<b>9,055</b>

$$\lambda_{\max}=3,018 \quad CI=0,0092 \quad RI=0,58 \quad CR=0,0158 < 0,10 \quad OK$$

Табела 52: Матрица одлучивања - отвореност погодних површина у ГЈ 3810

ГЈ 3810 – отвореност погодних површина	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	1/3	1/5	0,106	0,320	3,011
Варијанта 2 (II)	3	1	1/3	0,260	0,790	3,033
Варијанта 3 (III)	5	3	1	0,633	1,946	3,072

<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,055</b>	<b>9,116</b>
$\lambda_{\max}=3,039$ CI=0,0194 RI=0,58 CR=0,0334 < 0,10 ОК			

Табела 53: Матрица одлучивања - отвореност погодних површина у ГЈ 3811

ГЈ 3811 – отвореност погодних површина	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	1/5	1/6	0,082	0,246	3,007
Варијанта 2 (II)	5	1	1/2	0,334	1,040	3,032
Варијанта 3 (III)	6	2	1	0,575	1,753	3,048
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,039</b>	<b>9,087</b>
$\lambda_{\max}=3,029$ CI=0,0146 RI=0,58 CR=0,0251 < 0,10 ОК						

Табела 54: Матрица одлучивања - отвореност погодних површина у ГЈ 3812

ГЈ 3812 – отвореност погодних површина	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	1/5	1/6	0,082	0,246	3,007
Варијанта 2 (II)	5	1	1/2	0,343	1,040	3,032
Варијанта 3 (III)	6	2	1	0,575	1,753	3,048
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,039</b>	<b>9,087</b>
$\lambda_{\max}=3,029$ CI=0,0146 RI=0,58 CR=0,0251 < 0,10 ОК						

### 6.5.2.2. Конверзија тракторских влака и шумских просека у путеве

При изради варијанти мреже шумских путева тежило се да се изврши конверзија тракторских влака и шумских просека у шумске путеве, уколико је то било технички могуће и економски оправдано. Од траса влака и просека одступало се најчешће из конструктивно-техничких разлога, и то ради потребе за умањењем уздужног нагиба трасе.

Свака варијанта шумског пута је анализирана и установљено је колико процената од укупне дужине нових шумских путева прати постојеће тракторске влаке и шумске просеке. Резултати ових анализа дати су у наставку:

Табела 55: Процентуално учешће деоница шумских путева које ће бити пројектоване преко постојећих влака и просека у односу на укупну дужину пројектованих путева

ГЈ	Варијанта								
	1			2			3		
	Σ [km]	VP [km]	%	Σ [km]	VP [km]	%	Σ [km]	VP [km]	%
3808	7,37	4,34	58,89	10,23	5,15	50,34	14	6,95	49,64
3809	4,8	3,09	64,38	8,88	4,99	56,19	11,36	6,02	52,99
3810	4,88	1,02	20,90	8,61	2,25	26,13	10,06	3,29	32,70
3811	2,88	2,88	100,00	5,28	3,75	71,02	7,98	5,96	74,69
3812	6,37	5,83	91,52	12,91	11,8	91,40	18,76	15,74	83,90

Σ [km] – укупна дужина пројектованих путева у оквиру сваке варијанте

VP [km] – дужина тракторских влака и шумских просека која ће бити конверзована у шумске путеве

Анализирајући добијене резултате извршено је поређење варијанти у паровима, израда матрице одлучивања и одређивање тежинских коефицијената за сваку варијанту.

Табела 56: Матрица одлучивања - конверзија тракторских влака и шумских просека у шумске путеве у ГЈ 3808

ГЈ 3808 – конверзија влака и просека у путеве	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	5	6	0,723	2,213	3,063
Варијанта 2 (II)	1/5	1	2	0,174	0,525	3,017
Варијанта 3 (III)	1/6	1/2	1	0,103	0,311	3,008
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,049</b>	<b>9,088</b>

$\lambda_{\max}=3,029$  CI=0,0146 RI=0,58 CR=0,0252 < 0,10 ОК

Табела 57: Матрица одлучивања - конверзија тракторских влака и шумских просека у шумске путеве у ГЈ 3809

ГЈ 3809 – конверзија влака и просека у путеве	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	3	4	0,623	1,891	3,034
Варијанта 2 (II)	1/3	1	2	0,239	0,722	3,014
Варијанта 3 (III)	1/4	1/2	1	0,137	0,413	3,007
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,025</b>	<b>9,055</b>

$\lambda_{\max}=3,018$  CI=0,0092 RI=0,58 CR=0,0158 < 0,10 ОК

Табела 58: Матрица одлучивања - конверзија тракторских влака и шумских просека у шумске путеве у ГЈ 3810

ГЈ 3810 – конверзија влака и просека у путеве	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	1/4	1/9	0,067	0,201	3,007
Варијанта 2 (II)	4	1	1/4	0,220	0,666	3,027
Варијанта 3 (III)	9	4	1	0,713	2,195	3,078
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,062</b>	<b>9,112</b>

$\lambda_{\max}=3,037$  CI=0,0186 RI=0,58 CR=0,0321 < 0,10 ОК

Табела 59: Матрица одлучивања - конверзија тракторских влака и шумских просека у шумске путеве у ГЈ 3811

ГЈ 3811 – конверзија влака и просека у путеве	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	6	5	0,707	2,263	3,201
Варијанта 2 (II)	1/6	1	1/3	0,092	0,277	3,021
Варијанта 3 (III)	1/5	3	1	0,201	0,617	3,065
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,157</b>	<b>9,287</b>

$\lambda_{\max}=3,096$  CI=0,0479 RI=0,58 CR=0,0826 < 0,10 ОК

Табела 60: Матрица одлучивања - конверзија тракторских влака и шумских просека у шумске путеве у ГЈ 3812

ГЈ 3812 – конверзија влака и просека у путеве	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	2	5	0,556	1,715	3,085
Варијанта 2 (II)	1/2	1	5	0,354	1,083	3,063
Варијанта 3 (III)	1/5	1/5	1	0,090	0,272	3,014
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,071</b>	<b>9,162</b>

$\lambda_{\max}=3,054$  CI=0,0269 RI=0,58 CR=0,0465 < 0,10 ОК

### 6.5.2.3. Потреба за реконструкцијом постојећих путева

Како би оправдали сврху због којих се граде, нови шумски путеви надовезују се на путеве исте или више категорије. У случају када се новопроектовани шумски пут одваја од пута ниже категорије, као нпр. од шумског пута са природним коловозом, или се на њега наставља, неопходно је извршити реконструкцију постојећег пута. У вези са тим, за сваку варијанту мреже шумских путева утврђено је колико километара путева је потребно реконструисати да би изградња нових путева била оправдана.

Табела 61: Дужина постојећих путева које је неопходно реконструисати

ГЈ	Варијанта		
	1	2	3
	[km]		
3808	0	0,85	0,85
3809	0	0	0
3810	0,2	2,11	2,11
3811	2,83	4,04	6,09
3812	0	0	0

На основу претходне табеле извршено је поређење варијанти у паровима, израда матрице одлучивања и одређивање тежинских коефицијената за сваку варијанту.

Табела 62: Матрица одлучивања - реконструкција постојећих путева у ГЈ 3808

ГЈ 3808 – реконструкција постојећих путева	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	2	2	0,500	1,500	3,000
Варијанта 2 (II)	1/2	1	1	0,250	0,750	3,000
Варијанта 3 (III)	1/2	1	1	0,250	0,750	3,000
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,000</b>	<b>9,000</b>
$\lambda_{\max}=3,000$ CI=0,0000 RI=0,58 CR=0,0000 < 0,10 ОК						

Табела 63: Матрица одлучивања - реконструкција постојећих путева у ГЈ 3809

ГЈ 3809 – реконструкција постојећих путева	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	1	1	0,333	1,000	3,000
Варијанта 2 (II)	1	1	1	0,333	1,000	3,000
Варијанта 3 (III)	1	1	1	0,333	1,000	3,000
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,000</b>	<b>9,000</b>
$\lambda_{\max}=3,000$ CI=0,0000 RI=0,58 CR=0,0000 < 0,10 ОК						

Табела 64: Матрица одлучивања - реконструкција постојећих путева у ГЈ 3810

ГЈ 3810 – реконструкција постојећих путева	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	3	3	0,600	1,800	3,000
Варијанта 2 (II)	1/3	1	1	0,200	0,600	3,000
Варијанта 3 (III)	1/3	1	1	0,200	0,600	3,000
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,000</b>	<b>9,000</b>
$\lambda_{\max}=3,000$ CI=0,0000 RI=0,58 CR=0,0000 < 0,10 ОК						

Табела 65: Матрица одлучивања - реконструкција постојећих путева у ГЈ 3811

ГЈ 3811 – реконструкција постојећих путева	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	3	5	0,633	1,946	3,072
Варијанта 2 (II)	1/3	1	3	0,260	0,790	3,033
Варијанта 3 (III)	1/5	1/3	1	0,106	0,320	3,011
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,055</b>	<b>9,116</b>

$\lambda_{\max}=3,0387$  CI=0,0194 RI=0,58 CR=0,0334 < 0,10 ОК

Табела 66: Матрица одлучивања - реконструкција постојећих путева у ГЈ 3812

ГЈ 3812 – реконструкција постојећих путева	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	1	1	0,333	1,000	3,000
Варијанта 2 (II)	1	1	1	0,333	1,000	3,000
Варијанта 3 (III)	1	1	1	0,333	1,000	3,000
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,000</b>	<b>9,000</b>

$\lambda_{\max}=3,000$  CI=0,0000 RI=0,58 CR=0,0000 < 0,10 ОК

#### 6.5.2.4. Трошкови изградње

Као и приликом рачунања оптималне густине мреже шумских путева за истраживано подручје, и овде је усвојена јединична цена градње шумских путева од 3.293.000,00 RSD/km. Укупни трошкови градње сваке варијанте добијени су множењем укупне дужине новопроектованих путева и јединичне цене.

Табела 67: Трошкови градње шумских путева (у милионима динара)

ГЈ	Варијанта					
	1		2		3	
	Укупна дужина [km]	Трошкови градње [mil. RSD]	Укупна дужина [km]	Трошкови градње [mil. RSD]	Укупна дужина [km]	Трошкови градње [mil. RSD]
3808	6,45	21,27	10,21	33,66	13,99	46,12
3809	4,82	15,89	8,9	29,34	11,38	37,52
3810	4,88	16,09	8,61	28,39	10,06	33,17
3811	2,88	9,49	5,28	17,41	7,998	26,37
3812	6,37	21,00	12,91	42,56	18,76	61,85

Међусобним поређењем варијанти мреже шумских путева према трошковима изградње, одређени су тежински коефицијенти за сваку варијанту.

Табела 68: Матрица одлучивања - трошкови изградње шумских путева у ГЈ 3808

ГЈ 3808 – трошкови изградње	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	3	5	0,633	1,946	3,072
Варијанта 2 (II)	1/3	1	3	0,260	0,790	3,033
Варијанта 3 (III)	1/5	1/3	1	0,106	0,320	3,011
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,055</b>	<b>9,116</b>

$\lambda_{\max}=3,039$  CI=0,0194 RI=0,58 CR=0,0334 < 0,10 ОК

Табела 69: Матрица одлучивања - трошкови изградње шумских путева у ГЈ 3809

ГЈ 3809 – трошкови изградње	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	4	5	0,665	2,109	3,171
Варијанта 2 (II)	1/4	1	3	0,231	0,709	3,068
Варијанта 3 (III)	1/5	1/3	1	0,104	0,314	3,023
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,131</b>	<b>9,261</b>

$\lambda_{\max}=3,087$  CI=0,0435 RI=0,58 CR=0,0750 < 0,10 ОК

Табела 70: Матрица одлучивања - трошкови изградње шумских путева у ГЈ 3810

ГЈ 3810 – трошкови изградње	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	3	4	0,623	1,891	3,034
Варијанта 2 (II)	1/3	1	2	0,239	0,722	3,014
Варијанта 3 (III)	1/4	1/2	1	0,137	0,413	3,007
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,025</b>	<b>9,055</b>

$\lambda_{\max}=3,018$  CI=0,0092 RI=0,58 CR=0,0158 < 0,10 ОК

Табела 71: Матрица одлучивања - трошкови изградње шумских путева у ГЈ 3811

ГЈ 3811 – трошкови изградње	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	3	5	0,633	1,946	3,072
Варијанта 2 (II)	1/3	1	3	0,260	0,790	3,033
Варијанта 3 (III)	1/5	1/3	1	0,106	0,320	3,011
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,055</b>	<b>9,116</b>

$\lambda_{\max}=3,039$  CI=0,0194 RI=0,58 CR=0,0334 < 0,10 ОК

Табела 72: Матрица одлучивања - трошкови изградње шумских путева у ГЈ 3812

ГЈ 3812 – трошкови изградње	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	4	6	0,671	2,158	3,215
Варијанта 2 (II)	1/4	1	4	0,244	0,753	3,091
Варијанта 3 (III)	1/6	1/4	1	0,085	0,258	3,023
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,169</b>	<b>9,329</b>

$\lambda_{\max}=3,110$  CI=0,0549 RI=0,58 CR=0,0946 < 0,10 ОК



### 6.5.2.5. Релативна отвореност

Подаци о релативној отворености газдинских јединица при свакој варијанти шумских путева, приказани су у табелама „Анализа варијанти мреже шумских путева“ у поглављу 6.5.1. Добијене вредности за сваку варијанту међусобно су упоређене, на основу чега су одређени тежински коефицијенти за сваку варијанту.

Табела 73: Матрица одлучивања – релативна отвореност ГЈ 3808

ГЈ 3808 – релативна отвореност	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	1/2	1/3	0,164	0,492	3,004
Варијанта 2 (II)	2	1	1/2	0,297	0,894	3,008
Варијанта 3 (III)	3	2	1	0,539	1,625	3,015
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,011</b>	<b>9,028</b>
$\lambda_{\max}=3,009$ CI=0,0046 RI=0,58 CR=0,0079 < 0,10 ОК						

Табела 74: Матрица одлучивања – релативна отвореност ГЈ 3809

ГЈ 3809 – релативна отвореност	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	1/5	1/6	0,082	0,246	3,007
Варијанта 2 (II)	5	1	1/2	0,343	1,040	3,032
Варијанта 3 (III)	6	2	1	0,575	1,753	3,048
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,039</b>	<b>9,087</b>
$\lambda_{\max}=3,029$ CI=0,0146 RI=0,58 CR=0,0251 < 0,10 ОК						

Табела 75: Матрица одлучивања – релативна отвореност ГЈ 3810

ГЈ 3810 – релативна отвореност	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	1/4	1/5	0,098	0,295	3,007
Варијанта 2 (II)	4	1	1/2	0,334	1,011	3,026
Варијанта 3 (III)	5	2	1	0,568	1,727	3,041
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,033</b>	<b>9,074</b>
$\lambda_{\max}=3,025$ CI=0,0123 RI=0,58 CR=0,0213 < 0,10 ОК						

Табела 76: Матрица одлучивања – релативна отвореност ГЈ 3811

ГЈ 3811 – релативна отвореност	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	1/3	1/4	0,123	0,369	3,006
Варијанта 2 (II)	3	1	1/2	0,320	0,967	3,019
Варијанта 3 (III)	4	2	1	0,557	1,688	3,030
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,023</b>	<b>9,055</b>

$\lambda_{\max}=3,018$  CI=0,0092 RI=0,58 CR=0,0158 < 0,10 ОК

Табела 77: Матрица одлучивања – релативна отвореност ГЈ 3812

ГЈ 3812 – релативна отвореност	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	1/3	1/4	0,123	0,369	3,006
Варијанта 2 (II)	3	1	1/2	0,320	0,967	3,019
Варијанта 3 (III)	4	2	1	0,557	1,688	3,030
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,023</b>	<b>9,055</b>

$\lambda_{\max}=3,018$  CI=0,0092 RI=0,58 CR=0,0158 < 0,10 ОК

### 6.5.2.6. Коefицијент ефикасности мреже путева

До података о коefицијенту ефикасности мреже путева дошло се истовремено са прорачуном релативне отворености. Као и у претходном случају, резултати анализе дати су у поглављу 6.5.1. У наставку следе матрице поређења варијанти у паровима и вредности тежинских коefицијената.

Табела 78: Матрица одлучивања – коefицијент ефикасности мреже шумских путева у ГЈ 3808

ГЈ 3808 – коefицијент ефикасности	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	3	5	0,633	1,946	3,072
Варијанта 2 (II)	1/3	1	3	0,260	0,790	3,033
Варијанта 3 (III)	1/5	1/3	1	0,106	0,320	3,011
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,055</b>	<b>9,116</b>

$\lambda_{\max}=3,039$  CI=0,0194 RI=0,58 CR=0,0334 < 0,10 ОК

Табела 79: Матрица одлучивања – коefицијент ефикасности мреже шумских путева у ГЈ 3809

ГЈ 3809 – коefицијент ефикасности	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	2	4	0,557	1,688	3,030
Варијанта 2 (II)	1/2	1	3	0,320	0,967	3,019
Варијанта 3 (III)	1/4	1/3	1	0,123	0,369	3,006
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,023</b>	<b>9,055</b>

$\lambda_{\max}=3,018$  CI=0,0092 RI=0,58 CR=0,0158 < 0,10 ОК

Табела 80: Матрица одлучивања – коефицијент ефикасности мреже шумских путева у ГЈ 3810

ГЈ 3810 – коефицијент ефикасности	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	2	2	0,500	1,500	3,000
Варијанта 2 (II)	1/2	1	1	0,250	0,750	3,000
Варијанта 3 (III)	1/2	1	1	0,250	0,750	3,000
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,000</b>	<b>9,000</b>

$\lambda_{\max}=3,000$  CI=0,0000 RI=0,58 CR=0,0000 < 0,10 ОК

Табела 81: Матрица одлучивања – коефицијент ефикасности мреже шумских путева у ГЈ 3811

ГЈ 3811 – коефицијент ефикасности	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	2	3	0,525	1,617	3,082
Варијанта 2 (II)	1/2	1	3	0,334	0,021	3,058
Варијанта 3 (III)	1/3	1/3	1	0,142	0,428	3,021
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,065</b>	<b>9,161</b>

$\lambda_{\max}=3,054$  CI=0,0269 RI=0,58 CR=0,0464 < 0,10 ОК

Табела 82: Матрица одлучивања – коефицијент ефикасности мреже шумских путева у ГЈ 3812

ГЈ 3808 – коефицијент ефикасности	I	II	III	w	b	b/w
Варијанта 1 (I)	1	1/2	3	0,334	1,021	3,058
Варијанта 2 (II)	2	1	3	0,525	1,617	3,082
Варијанта 3 (III)	1/3	1/3	1	0,142	0,428	3,021
			<b>Σ</b>	<b>1,000</b>	<b>3,065</b>	<b>9,161</b>

$\lambda_{\max}=3,054$  CI=0,0269 RI=0,58 CR=0,0464 < 0,10 ОК

### 6.5.3. Избор најбоље варијанте мреже шумских путева

За избор најбоље варијанте мреже шумских путева коришћена је АХП метода. У претходном поглављу извршено је међусобно поређење алтернатива (варијанти мреже шумских путева) у односу на критеријум, при чему су одређени тежински коефицијенти сваке алтернативе. У овој фази извршено је међусобно поређење критеријума у односу на циљ и установљени су њихови тежински коефицијенти. Поређење у паровима и утврђивање доминантности (значајности) једног критеријума у односу на други, извршио је доносилац одлуке придржавајући се тзв. Сатијеве скале за поређење у паровима.

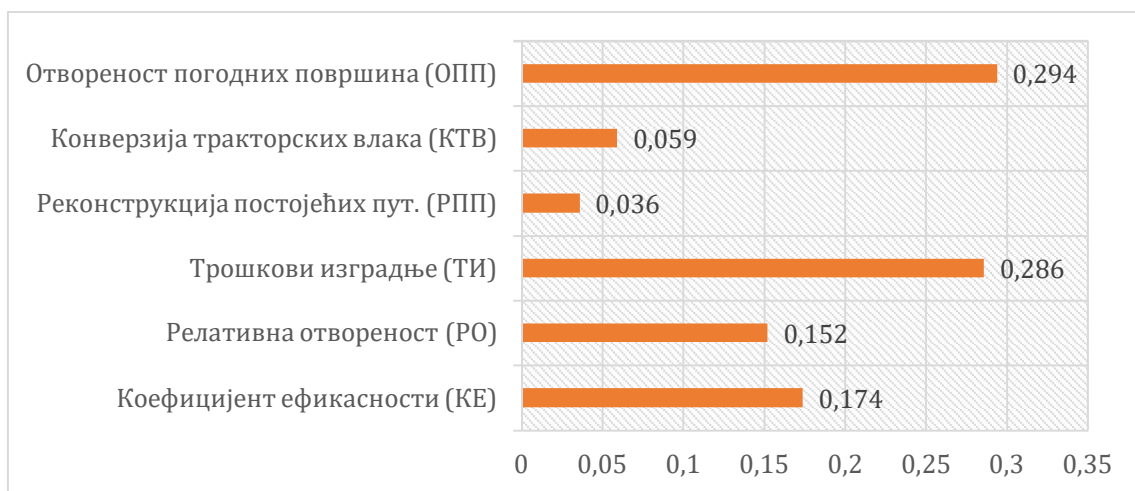
У наредној табели представљена је матрица одлучивања из које је утврђена вредност тежинских коефицијената ( $w$ ) сваког критеријума, као и степен конзистентности ( $CR$ ).

Табела 83: Матрица одлучивања - одређивање тежинских коефицијената критеријума

Критеријуми	ОПП	КВП	РПП	ТИ	РО	КЕ	$w$	$b$	$b/w$
Отвореност погодних површ. (ОПП)	1	7	9	2	1	1	0,294	1,925	6,558
Конверзија тракторских влака (КТВ)	1/7	1	3	1/5	1/3	1/3	0,059	0,374	6,365
Реконструкција постојећих пут. (РПП)	1/9	1/3	1	1/5	1/5	1/3	0,036	0,234	6,519
Трошкови изградње (ТИ)	1/2	5	5	1	3	3	0,286	1,884	6,591
Релативна отвореност (РО)	1	3	5	1/3	1	1/2	0,152	0,983	6,485
Коефицијент ефикасности (КЕ)	1	3	3	1/3	2	1	0,174	1,150	6,595
						$\Sigma$	<b>1,000</b>	6,550	39,113

$\lambda_{\max}=6,519$   $CI=0,1034$   $RI=1,24$   $CR=0,0837 < 0,10$  ОК

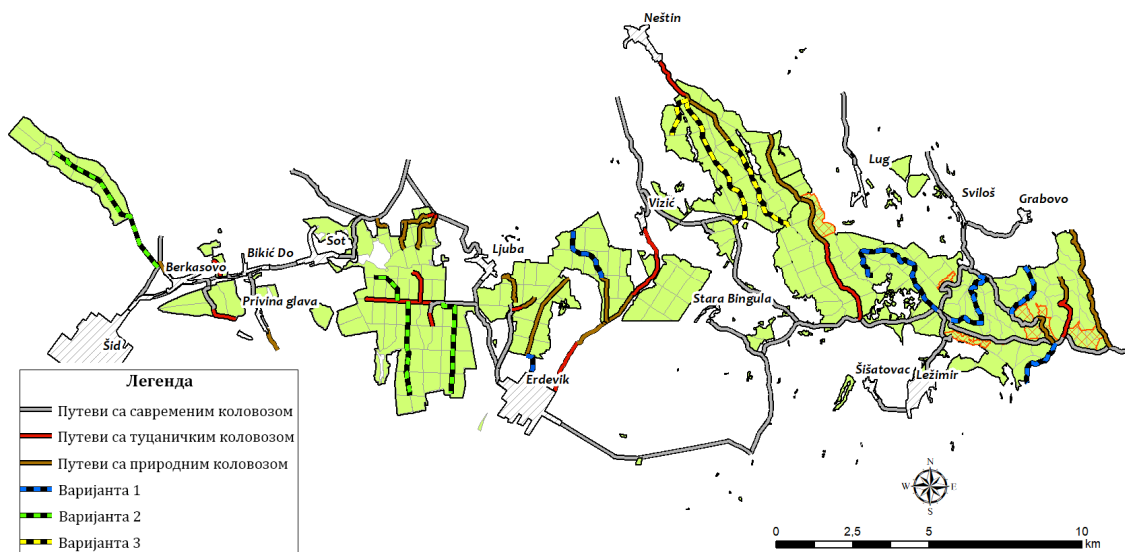
Тежински коефицијенти за сваки критеријум представљени су на графикону који следи:



Графикон 12: Тежински коефицијенти критеријума за избор најбоље варијанте шумског пута

Множењем добијених тежинских коефицијената на различитим нивоима хијерархије, утврђене су коначне вредности сваке алтернативе, што је представљено у Табела 84.

На карти која следи представљене су варијанте у оквиру сваке газдинске јединице, које су у поступку вишекритеријумске анализе изабране као најбоље.



Карта 58: Карта са коначно усвојеним варијантама мреже шумских путева

Поузданост добијеног модела испитана је кроз анализу осетљивости. У првом случају, тежински коефицијенти свих критеријума су изједначени да би се утврдило какав утицај имају на рангирање алтернатива (варијанти). Сваком критеријуму додељена је тежинска вредност 0,1667, која је затим помножена са тежинским коефицијентима сваке варијанте по свим критеријумима. Вредности отежаних вредности и ранг алтернатива приказани су у Табела 85.

У другом и трећем случају извршене су промене критеријума ОПП, као једног од најзначајнијих критеријума, при чему је тежински коефицијент овог критеријума умањен за 20%, односно увећан за 20%. Умањењем, односно повећањем тежинског коефицијента овог критеријума пропорционално су увећани, односно умањени тежински коефицијенти осталих критеријума. Резултати анализе осетљивости код промене тежинског коефицијента за критеријум ОПП приказани су у Табела 86 и Табела 87.

Табела 84: Синтезна табела за избор најбоље варијанте

ГЈ	Варијанта	Критеријум																		Σ	Ранг
		ОПП			КВП			РПП			ТИ			РО			КЕ				
		$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$		
3808	1	0,159		0,047	0,723		0,042	0,500		0,018	0,633		0,181	0,164		0,025	0,633		0,110	<b>0,423</b>	1
	2	0,589		0,173	0,174		0,010	0,250		0,009	0,260		0,074	0,297		0,045	0,260		0,045	<b>0,357</b>	2
	3	0,252		0,074	0,103		0,006	0,250		0,009	0,106		0,030	0,539		0,082	0,106		0,018	<b>0,219</b>	3
3809	1	0,123		0,036	0,623		0,037	0,333		0,012	0,665		0,190	0,082		0,012	0,557		0,097	<b>0,384</b>	1
	2	0,320		0,094	0,239		0,014	0,333		0,012	0,231		0,066	0,343		0,052	0,320		0,056	<b>0,294</b>	3
	3	0,557		0,164	0,137		0,008	0,333		0,012	0,104		0,030	0,575		0,087	0,123		0,021	<b>0,322</b>	2
3810	1	0,106		0,031	0,067		0,004	0,600		0,022	0,623		0,178	0,098		0,015	0,500		0,087	<b>0,337</b>	2
	2	0,260	0,294	0,076	0,220	0,059	0,013	0,200	0,036	0,007	0,239	0,286	0,068	0,334	0,152	0,051	0,250	0,174	0,044	<b>0,259</b>	3
	3	0,633		0,186	0,713		0,042	0,200		0,007	0,137		0,039	0,568		0,086	0,250		0,044	<b>0,404</b>	1
3811	1	0,082		0,024	0,707		0,042	0,633		0,023	0,633		0,181	0,123		0,019	0,525		0,092	<b>0,379</b>	1
	2	0,343		0,101	0,092		0,005	0,260		0,009	0,260		0,074	0,320		0,049	0,334		0,058	<b>0,297</b>	3
	3	0,575		0,169	0,201		0,012	0,106		0,004	0,106		0,030	0,557		0,084	0,142		0,025	<b>0,324</b>	2
3812	1	0,082		0,024	0,556		0,033	0,333		0,012	0,671		0,192	0,123		0,019	0,334		0,058	<b>0,337</b>	2
	2	0,343		0,101	0,354		0,021	0,333		0,012	0,244		0,070	0,320		0,049	0,525		0,092	<b>0,343</b>	1
	3	0,575		0,169	0,090		0,005	0,333		0,012	0,085		0,024	0,557		0,084	0,142		0,025	<b>0,319</b>	3

Табела 85: Синтезна табела за спровођење анализе осетљивости - изједначене вредности критеријума

ГЈ	Варијанта	Критеријум																		Σ	Ранг
		ОПП			КВП			РПП			ТИ			РО			КЕ				
		$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$		
3808	1	0,159		0,026	0,723		0,120	0,500		0,083	0,633		0,105	0,164		0,027	0,633		0,105	<b>0,468</b>	<b>1</b>
	2	0,589		0,098	0,174		0,029	0,250		0,042	0,260		0,043	0,297		0,050	0,260		0,043	<b>0,305</b>	<b>2</b>
	3	0,252		0,042	0,103		0,017	0,250		0,042	0,106		0,018	0,539		0,090	0,106		0,018	<b>0,226</b>	<b>3</b>
3809	1	0,123		0,020	0,623		0,104	0,333		0,055	0,665		0,111	0,082		0,014	0,557		0,093	<b>0,397</b>	<b>1</b>
	2	0,320		0,053	0,239		0,040	0,333		0,055	0,231		0,038	0,343		0,057	0,320		0,053	<b>0,298</b>	<b>3</b>
	3	0,557		0,093	0,137		0,023	0,333		0,055	0,104		0,017	0,575		0,096	0,123		0,020	<b>0,305</b>	<b>2</b>
3810	1	0,106		0,018	0,067		0,011	0,600		0,100	0,623		0,104	0,098		0,016	0,500		0,083	<b>0,332</b>	<b>2</b>
	2	0,260	0,167	0,043	0,220	0,167	0,037	0,200	0,167	0,033	0,239	0,167	0,040	0,334	0,167	0,056	0,250	0,167	0,042	<b>0,250</b>	<b>3</b>
	3	0,633		0,105	0,713		0,119	0,200		0,033	0,137		0,023	0,568		0,095	0,250		0,042	<b>0,417</b>	<b>1</b>
3811	1	0,082		0,014	0,707		0,118	0,633		0,105	0,633		0,106	0,123		0,020	0,525		0,087	<b>0,450</b>	<b>1</b>
	2	0,343		0,057	0,092		0,015	0,260		0,043	0,260		0,043	0,320		0,053	0,334		0,056	<b>0,268</b>	<b>3</b>
	3	0,575		0,096	0,201		0,034	0,106		0,018	0,106		0,018	0,557		0,093	0,142		0,024	<b>0,281</b>	<b>2</b>
3812	1	0,082		0,014	0,556		0,093	0,333		0,055	0,671		0,112	0,123		0,020	0,334		0,056	<b>0,350</b>	<b>2</b>
	2	0,343		0,057	0,354		0,059	0,333		0,055	0,244		0,041	0,320		0,053	0,525		0,087	<b>0,353</b>	<b>1</b>
	3	0,575		0,096	0,090		0,015	0,333		0,055	0,085		0,014	0,557		0,093	0,142		0,024	<b>0,297</b>	<b>3</b>

Табела 86: Синтезна табела за спровођење анализе осетљивости – умањење вредности критеријума ОПП за 20%

ГЈ	Варијанта	Критеријум																		Σ	Ранг
		ОПП			КВП			РПП			ТИ			РО			КЕ				
		$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$		
3808	1	0,159		0,037	0,723		0,046	0,500		0,020	0,633		0,197	0,164		0,027	0,633		0,120	0,448	1
	2	0,589		0,138	0,174		0,011	0,250		0,010	0,260		0,081	0,297		0,049	0,260		0,049	0,339	2
	3	0,252		0,059	0,103		0,007	0,250		0,010	0,106		0,033	0,539		0,089	0,106		0,020	0,218	3
3809	1	0,123		0,029	0,623		0,040	0,333		0,013	0,665		0,208	0,082		0,014	0,557		0,106	0,409	1
	2	0,320		0,075	0,239		0,015	0,333		0,013	0,231		0,072	0,343		0,057	0,320		0,061	0,293	3
	3	0,557		0,131	0,137		0,009	0,333		0,013	0,104		0,032	0,575		0,095	0,123		0,023	0,303	2
3810	1	0,106		0,025	0,067		0,004	0,600		0,023	0,623		0,194	0,098		0,016	0,500		0,095	0,358	2
	2	0,260	0,235	0,061	0,220	0,064	0,014	0,200	0,039	0,008	0,239	0,312	0,075	0,334	0,165	0,055	0,250	0,190	0,048	0,260	3
	3	0,633		0,149	0,713		0,046	0,200		0,008	0,137		0,043	0,568		0,094	0,250		0,048	0,386	1
3811	1	0,082		0,019	0,707		0,045	0,633		0,025	0,633		0,198	0,123		0,020	0,525		0,100	0,407	1
	2	0,343		0,081	0,092		0,006	0,260		0,010	0,260		0,081	0,320		0,053	0,334		0,063	0,294	3
	3	0,575		0,135	0,201		0,013	0,106		0,004	0,106		0,033	0,557		0,092	0,142		0,027	0,304	2
3812	1	0,082		0,019	0,556		0,036	0,333		0,013	0,671		0,209	0,123		0,020	0,334		0,063	0,361	1
	2	0,343		0,081	0,354		0,023	0,333		0,013	0,244		0,076	0,320		0,053	0,525		0,100	0,345	2
	3	0,575		0,135	0,090		0,006	0,333		0,013	0,085		0,027	0,557		0,092	0,142		0,027	0,299	3



Табела 87: Синтезна табела за спровођење анализе осетљивости – увећање вредности критеријума ОПП за 20%

ГЈ	Варијанта	Критеријум																		Σ	Ранг
		ОПП			КВП			РПП			ТИ		РО			КЕ					
		$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$	$x_i$	$w_i$	$x_i w_i$		
3808	1	0,159		0,056	0,723		0,039	0,500		0,017	0,633		0,167	0,164		0,023	0,633		0,102	0,404	1
	2	0,589		0,208	0,174		0,009	0,250		0,008	0,260		0,069	0,297		0,042	0,260		0,042	0,378	2
	3	0,252		0,089	0,103		0,006	0,250		0,008	0,106		0,028	0,539		0,075	0,106		0,017	0,223	3
3809	1	0,123		0,043	0,623		0,034	0,333		0,011	0,665		0,176	0,082		0,011	0,557		0,090	0,365	1
	2	0,320		0,113	0,239		0,013	0,333		0,011	0,231		0,061	0,343		0,048	0,320		0,052	0,298	3
	3	0,557		0,197	0,137		0,007	0,333		0,011	0,104		0,027	0,575		0,081	0,123		0,020	0,343	2
3810	1	0,106		0,037	0,067		0,004	0,600		0,020	0,623		0,165	0,098		0,014	0,500		0,081	0,320	2
	2	0,260	0,353	0,092	0,220	0,054	0,012	0,200	0,033	0,007	0,239	0,264	0,063	0,334	0,140	0,047	0,250	0,161	0,040	0,260	3
	3	0,633		0,223	0,713		0,039	0,200		0,007	0,137		0,036	0,568		0,080	0,250		0,040	0,425	1
3811	1	0,082		0,029	0,707		0,038	0,633		0,021	0,633		0,167	0,123		0,017	0,525		0,085	0,357	1
	2	0,343		0,121	0,092		0,005	0,260		0,009	0,260		0,069	0,320		0,045	0,334		0,054	0,302	3
	3	0,575		0,203	0,201		0,011	0,106		0,003	0,106		0,028	0,557		0,078	0,142		0,023	0,346	2
3812	1	0,082		0,029	0,556		0,030	0,333		0,011	0,671		0,177	0,123		0,017	0,334		0,054	0,318	3
	2	0,343		0,121	0,354		0,019	0,333		0,011	0,244		0,064	0,320		0,045	0,525		0,084	0,345	1
	3	0,575		0,203	0,090		0,005	0,333		0,011	0,085		0,022	0,557		0,078	0,142		0,023	0,342	2

## 7. ДИСКУСИЈА

Заштићеним подручјима сматрају се подручја која имају изражену геолошку, биолошку, екосистемску и/или предеону разноврсност и због тога се актом о заштити проглашавају заштићеним подручјем од општег интереса (*Закон о заштити природе, 2016*). *Законом о шумама (2015)* дефинисано је да шуме, односно њихови делови, у зависности од утврђених приоритетних функција, могу бити привредне и шуме са посебном наменом. Шуме у заштићеним природним добрима имају приоритетну функцију шуме са посебном наменом. У овим шумама концепт одрживог газдовања шумама мора се у потпуности применити. Неадекватна валоризација ресурса и услуга, као и недовољна међусекторска и институцијална сарадња, проузроковали су одређене недостатке у газдовању шумама у заштићеним природним добрима (*Стратегија развоја шумарства, 2006*), а резултат тога је успоравање реализације задатака постављених стратегијом развоја сектора и јачање конфликта између различитих интересних група. Усаглашеност економске, еколошке, социјалне и културне функције шума у систему одрживости, од суштинског је значаја за опстанак шумских екосистема и здраве животне средине уопште.

Шуме посебне намене, какве су шуме у заштићеним подручјима, односно шуме националних паркова, одликује читав низ специфичности, али и различитих ограничења, која се морају узети у обзир при изради планова управљања. Приликом израде планова управљања природним ресурсима, одлуке најчешће доноси тим људи различитих интересовања и различитог професионалног искуства. Како наводи *Bettinger, et al. (2009)*, у управљању постоји три начина одлучивања: рационалан, ирационалан и нешто између ова два, што се назива моделом „канте за ђубре“. Институције које управљају националним парковима морају имати рационалан и функционалан начин управљања, који је у складу са друштвеним потребама и развојним

приоритетима (*Panić & Orlović-Lovren, 2014*). Природа очувања у модерном облику толерише одређене антропогене утицаје који нису у конфликтним односима са циљевима заштите (*Zmijanović, 2014*).

Начин планирања развоја мреже шумских путева у Србији није се значајно мењао протеклих деценија. Најчешћи разлог за градњу шумских путева јесте потреба да се што брже и једноставније приђе шуми ради реализације планова сеча и да се посечена дрвна маса уз што мање трошкове извезе из шуме. Градња шумских путева чија приоритетна намена одступа од претходно наведене, врло често наилази на оспоравање шумарских стручњака, који сматрају да у условима интензивног економског развоја државе, са једне стране и недовољне отворености шума, са друге, приоритет треба дати градњи оних шумских путева који су у функцији коришћења шума.

Изградња шумских путева у шумама посебне намене представља један од најјачих антропогених захвата, али истовремено и основу за спровођење циљева заштите. Шумски путеви су најважнији инфраструктурни објекти за реализацију послова у шумарству (*Čađlar 2013*), чија градња и одржавање уједно представљају и најскупље активности (*Ranković & Butulija, 1998; Akay, et al. 2014*). За изградњу шумских путева у заштићеним подручјима неопходно је прикупити велики број дозвола и сагласности од различитих структура власти са различитим знањем и искуством у погледу одрживог газдовања шумама. Ова чињеница врло често утиче на одлагање градње шумских путева, некада чак и годинама. Због јаког утицаја на шумски екосистем, великих трошкова градње и бројних корисника, шумски путеви ће увек бити предмет интересовања великог броја заинтересованих страна, што отвара простор за појаву конфликта. Партиципација, као један од кључних концепата у управљању заштићеним подручјима, подразумева обезбеђивање потпуног и ефективног учешћа релевантних носилаца права и заинтересованих страна у планирању и доношењу одлука (*Nonić, et al. 2014*). Укључивањем релевантних учесника у процес доношења одлука од најраније фазе планирања, може се повећати транспарентност процеса, а доносиоци одлука могли би боље разумети и проценити предности и слабости предложених решења.

Процесу планирања даљег развоја мреже шумских путева претходи детаљна анализа њиховог тренутног квалитативног и квантитативног стања, а пре свега, утврђивање просторног распореда шумских путева. Анализом тренутног просторног распореда шумских путева установљава се део шуме коме није омогућен приступ коришћењем постојећих путева. Без претходно извршене анализе тренутног стања, немогуће је извршити вредновање понуђених решења и утврђивање њиховог утицаја на развој одређеног подручја.

Према *Закону о шумама*, концепцијска основа планирања развоја мреже шумских путева одређује се планом развоја за шумску област, а мрежа шумских путева за газдинску јединицу детаљно се планира основом газдовања шумама. Исти закон прописује обавезу вођења катастра шумских путева који се користе за потребе газдовања шумама од стране корисника. Основе газдовања шумама за газдинске јединице које су предмет овог истраживања, садрже неколико поглавља и потпоглавља о шумским путевима: *Стање шумских саобраћајница, Досадашњи радови на изградњи и одржавању саобраћајница, План изградње и одржавања шумских саобраћајница и објеката и Смернице за изградњу шумских комуникација*. Ни у једном од поглавља није представљен катастар шумских путева, а уместо јасног приказа стања сваког шумског пута појединачно, њихово стање је генерализовано и представљено описно кроз неколико реченица. У Плану изградње шумских путева дате су паушалне процене да ли је потребна изградња нових шумских путева и у коликој мери, без додатних упутстава и визуелне представе где је то потребно и планирано и зашто је потребно.

Анализирајући и друге тренутно важеће основе газдовања шумама у Србији, уочава се да нема јединственог начина вођења катастра и представљања тренутног стања мреже шумских путева, нити јасног плана управљања шумским путевима. Наслови поглавља и потпоглавља која дефинишу стање шумских путева, као и њихов садржај, досадашње радове на изградњи, реконструкцији и одржавању шумских путева, план даљег развоја и смернице за реализацију планираних активности, разликују се од основе до

основе, а у појединим основама газдовања заступљени су и термини који немају утемељење у стручној и научној литератури.

У ранијем периоду, развој мреже шумских путева на нивоу газдинске јединице био је део тзв. програма отварања. У бројним основама газдовања шумама, овај термин замењен је термином „план изградње шумских путева“. Наведени термини не одговарају садржају који тај плански документ треба да има. Термин „програм отварања“ датира из периода када је отвореност шума била на веома ниском нивоу и када се сва пажња посвећивала градњи нових путева ради реализације планова коришћења шума. Међутим, данас када је отвореност шума знатно повећана, а у неким подручјима достигла и планирани ниво, пажња се све више окреће на очување и унапређење квалитативног стања шумских путева кроз редовна и инвестициона одржавања и реконструкцију шумских путева. С тога, термин „програм отварања“ или „план изградње шумских путева“ требало би заменити адекватним термином, као што је „план изградње, реконструкције, одржавања и заштите шумских путева“.

Садржај и начин вођења катастра шумских путева, како је законом регулисано, прописује надлежни министар. Од ступања на снагу Закона о шумама 2010. године па до данас, није израђен правилник о катастру шумских путева. За подручје које је обухваћено истраживањем није постојао катастар шумских путева, већ само тематске карте са уцртаном мрежом путева. Међутим, поред чињенице да положај бројних уцртаних путева не одговара њиховој стварној позицији у простору, не постоји ни јасна категоризација путева, већ су у шумске путеве укључени и шумски путеви у ужем смислу и тракторски путеви и влаке и шумске просеке. С обзиром да се ради само о визуелној представи путева на карти, јасно је да ни о једном путном правцу не постоје информације о његовом квалитативном стању.

Како је израда катастра шумских путева прва фаза у анализи стања мреже шумских путева на одређеном подручју, у овој дисертацији дат је и предлог методологије израде и начина његовог вођења. Често се поставља

питање, који су то путеви које треба узети у разматрање приликом анализа отворености шумских подручја. *Pellegrini (2012)*, позивајући се на истраживања *Hippoliti (1976)*, *Floris, et al. (1999)* и *Caviani, et al. (2003)*, под термином „шумски путеви“ подразумева истовремено и шумске путеве у ужем смислу, чији је појам дефинисан законом о шумама, и путеве који су у интересу шумарства, односно путеве са мултифункционалним карактером који укључује приступ шуми и подршку за шумарске активности. У вези са тим, у дисертацији је предложена нова категоризација путева који пролазе кроз шуме, заснована на тзв. функционалној категорији. Припадност пута одређеној функционалној категорији показује могућност коришћења тог пута за потребе газдовања шумама, без обзира на власништво над путем и врсту коловозне конструкције. Према функционалној категоризацији, путеви су подељени на: *JH* – јавне путеве који се не могу користити за потребе шумарства (државни путеви IA и IB реда); *JO* – јавне путеве који се могу користити за потребе шумарства под ограниченим условима (државни путеви IIА и IIВ реда); ВФ – путеве са вишефункционалним карактером који се могу користити и за потребе шумарства (јавни општински путеви, атарски путеви, путеви на насипима за заштиту од поплава, други некатегорисани путеви); ШП – шумске путеве – путеве грађене првенствено за потребе газдовања шумама. За газдовање шумама свакако су најважнији шумски путеви и путеви са вишефункционалним карактером. Од вишефункционалних путева нарочито су значајни јавни општински путеви са туцаничким или природним коловозима, који су развијени кроз шуме, а који се у катастру непокретности воде као јавни путеви. Овакви путеви претежно се користе за потребе газдовања шумама, а интерес за њихово одржавање имају углавном само корисници шума (*Stojnić, et al. 2017*).

Предложена методологија израде и начина вођења катастра шумских путева, на основу које би било могуће формирање геопортала шумских путева, заснива се на универзалности и применљивости на републичком нивоу, али и улаглашености са Кодним приручником за информациони систем о шумама Републике Србије. Наведена методологија предвиђа да се сваком путу који

пролази кроз газдинску јединицу додели јединствени регистрациони број и низ атрибута који би дефинисали његове карактеристике. Израдом базе података регулисало би се прилично неуређено стање када су шумски путеви у питању, јер би на једном месту били систематизовани подаци о свим путевима који пролазе кроз државне шуме. Корист од оваквог система највише би имали сами корисници шума, јер је познавање стања мреже шумских путева кључно како за планирање радова, тако и за њихову реализацију. Поред тога, корист би имало Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде, највише због планирања даљег субвенционисања радова на градњи и реконструкцији шумских путева. На крају, постојање оваквог система било би значајно и за приватни сектор чије је подручје рада везано за шумарство, али и за војску, полицију и ватрогасну службу, посебно у условима елементарних непогода, хитних интервенција и сл. У региону, а и шире, постоје добри примери израде катастра шумских путева, као и геопортала са обједињеним подацима о шумским путевима. Јединствену базу података под називом *Евиденција шумских путева* (орг. *Evidenca gozdnih cest*), која је доступна и путем интернета, израдио је словеначки Завод за гоздове још 2006. године, чиме је евидентирано 12.683 km шумских путева у Словенији (*Beguš, 2006*). У савезној држави Мичиген у САД-у, израђен је тзв. „*DNR Roads Web Map*“, који представља интерактивни алат који приказује систем шумских путева и идентификује који путеви су отворени, затворени или сезонски затворени за камионски саобраћај ([www.michigan.gov/forestroads](http://www.michigan.gov/forestroads)). Методологију израде детаљног регистра примарне шумске путне инфраструктуре као подлоге за планирање и оптимизацију радова на одржавању шумских путева формирали су *Papa, et al. (2015)* на подручју Хрватске. Методологија се такође заснива на формирању базе података у којој сваки шумски пут има јединствени регистрациони број и листу атрибута који га дефинишу.

Изради катастра претходи инвентура шумских путева, што подразумева попис свих путева који се налазе у газдинској јединици или у њеној непосредној близини и имају утицај на њену отвореност. Инвентура

шумских путева углавном се спроводи употребом ручних ГПС уређаја, а снимљени подаци обрађују се у неком од ГИС софтвера. Комбинација ГПС и ГИС технологије представља глобални тренд са неисцрпним опсегом примене када је у питању прикупљање и анализа просторних информација (*Drosos, et al. 2014*) и брз, ефикасан и економичан метод инвентуре шумских путева (*Gumus & Acar, 2003*). Инвентура мреже шумских путева на истраживаном подручју обављена је ГПС уређајем марке *PIDION BIP-6000*. Јасно је да ручни ГПС уређаји нису предвиђени за прецизна мерења, али примена ручног ГПС уређаја у инвентури шумских путева показала се оправданом, како због једноставности коришћења тако и због задовољавајуће тачности прикупљених података. Истог су мишљења и *Abdi, et al. (2012)*, који наводе да се они могу успешно применити за инвентуру шумских путева, јер су шумски путеви углавном отворена подручја са чијих површина су уклоњене крошње стабала. Због могуће грешке која се јавља током снимања шумских путева, како због саме прецизности ГПС уређаја тако и квалитета сигнала, потребно је спровођење додатних анализа и обраде снимљених података. Прикупљени подаци обрађени су у софтверу *ArcGIS 10*, и извршена је корекција и усклађивање траса са ортофото и сателитским снимцима ради бољег просторног позиционирања. Корекцију снимљених траса шумских путева вршили су и *Lepoglavec, et al. (2015)*, а *Pentek, et al. (2003)* препоручују снимање путева тзв. повратном методом, тј. снимање путева у два правца како би се појава грешака свела на најмању могућу меру. Осим снимања траса путева, прикупљени су и битни елементи сваког пута на основу чега је формирана детаљна база података. Сличну методологију применили су и *Çalışkan & Karahalil (2017)* приликом инвентуре шумских путева у Турској.

Следећа фаза у процесу планирања мреже шумских путева је анализа тренутног квалитативног и квантитативног стања путева, а пре свега, утврђивање просторног распореда шумских путева. Анализом тренутног просторног распореда установљава се део шуме коме није омогућен адекватан приступ коришћењем постојећих путева (*Pellegrini, 2012*), а састоји се из анализе густине мреже шумских путева, средње транспортне дистанце и



релативне отворености. Густина мреже шумских путева један је од најчешће коришћених показатеља стања мреже шумских путева, који се и поред својих недостатака и данас задржао у пракси, пре свега због једноставности прорачуна. Основни недостатак овог показатеља је што не говори много о просторном распореду путева на одређеном подручју, већ само о њиховој заступљености. Израдом катастра шумских путева на истраживаном подручју, израчуната је густина мреже шумских путева, која се кретала од 5,46 m/ha за ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“ до 12,55 m/ha за ГЈ „Равне“, а просечна густина за свих пет газдинских јединица износила је 7,11 m/ha. Ову густину мреже шумских путева тешко је упоредити са просечном густином мреже шумских путева у Србији, јер тренутно не постоје јавно доступни подаци о отворености наших шума. Ипак, да се ради о недовољно отвореним шумама показују просечне густине мреже шумских путева у земљама у региону, које износе 11,21 m/ha у Републици Српској (*Dražić, et al. 2018*), 10,9 m/ha у Федерацији Босне и Херцеговине (*Sokolović & Bajrić, 2009*), 13,43 m/ha у Македонији (*Trajanov, et al. 2015*), 7,90 m/ha у Бугарској (*Stoilov, et al. 2014*), 13,73 m/ha у Румунији (*Bereziuc, et al. 2014*), 24,8 m/ha у Словенији (*Krč & Beguš, 2013*). У Хрватској је густина мреже шумских путева представљена по рељефним подручјима, па тако у низијским подручјима она износи 9,05 m/ha, у брдским 11,26 m/ha и у планинским 15,43 m/ha (*Pentek, et al. 2014*). Треба истаћи и податак до којег су дошли *Enache, et al. (2016)* на бази спроведених истраживања на 7 репрезентативних планинских подручја у Европи, где су установили да је просечна густина мреже путева износила 18,5 m/ha. Истраживачи из земаља региона истичу да наведене густине мреже шумских путева нису довољне и да у перспективи треба радити на њиховом проширењу.

Конкретнији показатељ отворености шума од густине мреже шумских путева је средња транспортна дистанца. У шумама са приоритетном производном функцијом, средња транспортна дистанца је важан фактор за одређивање оптималног растојања између путева и оптималне густине мреже путева. Од транспортне дистанце директно зависе и трошкови не само прве

фазе транспорта, већ читавог процеса производње дрвних сортимената. То потврђује и став *Nikolića (1991)*, који наводи да је прва фаза транспорта дрвета одувек по значају била кључна карика читавог технолошког процеса у искоришћавању шума. Као што је наведено у Методу рада, постоје бројне методе за одређивање средње транспортне дистанце, од аналитичких метода до оних које су засноване на примени ГИС технологије. За потребе ових истраживања израчуната је геометријска (еуклидска) средња транспортна дистанца, а затим и стварна средња транспортна дистанца. Стварна средња транспортна дистанца добијена је множењем геометријске дистанце са фактором корекције средње дистанце. Геометријска (еуклидска) средња транспортна дистанца износила је између 325,1 m за ГЈ „Равне“, до чак 1.142,49 m за ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“. У преостале три газдинске јединице, средња еуклидска дистанца износила је између 520,91 m и 590,94 m. Велики број истраживача бавио се утврђивањем фактора корекције у различитим теренским условима, а многи су дали и препоруке за даљу примену у пракси (*FAO, 1974; Jeličić, 1985a; Rezaei, et al. 2013; Enache, et al. 2015; Petković, et al. 2015* и др.). Међутим, треба нагласити да фактор корекције зависи не само од орографских услова терена и површинских препрека, већ и од начина на који се средња транспортна дистанца одређује. *Enache, et al. (2015)* установили су да фактор корекције геометријске средње транспортне дистанце израчунате помоћу софтвера *ArcGIS 10* износи између 1,13 до 1,79, а просечну вредност од 1,50 предлажу за употребу у пракси. Применом истог метода на терену са просечним нагибом 27%, *Petković, et al. (2015)* дошли су до приближно истог фактора корекције, који у њиховом случају износи 1,475 и предлажу његову даљу употребу. *Rezaei, et al. (2013)* утврдили су да на просечном нагибу терена од 50%, корекциони фактор износи 2,72, а *Hayati, et al. (2012b)* приликом рачунања стварне средње транспортне дистанце користили су фактор корекције 1,58. *Đuka, et al. (2017)* наводе да је у газдинској јединици у крашком подручју, где су на преко 50% површине заступљени нагиби преко 34%, фактор корекције износио између 1,19 и 5,05. За подручје газдинских јединица „Равне“, „Биклав“, „Јанок“ и „Гвоздењак-Лице“, које претежно припадају брежуљкасто-брдским условима, при одређивању стварне средње

транспортне дистанце коришћен је „коэффициент развијања линије пута“ који је увео *Jeličić (1985b)*. Посебна пажња посвећена је газдинској јединици „Ворово-Липовача-Шидско церје“, у којој су транспортне дистанце веома изражене. У овој газдинској јединици извршена је симулација рута кретања транспортног средства и установљени су корекциони фактори 1,31 за шуму Ворово, 1,46 за шуму Липовача и 1,24 за шуму Шидско церје. Ове вредности значајно одступају од вредности које се иначе примењују за равничарска подручја, а која по *Jeličiću (1985b)* износе од 1,101 до 1,112. Стварна средња транспортна дистанца, одређена методологијом описаном у поглављу 6.3.2.3., износила је од 413,11 m за ГЈ „Равне“ до 1.464,80 m за ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“, а за остале газдинске јединице између 617,23 и 728,45 m. Како наводе *Robek & Klun (2007)* у шумама са дрвном залихом преко 250 m<sup>3</sup>/ha и средњом транспортном дистанцом преко 800 m изградња шумских путева је технолошка нужност. Анализирајући трошкове градње шумских путева и транспорта дрвних сортимената форвардером на терену са просечним нагибом 11%, *Ghaffarian, et al. (2007)* утврдили су да оптимална средња транспортна дистанца износи 340 m. На основу ових, а и бројних других истраживања која се углавном везују за мања подручја, јасно је да се на подручју анализираних газдинских јединица на Фрушкој гори ради о већим, некада чак и неуобичајено великим транспортним дистанцама, посебно у ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“ за коју се може рећи да има повољне теренске услове.

За потребе прорачуна релативне отворености, за сваку газдинску јединицу израчуната је оптимална густина мреже шумских путева, оптимално растојање између путева и средња циљана транспортна дистанца по методологији *FAO-a (1998)*. Коришћени метод, као и већина других математичких метода, заснован је на економским принципима, јер су резултати добијени на основу трошкова градње шумских путева, трошкова привлачења дрвних сортимената и дрвне запремине по јединици површине. Иако домаћи стандарди прописују да је период амортизације шумских путева 20 година (*Žuta knjiga, finansijski propisi, 1998*), за потребе прорачуна коришћен

је педесетогодишњи етат, јер је примењени метод усклађен са европским стандардима, који у већини случајева прописују да је амортизациони век шумских путева 50 година (*Stückelberger, et al. 2006; Jourgholami, et al. 2013*). Оптималном густином мреже шумских путева бавили су се многи истраживачи, а резултати до којих су долазили разликовали су се од случаја до случаја. Ипак, поједини истраживачи дали су препоруке о оптималној густини, што је у неким државама стављено у законодавне оквире. Тако нпр. *Žáček & Klíč (2008)* наводе у *Извештају о шумама и шумарству Чешке Републике за 2005. годину*, да препоручена оптимална густина мреже шумских путева треба да износи 15 m/ha за низијска подручја, 22,5 m/ha за брдска и 27,5 m/ha за планинска подручја. *Beneš (1986)* је дао препоруке за оптималну густину и средњу геометријску транспортну дистанцу у зависности од карактеристика терена. За равничарске терене са нагибом до 15% препоручује густину од 15 m/ha и просечну геометријску средњу транспортну дистанцу од 170 m, за брдске услове 22 m/ha и просечну геометријску средњу транспортну дистанцу од 150 m, за планинске услове са уједначеним рељефом 19 m/ha и просечну геометријску средњу транспортну дистанцу од 170 m и у планинским условима са неуједначеним рељефом 24 m/ha и просечну геометријску средњу транспортну дистанцу од 160 m. *Hodić & Jurišić (2011)* наводе да је у равничарским и пригорско-брдским подручјима Хрватске, а каквим се могу окарактерисати подручја обухваћена овом дисертацијом, минимално потребна густина мреже шумских путева 10, односно 13 m/ha, а да је густина којој треба тежити у оваквим условима 13, односно 20 m/ha. Применом описане методологије у истраживаном подручју утврђено је да је тренутна густина мреже шумских путева у свим газдинским јединицама знатно испод оптималне густине. Најближа оптималном стању је мрежа путева у ГЈ „Равне“, где је процентуална разлика између тренутне и оптималне густине 13,57%, а најудаљенија од оптималног стања је мрежа путева у ГЈ „Јанок“, где је процентуална разлика чак 135,37%. *Pellegrini (2012)* наводи да је рачунање оптималне густине и растојања између путева само први корак у оптимизацији мреже шумских путева и истиче да су оптимална густина и растојање између шумских путева само индикатори, али да они не узимају у

обзир присутна ограничења у простору и просторну разноликост шумских састојина.

Иако је релативна отвореност одавно познат показатељ степена отворености одређеног шумског подручја, његова примена актуелизована је тек са интензивном применом ГИС-а у шумарству. Зачетник ове методе био је *Backmund (1966)*, а метода се заснивала на полагању тампон зона око шумских путева чија је ширина једнака половини оптималног средњег растојања између путева. Ова метода има назив и „процент приступачности“, а *Dietz, et al. (1984)* је називају „процентуална отвореност“. Релативна отвореност сматра се једним од најбољих показатеља степена отворености неког шумског подручја, посебно због чињенице да нумерички податак може да прати и визуелна представа. Како би се установили делови газдинских јединица који нису довољно отворени, постављене су тампон (бафер) зоне различитих ширина око шумских путева. У првој фази постављене су тампон (бафер) зоне око путева чија је ширина једнака двострукој средњој циљаној дистанци, што одговара половини оптималног средњег растојања између путева. Упоредјујући вредности релативне отворености при овој ширини са описном скалом коју су дали *Pentek, et al. (2005)*, установљено је да је само у Газдинској јединици „Равне“ релативна отвореност слаба (оцена 2 од 5), а у свим осталим газдинским јединицама релативна отвореност је недовољна (оцена 1 од 5). Нешто другачију поделу дали су *Dietz, et al. (1984)*, који истичу да се шуме чија је отвореност преко 70% сматрају добро отвореним, а шуме са отвореношћу од 60 до 70% само отвореним, док се оне код којих је овај проценат испод 60% сматрају слабо отвореним. Примењујући ову скалу може рећи да је ГЈ „Равне“ отворена, док су остале газдинске јединице слабо отворене. Како би се дефинисала најслабије отворена подручја, по методологији коју је описао још *Backmund (1966)*, у наредној фази су око путева постављане тампон зоне различите ширине појаса од 200 до 1000 m. Најслабије отвореним газдинским јединицама показале су се ГЈ „Јанок“ и ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“ у којима је са ширином појаса од 1000 m релативна отвореност била недовољна, односно слаба.

Прорачун релативне отворености готово увек прати и прорачун коефицијента ефикасности мреже шумских путева, који показује колико је путна мрежа ефикасна, а биће ефикаснија уколико сваки шумски пут отвара неку другу површину под шумом. По правилу, што је мрежа путева у газдинској јединици гушћа, биће и мањи коефицијент њене ефикасности, јер ситуација да више путева отварају неки део површине газдинске јединице је незаобилазна нужност. Приликом прорачуна релативне отворености при ширини појаса која одговара двострукој средњој циљаној дистанци, коефицијент ефикасности био је највећи у ГЈ „Јанок“ и износио је 1, што је врло редак случај у пракси. У ГЈ „Равне“ коефицијент ефикасности био је већи него у газдинским јединицама „Гвоздењак-Лице“ и „Ворово-Липовача-Шидско церје“, иако ова Газдинска јединица има већу релативну отвореност. Генерално посматрано, прилично високи коефицијенти ефикасности у свим газдинским јединицама, последица су релативно мале густине мреже шумских путева. Приликом постављања тампон зона око путева ширине од 200 до 1000 m, уочава се скоро линеарно опадање коефицијента ефикасности мреже шумских путева.

Када говоримо генерално о планирању мреже шумских путева, уочавају се два приступа – један који се може окарактерисати као традиционални и други као савремени приступ. Традиционални приступ, по коме је мрежа шумских путева у функцији експлоатације шума, а једини критеријум у фази планирања економски, данас се све више запоставља. Традиционални приступ подразумевао је проналажење оптималног растојања између путева или оптималне густине мреже путева уз помоћ различитих аналитичких метода, како би се постигао баланс између трошкова градње и одржавања шумских путева и трошкова привлачења дрвних сортимената. Аналитичким методама одређивања оптималне густине мреже шумских путева бавили су се многи аутори, почевши до *Matthews (1942)*, *Petrović (1961)*, *Sundberg (1967)* и *Backmund (1968)*, преко *Dykstra (1983)*, *Dietz, et al. (1984)*, *Tičerić (1991)*, *Thompson (1992)* и *Liu & Corcoran (1993)* до *Heinimann (1998)*, *Ghaffarian, et al. (2009)*, *Petković & Potočnik (2018)* и многих других. Аналитички начин

одређивања оптималне густине мреже шумских путева и данас је присутан у стручним и научним публикацијама, али служи више за поређење са неким новим методама планирања, него што представља коначна решења. Слабости аналитичких метода увидео је још *Tičerić (1991)* и сугерисао да је при одређивању оптималне густине мреже путева емпиријски метод сигурнији и одређенији начин изналажења оптималне густине путне мреже од било ког аналитичког метода. Он је сматрао да оптимално стање треба одредити на основу оцене варијанти мреже шумских путева. *Pentek, et al. (2004)* наводе да постојећи математички модели који за рачунање оптималне густине мреже шумских путева, односно оптималне средње транспортне дистанце, узимају моделе минималних укупних трошкова транспорта дрвних сортимената, не дају довољно тачне и поуздане резултате, па се они не могу узети као модели на основу којих ћемо доносити одлуке. Да економски критеријум не може бити једини, приметио је и *Jeličić (1988)*, који наводи да студија отварања неког шумског подручја, газдинске јединице или слива треба да се базира на биолошким, техничким и економским поставкама, с тим да се за дате услове пронађе најповољније укупно решење.

Савремени приступ у планирању мреже шумских путева заснива се на принципима одрживог развоја и мултифункционалности шумских екосистема. Како истичу *Medarević, et al. (2014)*, одрживи развој се обично сматра „тачком укрштања три димензије: животне средине, друштва и економије“. Овакав приступ захтевао је и суштинске промене у начину планирања мреже шумских путева, не само по питању укључивања већег броја фактора у процес планирања, него и примену савремених техника, технологија, алата и метода у том процесу. Појам „оптимална густина“ који је дуго година био заступљен у литератури и који је представљао циљ свих математичких модела, новим приступом се све више потискује. Укључивањем већег броја критеријума у фази планирања мреже шумских путева тешко је дефинисати шта је то оптимално стање, већ се врши избор најбоље (најпогодније) од понуђених алтернатива. Примена савремених техника и технологија омогућила је спровођење различитих анализа које у ранијем

периоду нису биле могуће или оправдане. Бројне методе које су развијане деценијама у назад, као што је случај са методом мреже тачака при одређивању средње транспортне дистанце (*Sundberg, 1967*), нису нашле ширу примену све до тренутка увођења информационих технологија у шумарство, а посебно ГИС-а. Применом ГИС-а створени су услови за бржу обраду великог броја података који имају своју просторну и временску димензију, за математичку и статистичку анализу, за аутоматизацију појединих процеса и за визуелну представу резултата. Употреба ГИС-а у шумском инжењерству посебно је актуелна последње две деценије. О његовој значајности и применљивости говоре подаци до којих су дошли *Grigolato, et al. (2017)* на основу спроведеног опсежног истраживања, у ком наводе да су у периоду од 1996. до 2015. године објављена чак 372 научна и стручна рада о примени ГИС-а у коришћењу шума и планирању шумских путева. Ови радови објављени су у 132 различита научна часописа или зборника радова, при чему је било 156 различитих првих аутора из 60 земаља.

Једна од највећих промена у размишљању о добром газдовању шумама јесте прихватање чињенице да многи људи имају легитиман интерес да у том процесу учествују, односно сазнање да газдовање шумама више није ексклузивни посао шумарских инжењера (*Higman, et al. 2005*). Овакви ставови посебно су изражени при газдовању шумама у заштићеним подручјима. Последњих година све се чешће спомиње укључивање заинтересованих страна у газдовању шумама, а заинтересоване стране се обично описују као особе које су заинтересоване или погођене газдовањем шумама. С обзиром да се планирање мреже шумских путева схвата као интегрални део процеса планирања газдовања, концепт заинтересованих страна није заобишао ни овај сегмент шумарства. Основни циљеви укључивања заинтересованих страна у газдовању шумама у заштићеним подручјима требало би да буду коректно информисање јавности и доступност знања, вођење транспарентног и демократског процеса доношења одлука и интегрисање знања и ресурса које поседују заинтересоване стране у циљу постизања што веће ефикасности (*Ioniță & Stanciu, 2016*).



Често се поставља питање, које заинтересоване стране треба укључити у процес доношења одлука. Када су у питању инфраструктурни пројекти од виталног значаја за функционисање одређеног подручја, чијом реализацијом долази до трајних промена у животној средини, а који могу имати читав низ позитивних, али и негативних ефеката, доношење одлука треба препустити стручној јавности. Укључивање експерата из различитих области које су уско везане са предметом пројекта, може да појача поверење јавности у доношење одлука.

Један од циљева ове дисертације био је утврђивање погодних локација за градњу шумских путева. На основу проучене литературе уочава се да избор критеријума у највећој мери зависи од карактеристика подручја на ком се планира развој мреже шумских путева и субјективне процене доносиоца одлука. Избором критеријума за потребе дефинисања погодних локација за градњу шумских путева данас се углавном баве истраживачи из земаља са недовољно развијеном мрежом шумских путева, а у којима је све израженији утицај интересних група у процесу доношења одлука. Развојем ГИС-а, који је омогућио брзу обраду велике количине просторних података, истраживачи су препознали да је израда карата погодности подручја за градњу шумских путева један од начина како да се превазиђу конфликтне ситуације. Конфликтне ситуације посебно се јављају у подручјима у којима влада велики интерес различитих појединаца и група, а таква подручја су и шуме посебне намене.

У табели која следи дат је приказ критеријума које су поједини истраживачи узимали у обзир приликом израде карата погодности подручја за градњу шумских путева у последњих 10 година:

Табела 88: Критеријуми које су други истраживачи укључивали у анализама

Редни број	КРИТЕРИЈУМ											Ч Л А Н А К		
	Надморска висина	Нагиб терена	Експозиција	Тип земљишта	Геолошка подлога	Дрвна запремина	Сечиви етаж	Транспортна дистанца	Услови терена	Тип шуме	Хидролошка мрежа		Друго	
1		+					+	+	+					<i>Jusoff (2008)</i>
2	+	+	+	+	+	+	+							<i>Abdi, et al. (2009)</i>
3	+			+	+	+			+			Начин обнављања		<i>Firouzan, et al. (2010)</i>
4	+	+	+	+	+	+					+	Врста дрвета		<i>Samani, et al. (2010)</i>
5		+		+	+			+			+	Угроженост од ерозије и клизишта		<i>Hayati, et al. (2012)</i>
6		+	+	+		+					+	Природне заравни, начин коришћења земљишта, начин обнављања шума		<i>Naghdi, et al. (2012)</i>
7	+	+						+			+			<i>Norizah &amp; Hasmadi (2012)</i>
8	+	+	+	+	+	+					+	Угроженост од ерозије		<i>Caliskan (2013)</i>
9		+	+	+		+					+	Пејзаж		<i>Moghadasi, et al. (2013)</i>
10	+	+	+	+	+	+					+			<i>Motazeh, et al. (2013)</i>
11	+	+	+			+					+			<i>Babapour et al. (2014)</i>

Како би се дефинисали утицајни критеријуми за градњу шумских путева на подручју пет газдинских јединица које су обухватила ова истраживања, позив је упућен на адресе 36 експерата из различитих области шумарства, екологије и заштите животне средине. За прикупљање и анализу података примењена је делфи метода. Добра страна примене делфи методе је та што резултати иза којих стоји група експерата имају посебну тежину, јер су иста питања постављена истим учесницима више пута, при чему су учесници имали могућност за тражењем детаља мишљења, као и могућност да један експерт заузме став о мишљењима осталих који су дати у претходном сету резултата. Од 36 критеријума које су предложили експерти у првом кругу, након трећег круга искристалисало се 7 критеријума који су оцењени као најутицајнији, а то су: угроженост од пожара, транспортна дистанца,

повезаност са насељеним местима, дрвна запремина, сечиви етат, заступљеност изворишта воде и нагиб терена. Анализирајући изабране критеријуме уочава се да највећи број критеријума припада групи економских критеријума, иако је реч о шумама посебне намене. Уважавајући чињеницу да су услед недовољне количине средстава обезбеђених од стране државе, већина организација које управљају заштићеним подручјима принуђене да експлоатишу природне ресурсе заштићених подручја, односно да већину прихода остварују сечом и продајом дрвета (*Flores & Obradović, 2015*), овакав став експерата није изненађујући. Једини друштвени критеријум – могућност повезивања са насељеним местима, није могуће применити на истраживаном подручју, јер су сва насељена места изван граница шумског комплекса и сва су повезана јавним асфалтним путевима. То показује да је велики број учесника одговоре давао генерално за шуме посебне намене (заштићена подручја), на основу ранијих сазнања и схватања, а да није узимао у обзир специфичности подручја истраживања. Поредџи изабране критеријуме са критеријумима које су примењивали други истраживачи, уочава се да су критеријуми нагиб терена и дрвна запремина незаобилазни критеријуми у планирању мреже шумских путева, а да су критеријуми сечиви етат и транспортна дистанца релативно чести.

Као што је у методу наведено, у истраживању су учествовали експерти различитог степена образовања, с тим да су сви били факултетски образовани. Од укупног броја експерата, највећи број били су доктори наука, чак 23. По мишљењу доктора наука, најутицајнији критеријуми су: угроженост од пожара, транспортна дистанца, дрвна запремина, заступљеност изворишта воде, сечиви етат, повезаност са насељеним местима и могућност повезивања са постојећом мрежом путева. Овде се види да су ставови доктора наука приближно одговарали ставовима већине испитаника. Међу испитаницима била су и три руководиоца из ЈП „Национални парк Фрушка гора“, сви дипломирани инжењери шумарства, чији се ставови значајно разликују од ставова доктора наука. По њиховом мишљењу, најутицајнији критеријуми на градњу шумских путева треба да буду: угроженост од пожара, транспортна

дистанца, време транспорта, равномерна покривеност терена, трошкови градње и одржавања и туристички и рекреативни потенцијал станишта. И међу овим критеријумима највећи број припада групи економских критеријума, с тим да руководиоци препознају и значај шумских путева за развој туризма, који је на овом подручју последњих година доживљава не само стагнацију, него и константан пад, а као један од разлога наводи се да је простор Фрушке горе запуштен, неуређен и необележен (*PPPPN Fruške gore, 2004*).

Приликом дефинисања погодних подручја за градњу шумских путева избор утицајних критеријума је веома значајан, али не и крајњи циљ, јер суштинска ствар је утврђивање значајности сваког критеријума, односно њихове релативне тежине како би се извршило отежавање мапа погодности по сваком критеријуму да би се добила коначна карта погодности. Овакви проблеми решавају се неком од метода вишекритеријумског одлучивања, а за потребе дисертације примењен је аналитичко хијерархијски процес. За разлику од делфи методе у којој одлуке доноси група (експерата), у аналитичко-хијерархијском процесу, као и већини других метода вишекритеријумске анализе, одлуку може донети група или појединац. Анализирајући 27 научних радова из области шумарства у којима је као метод примењен аналитичко-хијерархијски процес, *Ananda & Herath (2009)* су установили да је у 15 истраживања учествовао само један доносилац одлуке. И у овом истраживању, како у вредновању критеријума, тако и касније при избору најбоље варијанте шумског пута, учествовао је један доносилац одлуке – аутор дисертације.

Решавање проблема просторног вишекритеријумског одлучивања, као што је израда карте погодности површина, захтева интеграцију географског информационог система и метода вишекритеријумског одлучивања. Читав процес је веома комплексан и одвија се у више корака: прикупљање података по сваком критеријуму, стандардизација вредности, израда карата погодности по сваком критеријуму, одређивање релативних тежина

критеријума, отежавање карата погодности, преклапање карата, стандардизација крајњих вредности и израда коначне карте погодности.

Стандардизација вредности по сваком критеријуму је важан корак јер се овим путем атрибути по сваком критеријуму, било да су нумерички или дескриптивни, стандардизују, односно свде на упоредиве вредности. Стандардизацију података најчешће спроводи доносилац одлуке на основу емпиријских или литературних сазнања. У овим истраживањима, за стандардизацију је примењена скала од 1 до 9, с тим да веће вредности подразумевају и већу погодност за градњу шумских путева. Другим речима, веће вредности показују да је на том подручју значајније планирати мрежу путева него на подручју са малим вредностима. У оквиру критеријума „угроженост од пожара“ највећа вредност додељена је културама борова, што значи да би у циљу заштите шума од пожара значајно било планирати мрежу путева у њиховој непосредној близини. Код критеријума „транспортна дистанца“, „дрвна запремина“ и „сечиви етат“, већа значајност је дата подручјима која су веома удаљена од постојећих путева, подручјима са већом дрвном запремином и подручјима са већим сечивим етатом. Ради заштите изворишта вода и очувања станишта око изворишта, неопходно је ограничити сечу стабала, привлачење дрвних сортимената и градњу шумских путева. У вези са тим, код критеријума „заступљеност изворишта вода“, подручја око извора представљена су као непогодна за градњу шумских путева, а као погодна представљена су сва подручја која су удаљена више од 100 m од извора. Скоро незаобилазни критеријум у планирању мреже шумских путева је нагиб терена. Многи истраживачи вршили су класификацију нагиба терена у односу на погодност за градњу шумских путева, али сви имају јединствен став да су најпогоднија равна или благо нагнута подручја, а да су подручја са нагибима терена преко 50% еколошки веома осетљива и економски мање исплатива.

Примена АХП методе у раду започиње поређењем изабраних критеријума у паровима, сваки са сваким, за шта је коришћења тзв. Сатијева скала поређења у паровима. На основу ових вредности израђена је матрица

одлучивања, након чега је спроведена нормализација матрице. Нормализација матрице има за циљ да атрибуте који описују одређене критеријуме учине бездимензионалним, а да при томе задрже информацију о релативним односима између почетних вредности атрибута (*Marković, 2007*). У овим истраживањима примењен је апроксимативни метод, који је у литератури познат и као метод адитивне нормализације. Поред овог, постоје и друге методе нормализације података, а најчешће су векторска, линеарна и постотна нормализација (*Ћипић & Sukonović, 2010*). Након спроведене нормализације, сви елементи се представљају у нормализованој матрици одлучивања.

Нормализацијом вредности утврђени су тежински коефицијенти сваког критеријума, при чему су највећи значај добили еколошки критеријуми „заступљеност изворишта воде“ (0,255) и „угроженост од пожара“ (0,246), док је типични економски критеријум „сечиви етат“ имао најмању релативну тежину (0,051). Израчунати степен конзистентности ( $CR=0,0918$ ) указује да је резонување доносиоца одлуке било конзистентно, односно да су добијени рангови критеријума исправни.

У софтверу *ArcGIS 10* извршено је отежавање карата за сваки критеријум и њихово међусобно преклапање како би се добила карта погодности подручја за градњу шумских путева. Да би приказ био прегледнији, извршена је рекласификација добијених вредности, односно градијент великог броја боја које показују одређену погодност сведен је на четири боје, које уједно представљају и класе. Анализирајући број ћелија растера по класама погодности, утврђено је да класи 1 (непогодно) припада 0,14% површине истраживаног подручја, класи 2 (мало погодно) 11,84%, класи 3 (умерено погодно) 68,62% и класи 4 (погодно) 19,40% од укупне површине. Процент покривености површине класама 3 и 4, који заједно чине преко 88% од укупне површине, доносиоцу одлуке пружа велику слободу приликом планирања даљег развоја мреже шумских путева. Посматрајући сваку газдинску јединицу засебно, уочава се да газдинске јединице које имају најмању густину мреже шумских путева (ГЈ „Равне“ и ГЈ „Јанок“) имају највеће

процентуално учешће погодних површина за градњу шумских путева, док најмање процентуално учешће има ГЈ „Равне“ у којој је и највећа густина мреже шумских путева.

Израђена карта погодности подручја за градњу шумских путева послужила је као основ за планирање варијанти мреже шумских путева. У оквиру сваке газдинске јединице планиране су три варијанте мреже шумских путева, при чему се тежило да се нове трасе развијају на погодним и умерено погодним површинама, уз поштовање техничких стандарда за шумске путеве. Варијанте су планиране ручно, корачањем на топографској карти размере 1:25.000 са еквидистанцом од 10 m у софтверу *ArcGIS 10*. Поједини истраживачи примењивали су софтвере за аутоматско развијање трасе шумског пута (*Abdi, et al. 2009; Samani, et al. 2010; Hayati, et al. 2013; Parsakhoo, 2016* и др.). Познатији софтвери овог типа су *PEPPER (Rogers, 2005)*, који функционише као алат у оквиру софтвера *ArcView* и *Forest Road Designer* у оквиру софтвера *QGIS*. Наведени алати заснивају се на примени дигиталног модела терена, уважавајући уздужни нагиб задат од стране корисника, али не и друге чиниоце који могу утицати на просторни положај пута. Планиране варијанте мреже шумских путева разликовале су се по интензитету отварања, при чему је варијанта 1 била најслабијег, а варијанта 3 најјачег интензитета. За сваку варијанту извршена је анализа отворености преко густине мреже шумских путева, релативне отворености и коефицијента ефикасности мреже.

У завршној фази истраживања извршена је оцена варијанти мреже шумских путева и њихово рангирање, односно избор најбоље варијанте. Свака варијанта вреднована је на основу 6 критеријума за које је доносилац одлуке сматрао да су важни приликом планирања мреже шумских путева у шумама посебне намене, а то су: отвореност погодних површина, конверзија тракторских влака и шумских просека у путеве, потреба за реконструкцијом постојећих путева, трошкови изградње, релативна отвореност, коефицијент ефикасности мреже путева. Избор најбоље варијанте спроведен је у АХП поступку, при чему је извршено међусобно поређење варијанти (алтернатива) у односу на сваки критеријум и међусобно поређење критеријума у односу на

циљ. На тај начин одређени су тежински коефицијенти сваке варијанте и сваког критеријума, на основу чега су варијанте рангиране.

Међусобним поређењем критеријума највећа значајност дата је критеријумима „отвореност погодних површина“ и „трошкови изградње“, који су након израђене матрице одлучивања имали тежинске коефицијенте 0,294, односно 0,286, док је најмања значајност дата критеријумима „реконструкција постојећих путева“ и „конверзија тракторских влака“, чији су тежински коефицијенти износили 0,036 и 0,059. Критеријуму „отвореност погодних површина“ са разлогом је дата највећа значајност, јер су погодне површине издвојене на основу економских, еколошких и физичких критеријума које су експерти оценили најзначајнијим приликом планирања мреже шумских путева у шумама посебне намене. Поред тога, висока цена градње шумских путева је најчешћи разлог због којег се одлаже реализација пројеката изградње шумских путева, па је критеријум „трошкови изградње“ препознат као веома значајан. Иако је критеријум „реконструкција постојећих путева“ добио најмањи тежински коефицијент, његова значајност је неупитна. Реконструкцијом постојећих путева значајно се повећава квалитет шумске путне инфраструктуре, а са друге стране представља и значајан трошак за предузеће.

У газдинским јединицама „Равне“, „Биклав“ и „Гвоздењак-Лице“ као најбоља варијанта изабрана је варијанта 1, односно варијанта са најмањим интензитетом отварања, у ГЈ „Јанок“ као најбоља изабрана је варијанта 3, варијанта са највећим интензитетом отварања, а у ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“ варијанта 2, варијанта са умереним интензитетом отварања. У ГЈ „Равне“ варијантом 1 предвиђена је изградња 3 шумска пута укупне дужине 7,35 km, при чему би се густина мреже шумских путева повећала са 12,55 на 16,90 m/ha, а релативна отвореност при средњој циљаној транспортној дистанци са 62,06% (слаба) на 79,81% (врло добра). Треба истаћи да је густина мреже шумских путева при варијанти 1, за 15,15% већа од оптималне густине добијене аналитичким путем. У ГЈ „Биклав“ варијантом 1 предвиђена је градња једног шумског пута дужине 4,82 km, којим би се густина мреже



шумских путева повећала са 7,24 на 10,13 m/ha, а релативна отвореност са 47,41% (недовољна) на 69,89% (добра). У односу на оптималну густину мреже путева, густина по варијанти 1 је мања за 4,25%. Варијантом 3 у ГЈ „Јанок“ предвиђена је изградња три шумска пута укупне дужине 10,06 km, при чему би се густина мреже шумских путева повећала са 4,92 на 12,69 m/ha, а релативна отвореност са 42,68% (недовољна) на 86,89% (одлична). Густина мреже путева при варијанти 3 већа је од израчунате оптималне густине за 9,15%. У ГЈ „Гвоздењак-Лице“ варијантом 1 предвиђена је градња 2 шумска пута дужине 2,88 km, чиме би се густина мреже путева повећала са 8,04 на 9,43 m/ha, што је мање у односу на оптималну за 30,24%, а релативна отвореност повећала би се са 55,78% (недовољна) на 66,51% (добра). На крају, у ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“, варијантом 2 предвиђена је изградња 4 путна правца дужине 12,91 km, чиме би се густина мреже шумских путева повећала са 5,46 на 10,29 m/ha, што је за 4,78% веће од оптималне густине, а релативна отвореност повећала би се са 42,33% (недовољна) на 78,53% (врло добра).

Ради утврђивања поузданости модела извршена је анализа осетљивости, која је битна, али не и обавезна компонента АХП методе. Да би се утврдио утицај критеријума на рангирање алтернатива (варијанти) у првом кораку извршено је изједначавање тежинских коефицијената свих критеријума. Резултати показују да у случају да сви критеријуми имају исту релативну тежину (0,1667), не би дошло до промене у рангирању алтернатива ни у једној газдинској јединици, што значи да је модел веома поуздан. У другом и трећем кораку тестирано је колико ће утицати промена релативне тежине критеријума „отвореност погодних површина“ (ОПП), као најзначајнијег критеријума, на рангирање алтернатива. Прво је тежински коефицијент критеријума ОПП умањен за 20%, при чему су тежински коефицијенти других критеријума пропорционално увећани, што је резултовало променама у рангирању алтернатива само у газдинској јединици „Ворово-Липовача-Шидско церје“. Умањењем релативне тежине најутицајнијег критеријума, варијанта 1 постаје прворангирана уместо

варијанте 2, а варијанта 3 остаје на трећем месту. Увећањем релативне тежине критеријума ОПП за 20% и пропорционалним умањењем релативних тежина осталих критеријума, долази до промене у рангирању алтернатива у истој газдинској јединици, с тим да варијанта 2 остаје и даље најбоље рангирана, а варијанте 1 и 3 су замениле места. Резултати анализе осетљивости и у овом случају показују да је модел поуздан, јер је само при умањењу релативне тежине критеријума ОПП дошло до промене прворангиране алтернативе у ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“, док промене релативних тежина нису имала утицај на прворангиране алтернативе у другим газдинским јединицама.

## 8. ЗАКЉУЧЦИ

На основу спроведених истраживања и добијених резултата, могу се издвојити бројни закључци и препоруке, који не само да имају научни, већ и практични значај:

1. Законска регулатива која уређује проблематику планирања и изградње шумских путева је непотпуна, а законом дефинисане одредбе често се не спроводе. Од усвајања Закона о шумама 2010. године па до данас, није израђен *Правилник о садржини и начину вођења катастра шумских путева*, што је чланом 66 прописано. Поред тога, недостаје стратегија развоја мреже шумских путева, као и правилници којима би се уредила категоризација шумских путева, начин израде и садржај планова развоја мреже шумских путева, технички критеријуми за шумске путеве и др. У члану 65, став 1, јасно је дефинисано да се мрежа шумских путева за газдинску јединицу детаљно планира основном газдовања шумама. Основе газдовања шумама за газдинске јединице које су биле предмет истраживања, иако усвојене 2017. године, не садрже ни катастар шумских путева, нити планове развоја мреже шумских путева.
2. У вези са првим закључком, али и једним од циљева истраживања, у раду је дефинисана методологија израде и начина вођења катастра шумских путева. Предложена методологија обухвата начин спровођења инвентуре шумских путева, поступак обраде прикупљених података, нову категоризацију путева који пролазе кроз шуме, као и начин додељивања јединственог регистарског броја сваком шумском путу. Нова категоризација названа је „функционалном категоризацијом“ и чине је четири категорије путева: *ЈН* – јавни путеви који се не могу користити за потребе шумарства (државни путеви IA и IB реда); *ЈО* – јавни путеви који се могу користити за потребе шумарства под ограниченим условима (државни путеви IIA и IIB реда); *ВФ* – путеви са вишефункционалним карактером који се могу користити и за

потребе шумарства (јавни општински путеви, атарски путеви, путеви на насипима за заштиту од поплава, други некатегорисани путеви); ШП – шумски путеви – путеви грађени првенствено за потребе газдовања шумама.

3. Оцена затеченог стања мреже шумских путева, како са аспекта њихових дужина и просторног распореда, тако и са аспекта квалитета, представља први корак за све даље анализе које су у вези са шумским путевима. За оцену стања неопходно је спроводити инвентуру шумских путева.
4. Снимање траса шумских путева помоћу ручних ГПС уређаја при инвентури шумских путева је могуће, али захтева додатно усклађивање снимљених траса са видљивим трасама на ортофото и сателитским снимцима ради бољег позиционирања у простору. Примена ручних ГПС уређаја представља једноставан, брз и довољно прецизан начин инвентуре шумских путева.
5. Тренутно квантитативно стање мреже шумских путева у истраживаном подручју је знатно испод просека за земље региона. Ово показују резултати инвентуре шумских путева која је спроведена током 2016. године, односно извршена анализа тренутног стања мреже шумских путева. Израчунате густине мреже шумских путева износе 12,55 m/ha за ГЈ „Равне“, 7,24 m/ha за ГЈ „Биклав“, 4,92 m/ha за ГЈ „Јанок“, 8,04 m/ha за ГЈ „Гвоздењак-Лице“ и 5,46 m/ha за ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“. Поређења ради, густина мреже шумских путева у Републици Српској износи 11,21 m/ha, 13,43 m/ha у Македонији и 13,73 m/ha у Румунији. Када је у питању прва фаза транспорта, газдинске јединице које су биле предмет истраживања карактерише велика транспортна дистанца. Средње транспортне дистанце кретале су се од 413,11 m у ГЈ „Равне“ до чак 1.464,80 m у ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“. Према описној скали за оцену релативне отворености, само је у ГЈ „Равне“ релативна отвореност при средњој циљаној транспортној дистанци слаба (оцена 2 од 5), а у свим осталим газдинским јединицама је недовољна (оцена 1 од 5). Све ово указује да стање мреже шумских

- путева у истраживаном подручју не одговара потребама одрживог газдовања шумама, чиме је потврђена прва хипотеза.
6. Мултифункционалност шума посебне намене привлачи различите заинтересоване стране које желе да учествују у њиховом управљању. Укључивањем више заинтересованих страна у фази планирања на стратешком и оперативном нивоу, процес доношења одлука постаје транспарентан и смањује могућност настанка конфликта у фази реализације планова.
  7. Применом делфи технике извршен је избор утицајних критеријума на планирање развоја мреже шумских путева у шумама посебне намене од стране групе експерата различитих професија и нивоа образовања, чиме је субјективност доносиоца одлуке у потпуности искључена, а значај изабраних критеријума је неоспоран. Изабрани критеријуми сматрају се значајним и без спровођења статистичких анализа, јер су резултат њиховог знања и искуства.
  8. Вредновање критеријума које су експерти препознали као веома утицајне приликом планирања развоја мреже шумских путева спроведено је у АХП поступку од стране доносиоца одлуке на основу стеченог искуства. Израчунати тежински коефицијенти указују да највећи утицај на планирање мреже шумских путева у шумама посебне намене имају еколошки критеријуми „заступљеност изворишта воде“ (0,255) и „угроженост од пожара“ (0,246), а затим следе економски и физички критеријуми, чиме је потврђена и друга хипотеза.
  9. Карта погодности површина за градњу шумских путева представља веома корисну полазну основу за планирање даљег развоја мреже шумских путева. Карта је израђена синтезом (преклапањем) карата погодности по сваком критеријуму, а визуелна представа која осликава просторну дистрибуцију различитих категорија погодности сужава избор доносиоцу одлуке око даљег развијања нових траса шумских путева.
  10. Варијанте мреже шумских путева вредноване су у АХП поступку од стране доносиоца одлуке кроз 6 критеријума. Као најутицајнији

критеријум изабрана је „отвореност погодност површина“ (0,294) јер је тај критеријум резултат анализе еколошких, економских и физичких параметара простора. Следећи по важности је критеријум „трошкови изградње“ (0,286), као критеријум који највише утиче на реализацију планираних активности.

11. У газдинским јединицама „Равне“, „Биклав“ и „Гвоздењак-Лице“ као најбоља варијанта изабрана је варијанта са најмањим интензитетом отварања, у ГЈ „Јанок“ варијанта са највећим интензитетом, а у ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“ варијанта са умереним интензитетом отварања. Да би се дошло до стања које одговара потребама одрживог газдовања шумама, у ГЈ „Равне“ потребно је изградити 7,35 km шумских путева, у ГЈ „Биклав“ 4,82 km, у ГЈ „Јанок“ 10,06 km, у ГЈ „Гвоздењак-Лице“ 2,88 km и у ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“ 12,91 km путева.
12. Изградњом планираних путева значајно би се повећала густина мреже шумских путева. Међутим, поредећи густину мреже која би се постигла изградњом шумских путева са тзв. оптималном густином која је добијена аналитичким путем, а која у обзир узима само економске критеријуме, уочава се да је у ГЈ „Равне“ планирана густина за 15,15% већа од оптималне, у ГЈ „Биклав“ за 4,25% мања, у ГЈ „Јанок“ за 9,15% већа, у ГЈ „Гвоздењак-Лице“ за 30,24% мања и у ГЈ „Ворово-Липовача-Шидско церје“ за 4,78% већа. Поређењем планиране и оптималне густине мреже шумских путева закључује се да трећа хипотеза, којом је претпостављено да вишефункционално планирање газдовања шумама захтева и већу густину мреже шумских путева, није доказана, јер у две од пет газдинских јединица планирана густина је мања од оптималне.
13. Анализа осетљивости показала је да добијени модел поуздан, с обзиром да при изједначавању релативних вредности критеријума није дошло до промена у рангирању алтернатива, а да је код промене релативне тежине најзначајнијег критеријума дошло до промене ранга само у једној газдинској јединици приликом смањења њене релативне вредности.

14. Примена ГИС технологије у комбинацији са методама вишекритеријумског одлучивања представља савремени тренд који не може да замени доносиоце одлука, али им пружа помоћ како би донели најбољу могућу одлуку. Резултати ових истраживања показују да је применом просторних анализа и вишекритеријумског одлучивања могуће креирати моделе за доношење одлука, не само када је у питању планирање развоја мреже шумских путева, већ и шире, у свим другим секторима шумарства, како за потребе планирања и пројектовања, тако и за потребе избора најбољег решења, чиме је потврђена четврта хипотеза.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Abdi, E., Majnounian, B., Darvishsefat, A.A., 2005. Forest Road planning with lowest total construction costs using GIS (A case study in Kheyroudkenar-Caspian forests - IRAN), In: Map Asia Conference 2005, 22-25 August, 2005, Jakarta, Indonesia. 5 p.
2. Abdi, E., Majnounian, B., Darvishsefat, A., Mashayekhi, Z., Sessions, J. 2009. A GIS-MCE based model for forest road planning, Journal of Forest Science, 2009(4): 171-176
3. Abdi, E., Slsakht, S.R., Goushbor, L., Soufl. H. 2012. Accuracy assessment of GPS and surveying technique in forest road mapping. Annals of Forest Research, Vol. 55(2): 309-317
4. Agarski, B. 2014. Razvoj sistema za inteligentnu višekriterijumsku procenu opterećenja životne sredine kod ocenjivanja životnog ciklusa proizvoda i procesa. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, str. 173
5. Akay, A.E., Wing, M.G., Sessions, J. 2014. Estimating sediment reduction cost for low-volume forest roads using a Lidar-derived high-resolution DEM. The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, Vol. 9, No. 1, pg 52-57, DOI 10.3846/bjrbe.2014.07
6. Akinci, H., Ozalp, A.Y., Ozalp, M. 2017. Investigating impacts of large dams on agricultural lands and determining alternative arable areas using GIS and AHP in Artvin, Turkey. SUJEST Vol. 5(1):83-95
7. Aleksić, P., Jančić, G. 2011. **Zaštita šuma od šumskih požara u Javnom preduzeću „Srbijašume“**. Šumarstvo 1-2 (2011): 95-110
8. Ananda, J., Herath, G. 2003. The use of Analytic Hierarchy Process to incorporate stakeholder preferences into regional forest planning. Forest Policy and Economics Vol. 5, pp. 13-26
9. Ananda, J., Herath, G. 2008. Multi-attribute preference modelling and regional land-use planning. Ecological economics, Vol. 65, pp. 325-335.



10. Ananda, J., Herath, G. 2009. A critical review of multi-criteria decision making methods with special reference to forest management and planning. *Ecological Economics* 68(2009): 2535-2548
11. Anđus, V., Maletin, M. 2004. Metodologija planiranja i projektovanja puteva - značajan segment održivog razvoja Srbije, Naučni skup: Održivi prostorni, urbani i ruralni razvoj Srbije, IAUS 1954-2004, Zbornik radova, Narodna biblioteka Srbije, 6-7. decembar 2004, Beograd, str. 17
12. Aricak, B., Acar, H.H. 2004. The evaluation of environmental effects in forest road construction. *Науковий вісник, Лісова інженерія: техніка, технологія і довкілля*, вип. 14.3., p. 234-238
13. Aricak, B., Enez, K., Acar, H.H. 2010. Defining the slope stability areas of forest roads. In *Proceedings of: FORMEC 2010 - Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment*, July 11-14, 2010, Padova, Italy, p.7
14. Arienti M.C., Cumming S.G., Krawchuk M.A., Boutin S. 2009. Road Network Density Correlated with Increased Lightning Fire Incidence in the Canadian Western Boreal Forest, *International Journal of Wildland Fire* № 18(8): 970–982
15. Aruga, K., Sessions, J., Akay, A., Chung, W. 2005. Simultaneous Optimization of Horizontal and Vertical Alignments of Forest Roads Using Tabu Search, *International Journal of Forest Engineering*, Vol. 16(2): 137-151 DOI:10.1080/14942119.2005.10702522
16. Aruga, K. 2005. Tabu search optimization of horizontal and vertical alignments of forest roads, *J For Res* 10:275-284, DOI 10.1007/s10310-004-0136-5
17. Ascough II, J.C., Rector, H.D., Hoag, D.L., McMaster, G.S., Vandenberg, B.C., Shaffer, M.J., Wltz, M.A., Ahjua, L.R. 2002. Multicriteria Spatial Decision Support Systems: Overview, Applications, and Future Research Directions. In *Proceedings of the Conference of the International Environmental Modelling and Software Society* 3, 24-27 June 2002, Lugano, Switzerland, pg. 175-180
18. Assaker, A., Darwish, T., Faour, G., Noun, M. 2012. Use of Remote Sensing and GIS to Assess the Anthropogenic Impact on Forest Fires in Nahr Ibrahim Watershed, Lebanon. *Lebanese Science Journal*, Vol. 13(1): 15-28

19. Babapour, R., Naghdi, R., Salehi, A., Ghajar, I. 2014. A Decision Support System for Allocation of Mountain Forest Roads Based on Ground Stability, *Arabian Journal for Science and Engineering* Vol. 39: 199–205
20. Babić, V. 2014. Uticaj ekoloških faktora i sastojinskih karakteristika na prirodnu obnovu šuma hrasta kitnjaka (*Quercus petraea agg. Ehr.*) na Fruškoj gori. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, str. 329
21. Babić, V. 2015. Klimatske karakteristike Fruške gore. *Šumarstvo*, No. 4: 25-37
22. Bajić, V. 2003. Tehnika i tehnologija izvođenja seča pri različitim uzgojnim zahvatima u bukovim šumama. *Šumarstvo* 1-2: 187-196
23. Bajrić, M., Pičman, D., Sokolović, Dž., Gurda, S. 2011. Prevođenje traktorskih vlaka uzdužnog nagiba do 12% u prilazne kamionske puteve. *Works of the Faculty of Forestry, University of Sarajevo*, No. 1: 85-100
24. Bakić, O., Đurđević, J. 2011. Vizuelizacija prostornih planova u GIS okruženju. *Arhitektura i urbanizam* 33: 22-30
25. Baker, D., Bridges, D., Hunter, R., Johnson, G., Krupa, J., Murphy, J., Sorenson, K. 2002. *Guidebook to Decision-making Methods*. WSRC-IM-2002-00002, Department of Energy, USA.
26. Baniya, N. 2008. Land suitability evaluation using GIS for vegetable crops in Kathmandu valley / Nepal. Dissertation. Institute of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Horticulture. Humboldt University zu Berlin, pg. 259
27. Banković, S., Medarević, M. 2003. *Kodni priručnik za informacioni sistem o šumama Republike Srbije*. Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstava i životne sredine - Uprava za šume
28. Backmund, F. 1966. Kennzahlen für den Grad der Erschließung von Forstbetrieben durch autofahrbare Wege. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 85, 1966. – 12: 342-354
29. Backmund, F. 1968. Indices for the degree of accessibility of forest districts via roads. *Schweizerische Zeitschrift fuer Forstwesen (SZF)* 119: 445-452.

30. Beguš, J. 2006. Informacijski sistem o gozdnih cestah [The forest roads information system]. *Studia Forestalia Slovenica* No. 127: 331-345.
31. Beneš, J. 1986. Optimalizace lesní dopravní sítě. *Lesnictví*, 32: 1089-1114.
32. Bereziuc, R., Alexandru, V., Ciobanu, V., Musat, E.C., Dumitrascu, A-E., Antoniade, C., Visan, J. 2014. The Density Index of Forest Road Network Managed by the National Forest Administration (R.N.P.). *Proceedings of the Biennial International Symposium - Forest and Sustainable Development. Transilvania University Press, Brasov, 2015*, pg. 196-203.
33. Bernardini, A., Turcksin, L., Macharis, C. 2007. CLEVER - Clean Vehicle Research Report - Multi Criteria analysis: method, analysis and results.
34. Bettinger, P., Boston, K., Siry, J.P., Grebner, D.L. 2009. *Forest Management and Planning*. Academic Press, Elsevier, USA. pg. 342
35. Binder, F., Dupire, S., Grigolato, S., Hollas, M., Klun, J., Kobal, M., Lerch, T., Magaud, P., Maier, B., Malin, H., Pellegrini, M. 2014. Forest accessibility. In *Book: Forest Logistic Planning Strategies - Good practices for the Alpine forests* (Edt: Pellegrini, M. & Marchi, N.) Integrated Alpine Space project - NEWFOR. p.36-52
36. Blachowski, J. 2015. Methodology for assessment of the accessibility of a brown coal deposit with Analytical Hierarchy Process and Weighted Linear Combination. *Environ Earth Sci* (2015) 74:4119–4131 DOI 10.1007/s12665-015-4461-0
37. Blagojević, B. 2015. Minimizacija odstupanja grupne od individualnih odluka primenom inteligentnih stohastičkih algoritama u problemima vodoprivrede i poljoprivrede. *Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu – Poljoprivredeni fakultet*, p. 150
38. Bobar, V. 2014. Mogućnosti unapređenja sistema poslovnog odlučivanja u procesu e-nabavke. *Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka*, str. 188
39. Borisov, M., Banković, R. 2003. Digitalni model terena za razmeru 1:50000. *Vojnogeografski institut. Zbornik radova* 11: 23-35
40. Borisov, M., Sekulović, D., Banković, R. 2005. Digitalni modeli terena i njihova primena u vojsci, *OTEH 2005, Beograd*, str. VIII - 14-18

41. Borisov, M.A., Banković, R.D., Drobnjak, S.M. 2011. Evaluacija morfometrijskih karakteristika zemljišta pri izradi karte tenkoprohodnosti. *Vojnotehnički glasnik* 1/11: 62-80
42. Bruna-García, X., Marey-Pérez, M.F. 2014. Public participation: a need of forest planning. *iForest* 7: 216-226. doi: 10.3832/ifor0979-007
43. Bulat, V. 2001. *Industrijski menadžment*. Izdavački centar za industrijski menadžment, Kruševac, str. 269
44. Bunruamkaew, K., Murayama, Y. 2011. Site Suitability Evaluation for Ecotourism Using GIS & AHP: A Case Study of Surat Thani Province, Thailand. *International Conference: Spatial Thinking and Geographic Information Sciences 2011. Procedia Social and Behavioral Sciences* 21 (2011): 269–278
45. Butterworht, T., Bishop, V. 1995. Identifying the characteristics of optimum practice: findings from a survey of practice experts in nursing, midwifery and health visiting. *JAN Leading Global Nursing Research, Vol 22(1)*24-32
46. Vajda, Z. 1956. Iz historije gospodarenja sa šumama na Fruškoj gori. *Šumarski list* 3-4: 125-129
47. Vasić, M. 1992. *Šumski požari – priručnik za šumarske inženjere i tehničare*. JP „Srbijašume“ Beograd i Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu. Str. 105
48. Geist, M.R. 2010. Using the Delphi method to engage stakeholder: A comparison of two studies. *Evaluation and Program Planning* 33: 147–154
49. Ghaffarian, M.R., Stampfer, K., Sessions, J. 2007. Optimum road spacing of forwarding operation: A case study in Southern Austria. *Austro2007/FORMEC'07: Meeting the Needs of Tomorrows Forests – New Developments in Forest Engineering, October 7 – 11, 2007, Vienna and Heiligenkreuz – Austria*
50. Ghaffarian, M.R., Stampfer, K., Sessions, J. 2009. Comparison of three methods to determine optimal road spacing for forwarder-type logging operations. *Journal of Forest Science*, 55(9): 423-431
51. Giannarou, L., Zervas, E. 2014. Using Delphi technique to build consensus in practice. *Int. Journal of Business Science and Applied Management, Vol. 9(2)*: 65-82

52. Gigović, Lj. 2010. Digitalni modeli visina i njihova primena u vojnoj analizi terena. *Vojnotehnički glasnik* 2/10, str. 165-178
53. Glavonjić, B., Vasiljević, A., Petrović, S. 2004. Nelegalne seče i trgovina drvetom u svetu i Srbiji – stanje i problemi, *Prerada drveta* br. 7-8: 17-21
54. Grace III, J.M., Clinton, B.D. 2007. Protecting Soil and Water in Forest Road Management, USDA Forest Service/UNL Faculty Publications, 1-58
55. Greene, R. 2010. Addressing Accessibility Challenges of GIS-based Multiple-Criteria Decision Analysis for Integrated Land Management: Case study in the Humber region of Newfoundland and Labrador, Canada. Master Thesis. Department of Geography, Memorial University of Newfoundland, pp. 166
56. Grigolato, S., Mologni, O., Cavalli, R. 2017. GIS Applications in Forest Operations and Road Network Planning: an Overview over the Last Two Decades. *Croatian Journal of Forest Engineering*, Vol. 38(2017)2: 175-186
57. Gruber, G., Scholz, J. 2005. *GIS based Planning of Forest Road Networks*. In Proceeding: Geoinformatik 2005. Beitrage zum 17. AGIT-Symposium Salzburg, J. Strobl, T. Blaschke and G. Griesebner (Ed.), pp- 218-223 (Heidelberg: Wichmann)
58. Gumus, S., Acar, H. 2003. Building of forest roads database by GPS-GIS techniques for Turkish forestry. In Proceeding: Austro 2003 – High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain, October 5-9, 2003, Schlaegl – Austria, p. 8
59. Gumus, S., Acar, H.H., Toksoy, D. 2008. Functional forest road network planning by consideration of environmental impact assessment for wood harvesting. *Environ Monit Assess* 142:109–116, DOI 10.1007/s10661-007-9912-y
60. Gvozdenović, M., Petrović, T., Beronja, B., Trnavac Bogdanović, D. 2014. Učešće javnosti u zaštiti prirode - primeri dobre prakse iz zemalja Evropske Unije. *Mladi istraživači Srbije*, Beograd, str. 28
61. Damjanović, D. 2013. Primena AHP metode na selekciju i evaluaciju dobavljača. Master rad. Univerzitet Singidunum – Departman za posleddiplomske studije. Beograd, p. 90

62. Danilović, M. 2010. Transport oblovine mekih lišćara forvarderom John Deere 1410D u ravničarskim područjima. *Poljoprivredna tehnika*, XXXV (1): 99-111
63. Danilović, M., Stanić, D., Stojnić, D., Gačić, D. 2012. Planning Road Infrastructure in Forests Under Special Protection Regimes in National Park "Đerdap", Serbia. *Proceedings of 45th International Symposium on Forestry Mechanization "Forest Engineering: Concern, Knowledge and Accountability in Today's Environment"*, October 8-12, 2012, Dubrovnik (Cavtat), Croatia
64. Danilović, M., Stojnić, D., Novković, N., Gačić, D. 2013. The state of forest roads and determining an optimum density of a forest road network using GIS. *Forest review*, Vol. 44, str. 6-10
65. Danilović, M., Gačić, D. 2014. Održivo korišćenje šumskih i lovnih resursa. *Glasnik Šumarskog fakulteta. Specijalno izdanje*: 25-50.
66. Danilović, M., Stojnić, D. 2014. Ocena stanja mreže šumskih puteva kao osnov za izradu programa otvaranja gazdinskih jedinica (Assessment of the state of a forest road network as a basis for making a program of forest management unit opening). *Glasnik Šumarskog fakulteta* 110, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd (59-72), DOI:10.2298/GSF1410059D
67. Deliće, J. 2016. Lovni turizam u zaštićenim područjima Vojvodine. *Doktorska disertacija*. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo. Novi Sad, str. 229.
68. Deluka-Tibljaš, A., Karleuša, B., Dragičević, N. 2013. Pregled primjene metoda višekriterijske analize pri donošenju odluka o prometnoj infrastrukturi. *Građevinar*, Vol. 7: 619-631
69. Demir, M. 2007. Impacts, Management and Functional Planning Criterion of Forest Road Network System in Turkey, *Transportation Research Part A* No. 41: 56-68
70. Diaz-Balteiro, L., Romero, C. 2008. Making forestry decisions with multiple criteria - A review and an assessment. *Forest Ecology and Management* 255: 3222-3241

71. Dietz, P., Löffler, H., Knigge, W. 1984. Walderschließung, Eine Lehrbuch für Studium und Praxis unter besonderer Berücksichtigung des Waldwegebaus. Verlag Paul Parcy, Hamburg und Berlin, p. 1-196.
72. Drosos, V.C., Giannoulas, V.J., Liampas, A.-S.G., Tampekis, S. 2010. Environmental opening up plan due to modern techniques, In Proceeding: FORMEC 2010, Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment, July 11-14, 2010, Padova – Italy, p. 11
73. Dražić, S., Danilović, M., Stojnić, D., Blagojević, V., Lučić, R. 2018. Openness of forests and forest land in the Bosnia and Herzegovina entity Republic of Srpska. Šumarski list, 3-4(2018): 183-195
74. Drosos, V.C., Malesios, C. 2011. Management and improvement of a forest road network. Paper presented at the 4th International Science Conference on Woodworking Techniques, Prague, Czech Republic, September 7-10, 2011
75. Drosos, V.C., Liampas, A.G., Doukas, K.G. 2014. Digital surveying and mapping of forest road network for development of a GIS-tool for the effective protection and management of natural ecosystems. Published in SPIE Proceedings Vol. 9229: Second International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2014), 12 August 2014, doi: 10.1117/12.2069660
76. Duc, T.T. 2006. Using GIS and AHP technique for land-use suitability analysis. International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences. November 9-11, 2006, Ho Chi Minh City, Vietnam
77. Dutina, V., Marković, Lj., Knežević, M., Kovačević, M. 2011. Izbor varijante trase puta višekriterijumskom optimizacijom. Rudarski radovi 4/2011, str. 169-179.
78. Dykstra, D.P. 1983. Fundamentals of forest road design and layout. Stencil No. EFn 7. Morogoro, University of Dar es Salaam, Division of Forestry: 28
79. Đorđević, B., Pamučar, D., Lukovac, V. 2013. Modelovanje adaptirane neuronske mreže za izbor eksperata u procesu grupnog odlučivanja. Yuinfo 2013: 601-606

80. Dorđević, I., Ranković, N., Keča, L.J. 2013. Structure of Financing Revenues (2008-2012) of National Parks in Republic of Serbia. *Agriculture & Forestry* Vol. 59(4): 173-183
81. Đuka, A., Grigolato, S., Papa, I., Pentek, T., Poršinsky, T. 2017. Assessment of timber extraction distance and skid road network in steep karst terrain. *iForest* Vol 10: 886-894
82. Eagles, P.F.J., McCool, S.F. 2002. *Tourism in National Parks and Protected Areas – Planning and Management*. CABI Publishing, USA. Pg. 333
83. Eastman, J.R. 2005. Multi-criteria evaluation and GIS. In: Longley, P., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, D.W. (Eds.), *Geographical Information Systems*. Wiley, New York, Toronto, pp. 493-502
84. Eghali, L. 2002. *Decision Support Tools for Environmental Policy Decisions and their Relevance to Life Cycle Assessment*. CES Working paper 2/02
85. Eker, M., Ada, N. 2011. Developing Criteria and Indicator Set for Quality Assessment of Forest Roads, In *Proceeding: FORMEC 2011 - Pushing the boundaries with research and innovation in forest engineering*, October 9-13, 2011, Graz, Austria, p.9
86. Enache, A., Kühmaier, M., Stampfer, K., Ciobanu, V.D. 2013. An Integrative Decision Support Tool for Assessing Forest Road Options in a Mountainous Region in Romania, *Croatian Journal of Forest Engineering*, Vol. 34(1): 43-60
87. Enache, A., Pentek, T., Ciobanu, V.D., Stampfer, K. 2015a. GIS based methods for computing the mean extraction distance and its correction factors in Romanian mountain forest. *Šumarski list* 1-2: 35-46
88. Enache, A., Ciobanu, V.D., Stampfer, K. 2015b. Stakeholders' perceptions regarding evaluation criteria of forest road options in Romania. *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol. 14(6): 1409-1421.
89. Enache, A., Kühmaier, M., Visser, R., Stampfer, K. 2016. Forestry operations in the European mountains: a study of current practices and efficiency gaps. *Scandinavian Journal of Forest Research*, Vol. 31(4): 412-427, DOI: 10.1080/02827581.2015.1130849



90. ENVSEC 2009. Illegal logging in SEE and EE – Illegal logging activities in the Republic of Serbia – Fact-Finding study. Federal Government of Belgium under the ENVSEC Initiative, p.59
91. Žáček, J., Klč, P. 2008. Forest transport roads according to natural forest regions in the Czech Republic. *Journal of forest science*, Vol. 54(2): 73-83
92. Živanović, S. 2017. Uticaj hronologije požara na procenu opasnosti od šumskih požara. *Šumarstvo*, 1-2: 187-194
93. Živković, D., Valjarević, A. 2013. Digital analyses of cartometric Fruska Gora guidelines. *Glasnik Srpskog geografskog Društva*, 93(3): 1-10. DOI:10.2298/GSGD1303001Z
94. Živojinović, S. 1967. *Zaštita šuma*. Univerzitet u Beograd, Naučna knjiga. Str. 388
95. *Žuta knjiga, finansijski propisi*. 1998. Informativno poslovni centar, Beograd, str. 162
96. *Zakon o javnim putevima – Službeni gl. RS*, br. 101/2005, 123/2007, 101/2011 i 93/2012
97. *Zakon o nacionalnim parkovima 2015*. Službeni glasnik RS, br. 84/2015.
98. *Zakon o šumama*. 2015. Službeni glasnik RS, br. 30/2010, 93/2012 i 89/2015
99. *Zakon o zaštiti prirode 2016*. Službeni glasnik RS, br. 36/2009, 88/2010, 91/2010 - ispr. i 14/2016.
100. Zelenović Vasiljević, T. 2011. *Primena GIS-a, analitičkog hijerarhijskog procesa i fazi logike pri izboru lokacija regionalnih deponija i transfer stanica*. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, str. 127
101. Zmijanović, Lj. 2018. *Održivo upravljanje zaštićenim područjima*. Doktorska disertacija. Sveučilište u Rijeci, Fakultet za menadžement u turizmu i ugostiteljstvu. P. 333
102. Zolfani, S.H., Rezaeiniya, N., Zavadskas, E.K., Turskis, Z. 2011. Forest roads locating based on AHP and COPRAS-G methods - an empirical study based on Iran, *E+M Ekonomie a management*, Vol. 4: 6-21
103. Ioniță, A., Stanciu, E. 2016. *Priručnik za uključivanje zainteresovanih strana u upravljanje zaštićenom područjem - Participativno upravljanje zaštićenim*

- područjima u karpatskom ekoregionu. Svetski fond za prirodu, Dunavsko-karpatski program (WWF-DCP), str. 140
104. Jablonsky, J. 2014. MS Excel based software support tools for decision problems with multiple criteria. Enterprise and the Competitive Environment 2014 conference, ECE 2014, 6–7 March 2014, Brno, Czech Republic. *Procedia Economics and Finance* 12 (2014): 251 – 258
  105. Jankowski, P., Nyerges, T. 2001. *Geographic Information Systems for Group Decision Making – Towards a participatory, geographic information science.* Taylor & Francis, London, pp. 296
  106. Jeličić, V. 1985a. Studija otvaranja odjela 70 i 71 u GJ „Jadovnik – Drvar“ dio, Sarajevo, str. 1 – 31
  107. Jeličić, V. 1985b. Mreže i tipovi šumskih komunikacija za izvođenje proreda u uslovima mehanizacije radova. Jugoslovenski poljoprivredni i šumarski centar, Beograd.
  108. Jeličić, V. 1988. Otvaranje šuma i savremeni transport drveta. Jugoslovenski poljoprivredno šumarski centar – služba šumske proizvodnje, Beograd, str. 63
  109. Jourgholami, M., Abdi, E., Chung W. 2013. Decision making in forest road planning considering both skidding and road costs: a case study in the Hyrcanian Forest in Iran. *iForest* 6: 59-64. doi: 10.3832/efor0640-006
  110. Jovanović, V., Đurđev, B., Srdić, Z., Stankov, U. 2012. Geografski informacioni sistemi, Univerzitet Singidinum i Univerzitet u Novom Sadu, Beograd, str. 219
  111. Jusoff, K. 2008. Construction of New Forest Road in Malaysia Using a GIS-Based Decision Support System. *Computer and Information Science*, Vol. 1, No. 3, pg: 48-59
  112. Karleuša, B., Deluka-Tibljaš, A., Benigar, M. 2003. Mogućnosti primjene postupaka višekriterijske optimizacije u prometnom planiranju i projektiranju. *Suvremeni promet*, Vol. 23(1-2): 104-107
  113. Kosijer, M., Ivić, M., Marković, M., Belošević, I. 2012. Višekriterijsko odlučivanje u planiranju i projektiranju trase željezničke pruge. *Građevinar* 64(3): 195-205

114. Kostić, M., Gigović, Lj., Prodanović, G. 2014. Evaluacija morfometrijskih karakterisitika terena primenom GIS tehnologije. Međunarodna naučna konferencija Univerziteta Singidunum – SINTEZA 2014. pg: 811-815
115. Košir, B., Krč, J. 2000. Where to Place and Build Forest Roads - Experience From the Model. *Journal of Forest Engineering*, Vol. 11(1): 7-20
116. Krč, J., Beguš, J. 2013. Planning Forest Opening with Forest Roads. *Croatian Journal of Forest Engineering* 34(2013)2: 217-228
117. Krstić, M. 2008. Načelna razmatranja kategorizacije i uzgojnih potreba u šumama posebne namene. *Šumarstvo* 1-2: 111-126
118. Lakićević, M., Srđević, B., Srđević, Z. 2015. Multi-criteria approval for evaluating landscape management strategies (Case study: Fruška gora National Park). *Matica Srpska J. Nat. Sci. Novi Sad*, No. 128(2015): 99—107
119. Landeta, J. 2006. Current validity of the Delphi method in social sciences. *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 73(5): 467-482
120. Larjavaara M. 2005. Climate and forest fires in Finland – influence of lightning-caused ignitions and fuel moisture, Academic dissertation, The Finnish Society of Forest Science, pp 35.
121. Lavadinović, V., Ranković, N., Petrović, N., Radosavljević, A. 2012. Krivolov u Srbiji: Analiza faktora. Međunarodni simpozijum o lovstvu "Savremeni aspekti održivog gazdovanja populacijama divljači", Zemun-Beograd, Srbija, 22.-24. jun 2012. str. 159-162
122. Lepoglavec, K., Pentek., Papa, I., Šporčić, M., Landekić, M., Nevečerel, H. 2015. Influence of existing secondary forest road network on the selection of timber extraction technologies at the tactical level of planning. *Bulletin of Faculty of Forestry, supplement issue, University of Belgrade - Faculty of Forestry* (63-74). DOI: 10.2298/GSF15S1063L
123. Letić, Lj., Nikić, Z., Savić, R., Nikolić, V. 2014. Uticaj vegetacionog pokrivača na retenciju i oticanje vode na području Fruške gore. *Šumarstvo*, No. 1-2: 97-111
124. Liu, S., Corcoran, T.J. 1993. Road and landing spacing under the consideration of surface dimension of road and landings. *International Journal of Forest Engineering*, 5:49–53

125. Lotfalian, M., Zadeh, E.H., Hosseini, S.A. 2011. Calculating the correction factor of skidding distance based on forest road network. *Journal of Forest Science*, Vol. 57(11): 467-471
126. Luburić, V. 2016. Uvođenje novih upravljačkih mjera u zaštićenim područjima sa ciljem unapređenja modela zaštite prirode u Crnoj Gori. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo. P. 285
127. Lugo, A.E, Gucinski, H. 2000. Function, Effects, and Management of Forest Roads, *Forest Ecology and Management* No. 133:249-262
128. Majlingová, A. 2012. Opening-up of Forests for Fire Extinguishing Purposes. *Croatian Journal of Forest Engineering*, Vol. 33(1): 159-168
129. Malczewski, J. 1999. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. J. Wiley & Sons, New York.
130. Malczewski, J. 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature, *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 20(7):703-726, DOI: 10.1080/13658810600661508
131. Manić, E. 2006. GIS-bazirane tehnologije i njihova primena u poljoprivredi. *Glasnik srpskog geografskog društva*. Sveska LXXXVI, Br. 2: 151-160
132. Marchi, E., Montorselli, N. B., Neri, F. 2010. The Role of Forest Road Network in Forest Fire Prevention and Suppression: a Case Study in Italy, *FORMEC 2010, Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment*, July 11-14, 2010, Padova, Italy
133. Marinković, M. 2018. Proizvodni potencijali drvne biomase i uticaj na ciljeve gazdovanja šumama. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet
134. Marinoni, O. 2004. Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS, *Computers and Geosciences*, Volume 30 (6): 637-646
135. Marković, Z. 2007. Jedan pristup normalizaciji matrice podataka u višekriterijumskoj analizi. XXV Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju - PosTel 2007. Beograd, 11-12. decembar 2007. str: 71-80

136. Markus-Johansson, M., Mesquita, B., Nemeth, A., Dimovski, M., Monnier, C., Kiss-Parciu, P. 2010. *Illegal Logging in South Eastern Europe - Regional Report*. The Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe, Hungary, p.136
137. Matthews, D.M. 1942. *Cost control in the logging industry*. McGraw-Hill, New York, 374 p.
138. McKenna, H.P. 1994. The Delphi technique: a worthwhile research approach for nursing? *Journal of Advanced Nursing* 19: 1221-1225
139. Medarević, M. 2006. *Planiranje gazdovanja šumama*. Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet, str. 401
140. Medarević, M. 2010. *Sistemi gazdovanja kao mera za ostvarivanje održivog upravljanja šumama*. Seminar na temu: „Sistemi gazdovanja u šumarstvu i njihova praktična primjena“. Agencija za šume Republike Srpske, Banja Luka, str. 06-25
141. Medarević, M., Šljukić, B., Obradović, S. 2014. *Planiranje održivog gazdovanja u šumama u Srbiji*. Glasnik Šumarskog fakulteta, Beograd, str. 09-24
142. Milanović, S. 2017. *Konačni izveštaj za projekat „Unapređenje sistema za zaštitu šuma od požara u Republici Srbiji“*. Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet. Finansiranje: Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine – Uprava za šume. Str. 80
143. Milić Marković, Lj., Marković, Lj., Dutina, V., Kovačević, M. 2015. *Mesto i uloga vrednovanja u procesu projektovanja železničkih pruga*. Zbornik radova: SYM-OP-IS 2015 - 42. međunarodni simpozijum o operacionim istraživanjima, Srebrno jezero, Srbija: 140-143
144. Miller G.A. 1956. The magical number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information, *Psychological Review*, 63: 81–97
145. Milojković, D. 2014. *Primena matematičkih metoda u projektovanju razvoja klusterskih organizacija u Republici Srbiji*. Doktorska disertacija. Univerzitet u Nišu, Ekonomski fakultet, str. 304
146. Miljuš, M., Radivojević, G. 2006. *Uloga geografskog informacionog sistema (GIS) u logistici fazi sistema za projektovanje ruta vozila*. Međunarodni časopis *Transport i logistika*. No. 11: 14-31

147. Mishra, A.K., Deep, S., Choudhary, A. 2015. Identification of suitable sites for organic farming using AHP & GIS. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 18:181-193
148. Moghadasi, P., Hosseini, S.A., Fallah, A., Lotfalian, M. 2013. Locating the best areas to pass forest roads with environmental consideration using GIS and multi-criteria evaluation, *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, Vol. 6(10): 593-599
149. Mohtashami, S. 2010. Planning forest routes for silvicultural activities using GIS based techniques: A case study of Selesjö in Östergötland, Sweden. TRITA LWR Degree Project 11:20, p. 43
150. Motazeh, A.G., Naghdi, R., Sammani, K.M., Salimi, E.T., Baniasadi, R. 2013. Evaluation of AHP application for Hyrcanian forests through road construction potential map, *Forestry Ideas*, Vol. 19, No 1(45): 69-78
151. Mu, E., Pereyra-Rojas, M. 2017. *Practical Decision Making – An Introduction to the Analytic Hierarchy Process (AHP) Using Super Decisions V2*. Springer, pg. 111.
152. Mullen, P.M. 2003. Delphi: myths and reality. *Journal of Health Organization and Management*, Vol. 17(1): 37 - 52
153. Naghdi, R., Mohammadi Limaiei, S., Babapour, R., Ariamanesh, M. 2012. Design of Forest Road Network Based on Technical and Economical Considerations Using GIS and AHP. *International Journal of Applied and Natural Sciences*, Vol.1 (2): 39-44.
154. Najafi, A., Sobhani, H., Saeed, A., Makhdom, M., Mohajer, M.M. 2008. Planning and Assessment of Alternative Forest Road and Skidding Networks. *Croatian Journal of Forest Engineering*, Vol. 29 (1): 63-73
155. Nasiri, M., Lotfalian, M. 2012. Programming and Forest Road Planning, *Journal of Ecology and Environmental Sciences*, Volume 3, Issue 2, 2012, p. 68-73
156. Nevečerel, H., Pentek, T., Pičman, D., Stankić, I. 2007. Traffic load of forest roads as a criterion for their categorization - GIS analysis. *Croatian Journal of Forest Engineering*, Vol. 28(1): 27-38.

157. Nikolić, S. 1991. Proučavanje važnijih faktora efekata prve faze transporta drveta. Šumarstvo br. 5: 3-14
158. Nikolić, I., Borović, S. 1996. Višekriterijumska optimizacija - metode, primena u logistici, softver. Centar vojnih škola Vojske Jugoslavije, Beograd.
159. Nikolić, V., Plužarević, K., Letić, Lj. 2013. Izvori Fruške gore. Tematski zbornik - Savetovanje Melioracije 13, Novi Sad, str. 14-22.
160. Nonić, D., Avdibegović, M., Nedeljković, J., Radosavljević, A., Ranković, N. 2014. Održivo upravljanje u šumarstvu i zaštiti prirode. Glasnik Šumarskog fakulteta: 113-140
161. Norizah, K., Mohd Hasmadi, I. 2012. Developing Priorities and Ranking for Suitable Forest Road Allocation using Analytic Hierarchy Process (AHP) in Peninsular Malaysia. Sains Malaysiana 41(10): 1177-1185
162. Okoli, C., Pawlowski, S.D. 2004. The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. Information & Management 42: 15-29
163. Opricović, S., Tzeng, G.-H. 2004. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. European Journal of Operational Research. 156(2), str 445-455, ISSN: 0377-2217.
164. Osnova gazdovanja šumama za GJ „Vorovo – Lipovača – Šidsko cerje“ (2017-2026), JP „Nacionalni park Fruška gora“, Sremska Kamenica.
165. Osnova gazdovanja šumama za GJ „Ravne“ (2017-2026), JP „Nacionalni park Fruška gora“, Sremska Kamenica.
166. Osnova gazdovanja šumama za GJ „Janok“ (2017-2026), JP „Nacionalni park Fruška gora“, Sremska Kamenica.
167. Osnova gazdovanja šumama za GJ „Biklav“ (2017-2026), JP „Nacionalni park Fruška gora“, Sremska Kamenica.
168. Osnova gazdovanja šumama za GJ „Gvozdjenjak – Lice“ (2017-2026), JP „Nacionalni park Fruška gora“, Sremska Kamenica.
169. Ozturk, D., Batuk, F. 2011. Implementation of GIS-based multicriteria decision analysis with VB in ArcGIS. International Journal of Information Technology & Decision Making, Vol. 10(6): 1023-1042.

170. Panić, N., Orlović-Lovren, V. 2014. Ekoturizam kao integralni deo upravljanja Nacionalnim parkom „Đerdap“. JP „Nacionalni park Đerdap“ i Zavod za zaštitu prirode Srbije. Beograd, str. 68
171. Papa, I., Pentek, T., Lepoglavec, K., Nevečerel, H., Poršinsky, T., Tomašić, Ž. 2015. Metodologija izradbe detaljnog registra primarne šumske prometne infrastrukture kao podloge za planiranje i optimizaciju radova održavanja šumskih cesta. Šumarski list 7-8: 311-328
172. Parsakhoo, A. 2016. Metric measurements for optimization of forest road network alternatives in GIS-based programs, *Forest Science and Technology*, 12:3, 153-161, DOI:10.1080/21580103.2016.1141718
173. Pellegrini, M. 2012. Support tools for planning and management of a forest road network, Doctoral thesis, Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali
174. Pellegrini, M., Grigolato, S., Cavalli, R. 2013. Spatial Multi-Criteria Decision Process to Define Maintenance Priorities of Forest Road Network: an Application in the Italian Alpine Region. *Croatian Journal of Forest Engineering*, Vol. 34(1): 31-42
175. Pentek, T., Pičman, D., Krpan, A.P.B., Poršinsky, T. 2003. Inventory of primary and secondary forest communications by the use of GPS in Croatian mountainous forest. In *Proceedings of Austro2003: High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain*, October 5-9, 2003, Schlaegl – Austria
176. Pentek, T., Pičman, D., Nevečerel, H. 2004. Srednja udaljenost privlačenja drva. *Šumarski list* br. 9-10: 545-558
177. Pentek, T., Pičman, D., Potočnik, I., Dvorščak, P., Nevečerel, H. 2005. Analysis of an existing forest road network, *Croatian Journal of Forest Engineering*, 26(2005)1: 39-50
178. Pentek, T., Nevečerel, H., Ecimović, T., Lepoglavec, K., Papa, I., Tomašić, Ž., 2014. Strategic planning of forest roads in Republic of Croatia – a breakdown of the existing situation as a basis for future activities. *Nova mehanizacija šumarstva* 35(2014): 63-78
179. Pentek, T., Đuka, A., Papa, I., Damić, D., Poršinsky, T. 2016. Elaborat učinkovitosti primarne šumske prometne infrastrukture - alternativa studiji



- primarnog otvaranja šuma ili samo prijelazno rješenje? Šumarski list No. 9-10: 435-453
180. Perzina, R., Ramik, J. 2014. Microsoft Excel as a tool for solving multicriteria decision problems. *Procedia Computer Science* 35 (2014): 1455 – 1463
181. Petković, V., Marčeta, D., Španjić, S., Kosović, M. 2015. Određivanje srednje distance privlačenja primjenom GIS-a u nizijsko-brdskim uslovima. *Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci*, 23: 5-14
182. Petković, V., Potočnik, I. 2018. Planning Forest Road Network in Natural Forest Areas: a Case Study in Northern Bosnia and Herzegovina. *Croatian Journal of Forest Engineering*, Vol. 39(2018)1: 45-56
183. Petrović, Lj. 1961. Optimalna gustina šumskih transportnih sredstava – Doktorska disertacija /Optimal density of Forest Transportation Facilities Net – Doctoral dissertation/ *Glasnik Šumarskog fakulteta, Beograd*, br. 22, str. 80
184. Petrović, J., Bugarski, D., Ćurčić, S., Bogdanović, Ž. 1973. Vode Fruške gore – Monografija Fruške gore. Matica srpska, Novi Sad.
185. Peyrov, S., Najafi, A., Nourizadeh, J. 2016. Evaluating the effects of physiographic parameters on the road cross section in mountain forests (Case study: northern forests of Iran). *Journal of Forest Science*, Vol. 62(1): 1-7, doi: 10.17221/89/2015-JFS
186. Pičman, D., Pentek, T. 1998. Određivanje srednje udaljenosti privlačenja težišnim metodama primjenom osobnog računala. *Šumarski list* br. 9-10: 423-435
187. Plan detaljne regulacije za deonicu državnog puta br. 18, Neštin - Erdevik - Nacrt plana 2010. JP Zavod za urbanizam Vojvodine - Novi Sad
188. Plužarević, K. 2014. Uređenje izvora u Nacionalnom parku „Fruška gora“. Master rad. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet. str. 58
189. Powell, C. 2003. The Delphi technique: myths and realities. *Journal of Advanced Nursing* 41(4): 376–382
190. Pravilnik o sadržini osnova i programa gazdovanja šumama, godišnjeg izvođačkog plana i privremenog godišnjeg plana gazdovanja privatnim šumama - Sl. glasnik RS, br. 122/2003

191. Program zaštite životne sredine Autonomne pokrajine Vojvodine za period 2016-2025. godine. Službeni list AP Vojvodine, br. 10/2016.
192. Prostorni plan područja posebne namene Fruške gore do 2022. godine. Republika Srbija, Autonomna Pokrajina Vojvodina, Skupština Autonomne pokrajine Vojvodine, 2004, str. 166
193. Putevi Srbije 2016. Prosečan godišnji dnevni saobraćaj na putevima IIA reda u 2015. godini (preliminarni rezultati).
194. Ranković, N., Butulija, S. 1998. Prilog utvrđivanju finansijskih merila za procenu isplativosti investiranja u gradnju šumskih puteva – primer G. J. “Brodica“, severni Kučaj = Contribution to the fixing of financial criteria for appraisal of investments payability in forest roads construction. Šumarstvo, LI (5-6): 19-26
195. Rikalović, A., Cocić, I. 2014. GIS based multi-criteria decision analysis for industrial site selection: the state of the art. Journal of Applied Engineering Science 12(3)293: 179-206
196. Rezaei, M., Shafizade, S., Rezaei, M.A. 2013. Determination of correction coefficient of average skidding distance according to the existing road network in Alikia Soltan forest of Iran. Journal of forest science, Vol. 59(12): 475-478
197. Robek, R., Klun, J. 2007. Recent developments in forest traffic way construction in Slovenia, Croatian Journal of Forest Engineering 28(1): 83-91
198. Rogers, L. 2005. Automating contour-based route projection for preliminary forest road designs using GIS, MS Thesis, Washington, University of Washington, p.87
199. Roy, B., McCord, M. R. 1996. Multicriteria methodology for decision aiding. Springer
200. Saaty, T. L. 1980. The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York
201. Sadasivuni, R., O'Hara, C.G., Nobrega, R., Dumas, J. 2009. A transportation corridor case study for multi-criteria decision analysis, In Proceedings of ASPRS 2009 Annual Conference, March 9-13, 2009, Baltimore, Maryland

202. Samani, K.M., Hosseiny, S.A., Lotfalian, M., Najafi, A. 2010. Planning road network in mountain forests using GIS and Analytic Hierarchical Process (AHP). *Caspian Journal of Environmental Science*, Vol. 8(2): 151-162
203. Sedlak, O. 1985. Forest road planning, location and construction techniques on steep terrain. *FAO Forestry Paper 14*. Rome, FAO: 345
204. Segebaden, G. 1964. Studies of Cross-Country Transport Distances and Road Net Extension. *Studia Forestalia Suecica* 18: 1-70
205. Shafique, M., Dev, B.M., Naryan, M.S. 2012. Criteria-based approach to suggest alternative road network in part of Ladakh province through object based modelling - a GIS and remote sensing method. *Journal of Environmental Research and Development*, Vol. 7(1): 88-98
206. Shuka, V., Auriol, G. 2013. Methodology for Determining Stakeholders' Criteria Weights in Systems Engineering. *Proceedings of the Poster Workshop of the Complex Systems Design & Management Conference*. Paris, France, December 4th 2013, pg 1-12.
207. Sikavica, P., Bebek, B., Skoko, H. Tipurić, D. 1999. Poslovno odlučivanje. Drugo izdanje. *Informator*, Zagreb, Hrvatska, str. 366.
208. Simanov, V., Macku, J., Poprelka, J. 1993. A new proposal of terrain classification and technological typification. *Lesnictvi* 39: 422-428
209. Smiljanjić, S., Đurđić, S. 2006. Primena GIS-a u vrednovanju prirodnih potencijala opštine Ražanj za potrebe poljoprivrede. *Glasnik srpskog geografskog društva*. Sveska LXXXVI. Br. 2: 161-170
210. Sokolović, Dž. 2005. Izdvajanje otvorenih i neotvorenih šumskih područja. *Works of the Faculty of Forestry, University of Sarajevo*, No. 1: 91-102
211. Sokolović, D., Bajrić, M. 2009. Forest Transportation Infrastructure in the Federation of Bosnia and Herzegovina. *Nova mehanizacija šumarstva*, Vol.34: 39-50.
212. Srđević, B., Jandrić, Z. 2000. Analitički hijerarhijski proces u strateškom gazdovanju šumama. Studija rađena za JP „Srbijašume“, ŠG „Novi Sad“, Novi Sad

213. Srđević B. 2005. Diskretni modeli odlučivanja u optimizaciji korišćenja kanalske mreže u Vojvodini. Letopis naučnih radova, godina 29, broj 1, str. 19-30
214. Srđević, Z., Bajčetić, R., Srđević, B., Blagojević, B. 2010. Primena GIS-a i analitičkog hijerarhijskog procesa u određivanju pogodnosti zemljišta za navodnjavanje. Vodoprivreda, Vol. 42: 61-68
215. Srđević, Z., Bajčetić, R., Srđević, B. 2012. Izbor učesnika u upravljanju u participativnom modelu odlučivanja u vodoprivredi. Vodoprivreda, Vol. 44(258-260): 215-224
216. Stefanović, B., Stojnić, D., Danilović, M. 2016. Multi-criteria forest road network planning in fire-prone environment: a case study in Serbia, Journal of Environmental Planning and Management, Vol. 59, No. 5: 911-926. DOI: 10.1080/09640568.2015.1045971
217. Stoilov S., Krumov, T., Uchikov, N. 2014. Study of forest road network in Central Rhodopes mountains (in Bulgarian with English abstract). Mechanics, Transport, Communications - Academic journal, Vol.12(3/3): VIII-1 - VIII-8
218. Stojiljković, D. 2004. Hidrološka rejonizacija i zaštita vodnih resursa. Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta. Vol. 28(1): 159-170
219. Stojnić, D., Danilović, M., Dražić, S. 2017. Inventura i izrada katastra primarne mreže šumskih puteva, Šumarstvo, No. 3-4: 199-212
220. Strategija razvoja šumarstva Republike Srbije. 2006. Službeni glasnik RS, br. 59/2006
221. Strategija zaštite od požara za period 2012-2017. godine. Službeni glasnik RS, br. 21/2012
222. Studija uspostavljanja regionalne biciklističke rute Srem sa glavnim projektima prateće infrastrukture, 2014. Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za saobraćaj.
223. Stückelberger, J.A., Heinemann, H.R., Burlet, E.C. 2006. Modeling spatial variability in the life-cycle cost of low-volume forest road. Eur J Forest Res 125: 377-390. DOI: 10.1007/s10342-0123-9

224. Sundberg, U. 1976. *Harvesting Man-made Forests in Developing Countries*. Rome, FAO: 185
225. Sundberg, U., Silversides, C.R. 1988. *Operational Efficiency in Forestry, Vol. 1: Analysis*. Springer-Science+Business media, B.V. DOI 10.1007/978-94-017-0504-2
226. Szabados, K., Kiš, A. 2013. Značaj prostornog planiranja u formiranju ekološke mreže Vojvodine. Zbornik radova, knjiga II: Planska i normativna zaštita prostora i životne sredine. Asocijacija prstornih planera Srbije, Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet, Palić, Subotica. pg. 323-329
227. Synek, M., Klimánek, M. 2014. Proposal of using GIS for multi-criteria evaluation of environmentally friendly use of skidding technologies in forestry. *Journal of Forest Science*, Vol. 60(2): 51-60
228. Šiljeg, A. 2013. Digitalni model reljefa u analizi geomorfometrijskih parametara - primjer PP Vransko jezero. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek. str. 198
229. Šporčić, M., Landekić, M., Lovrić, M., Bogdan, S., Šegotić, K. 2010. Višekriterijumsko odlučivanje kao podrška u gospodarenju šumama – modeli i iskustva. *Šumarski list* br. 5-6: 275-286
230. Tampekis, S., Sakellariou, S., Samara, F., Sfougaris, A., Jaeger, D., Christopoulou, O. 2015. Mapping the optimal forest road network based on the multicriteria evaluation technique: the case study of Mediterranean Island of Thassos in Greece, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 187, No. 11, pg. 1-17, DOI 10.1007/s10661-015-4876-9
231. Temiz, N., Tecim, V. 2009. The use of GIS and multi-criteria decision-making as a decision tool in forestry. *OR Insight* Vol. 22(2): 105–123
232. Terzić, M. 2010. Primena metoda višekriterijumskog odlučivanja u nabavnoj funkciji sistema odbrane korišćenjem softvera Expert Choice. *Vojno delo*, proleće, str. 161-183
233. Thompson, M.A. 1992. Considering overhead costs in road and landing spacing models. *International Journal of Forest Engineering*, 3: 13–19.

234. Tičerić, D. 1989. Istraživanje uticaja relevantnih faktora na optimalnu gustinu saobraćajnica u društvenim šumama. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd, str. 413
235. Tičerić, D. 1991. Određivanje optimalne gustine mreže šumskih puteva metodom direktnog projektovanja. Glasnik Šumarskog fakulteta, Beograd, br. 73: 601-610
236. Trajanov Z., Nestorovski, Lj., Trajkov, T. 2015. Development and perspective of the forest road infrastructure in the Republic of Macedonia. Bulletin of Faculty of Forestry, supplement issue, University of Belgrade – Faculty of Forestry (141-148), DOI:10.2298/GSF15S1141T
237. Tubić, B. 2017. Primena metoda višekriterijumskog odlučivanja pri izboru ciljeva gazdovanja šumama. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet
238. Tucek, J., Pacola, E. 1999. Algorithms for Skidding Distance Modelling on a Raster Digital Terrain Model. Journal of Forest Engineering, Vol. 10(1): 67-79
239. Tuček, J., Pacola, E. 2005. Sustav podrške za prostornu razdiobu smještaja šumskih cesta na temelju modela udaljenosti privlačenja. Posebno izdanje časopisa Nova mehanizacija šumarstva - Zbornik radova: Iskrslji problemi iskorišćavanja šuma i promjene tehnologija na kraju stoljeća. Godište 26(2005)1: 97-102
240. Tuček, J., Sedmak, R., Majlingova, A., Sedliak, M., Marques, S. 2015. Decision support systems in Slovak forestry planning: a review. Lesn. Cas. For. J., Vol. 61, pp. 19-30. DOI: 10.1515/forj-2015-0010
241. Uredba o digitalnom geodetskom planu – Sl. glasnik RS br. 15/2003, ispr. 85/2008
242. Uredba o kategorizaciji državnih puteva 2013. Službeni glasnik RS, br. 105/2013 i 119/2013.
243. FAO 1974. Logging and log transport in tropical high forest. Rome, pp. 50-52
244. FAO 1998. A Manual for the Planning, Design and Construction of Forest Roads in Steep Terrain. Roma
245. FAO-ECE-ILO 2000. Public participation in forestry in Europe and North America. Report of the FAO/ECE/ILO Joint committee team of specialists on

- participation in forestry. Working paper 163, Sectorial activities department, International labour office, Genève, Switzerland, pp. 137
246. FAO 2005. Global Forest Resources Assessment 2005
  247. Firouzan, A.H., Largan, A.S., Maskani, H.R., Hashemi, A. 2010. Forest Road Network Planning According to Environmental Criteria in Series 4 Relating to Tyrumrud Forestry Project, In Proceeding: FORMEC 2010 - Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment, July 11 – 14, 2010, Padova, Italy, p. 10
  248. Flores, M., Obradović, V. 2015. Vodič za finansiranje zaštićenih područja. Kancelarija Programa Ujedinjenih nacija za razvoj (UNDP) u Srbiji, str. 64.
  249. Habibi, A., Sarafrazi, A., Izadyar, S. 2014. Delphi Technique Theoretical Framework in Qualitative Research. The International Journal of Engineering And Science, Vol. 3(4): 08-13
  250. Hajkowicz, S.A., Young, M., Wheeler, S., MacDonald, D.H., Young, D. 2000. Supporting decisions: Understanding natural resource management assessment techniques. A Report to the Land and Water Resources Research and Development Corporation, CSIRO, Canberra, Australia, pp. 136.
  251. Harris, R. 2014. Introduction to Decision Making, <http://www.virtualsalt.com/crebook5.htm>
  252. Harrison, S.R., Ejaz Qureshi, M. 2000. Choice of stakeholder groups and members in multicriteria decision modeles. Natural Resources Forum, Vol. 24: 11-19
  253. Hasmadi, M.I., Taylor, J.C. 2008. Sensitivity Analysis of an Optimal Access Road Location in Hilly Forest Area: A GIS Approach. American Journal of Applied Sciences Vol. 5(12): 1686-1692
  254. Hayati, E., Majnounian, B., Abdi, E., Sessions, J., Makhdoum, M. 2012a. An expert-based approach to forest road network planning by combining Delphi and spatial multi-criteria evaluation. Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 185: 1767-1776
  255. Hayati, E., Majnounian, B., Abdi, E. 2012b. Qualitative evaluation and optimization of forest road network to minimize total costs and environmental impacts, iForest 5: 121-125;

256. Hayati, E., Abdi, E., Majnounian, B., Makhdom, M. 2013. Application of Sensitivity Analysis in Forest Road Networks Planning and Assessment. *Journal of Agricultural Science and Technology*, Vol. 15: 781-792
257. Heinemann, H.R. 1998. A computer model to differentiate skidder and cable-yarder based road network concepts on steep slopes. *Journal of Forest Research*, Vol. 3(1): 1-9
258. Higman, S. Mayers, J., Bass, S., Judd, N., Nussbaum, R. 2005. *The Sustainable Forestry Handbook – A practical guide for tropical forest managers on implementing new standards*. Second Edition. Eartscan, ProForest Limited and International Institute for Environment and Development. pg. 339
259. Hodić, I., Jurišić, Z. 2011. Analiza primarne otvorenosti šuma kojima gospodare HŠ d.o.o. Zagreb kao podloga za kreiranje buduće politike izgradnje šumskih cesta. *Šumarski list* br. 9-10(2011): 487-499
260. Hrůza, P. 2003. Optimization of forest road network under principles of functionally integrated forest management. *Journal of Forest Science*, Vol. 49(9): 439-443
261. Hsu, C-C., Sandford, B.A. 2007. The Delphi Technique: Making Sense Of Consensus. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, Vol. 12(10): 1-8
262. Cavalli-Sforza, V., Ortolano, L. 1984. Delphi Forecasts of Land Use: Transportation Interactions. *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 110(3): 324-339.
263. Chabuk, A.J., Al-Ansari, N., Hussain, H.M., Knutsson, S., Pusch, R. 2017. GIS-based assessment of combined AHP and SAW methods for selecting suitable sites for landfill in Al-Musayyab Qadhaa, Babylon, Iraq. *Environ Earth Sci* 76:209 (pg.12) DOI 10.1007/s12665-017-6524-x
264. Chung, W., Sessions, J. 2001. Designing a Forest Road Network using Heuristic Optimization Techniques. 2001 Council on Forest Engineering (COFE) Conference Proceedings: "Appalachian Hardwoods: Managing Change", Snowshoe, July 15-18, 2001, p.5
265. Chuvieco E., Congalton R.G. 1989. Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping, *Remote Sensing Environmental* No. 29: 147-159



266. Ciobanu, V., Alexandru, V., Borz, S.A., Mihaila, M., Dumitrascu, A-E. 2011. Calculus and evaluation methods for forest roads execution impact upon the environment. *International Journal of Energy and Environment*, Vol. 5(5): 686-693
267. Coffin, A.W. 2007. From Roadkill to Road Ecology: A Review of the Ecological Effects of Roads, *Journal of Transport Geography* No. 15: 396-406.
268. Çağlar, S., Acar, H.H. 2006. An Evaluation on the Environmental Effects Induced by the Rock Blasting in Forest Road Construction at Rocky Areas in Turkey. Council on Forest Engineering (COFE) Conference Proceedings: "Working Globally – Sharing Forest Engineering Challenges and Technologies Around the World" Coeur d'Alene, Idaho, July 22-Aug 2, 2006, p.273-281
269. Çağlar, S. 2013. An Evaluation of the Estimated and Realized Cost of Forest Road: (Examples of Artvin Regional Directorate of Forestry). in *Proceeding of International Caucasian Forestry Symposium, 24-26 October 2013, Artvin, Turkey*, str. 18-25
270. Çalşikan, E. 2013. Planning of Forest Road Network and Analysis in Mountainous Area, *Life Science Journal* Vol. 10(2): 2456-2465
271. Çalşikan, E., Karahalil, U. 2017. Evaluation of Forest Road Network and Determining Timber Extraction System Using GIS: A Case Study in Anbardag Planning Unit. *Şumarski list*, 3-4: 163-171
272. Čupić, M. 2004. *Specijalna poglavlja iz teorije odlučivanja: kvantitativna analiza*, Beograd
273. Čupić, M., Suknović, M. 2010. *Odlučivanje*. Fakultet organizacionih nauka, Beograd. Str. 571
274. Weilin, L., Buo, X., Yu, L. 1999. Applications of RS, GPS and GIS to Forest Management in China. *Journal of Forestry Research*, Vol. 11(1): 69-71.

## БИОГРАФИЈА

Душан М. Стојнић, мастер инжењер шумарства, рођен је 16.06.1986. године у Сремској Митровици, где је завршио основну школу и гимназију. Дипломирао је 2010. године на Шумарском факултету Универзитета у Београду, на Одсеку за шумарство. Мастер студије завршио је 2012. године на истом факултету, на модулу Коришћење шумских и ловних ресурса. Исте године уписао је докторске студије. Од 2011. године запослен је на Шумарском факултету Универзитета у Београду, а у звање асистента изабран је 2013. године. Као асистент ангажован је на предметима Шумска транспортна средства, на основним студијама, и Отварање шума и Шумско грађевинарство, на мастер студијама.

У досадашњем раду као аутор и коаутор објавио је 27 стручних и научних радова из области коришћења шумских и ловних ресурса, од чега 4 рада из категорије М23, 2 рада из категорије М24, 4 рада из категорије М33, 4 рада из категорије М34, 10 радова из категорије М51 и 3 рада из категорије М52. Био је члан 15 комисија за одбрану дипломских и завршних радова. Као члан истраживачког тима учествовао је или тренутно учествује у реализацији 9 научно-истраживачких пројеката, а као одговорни пројектант израдио је бројне пројекте шумских путева и мостова на шумским путевима.

## ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Име и презиме аутора: Душан Стојнић

Број индекса: 6/2014

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Примена вишекритеријумског одлучивања у планирању мреже шумских путева у шумама посебне намене

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

**Потпис аутора**

У Београду, 18.01.2019.

\_\_\_\_\_

**ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ  
ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКОГ РАДА**

Име и презиме аутора	<u>Душан Стојнић</u>
Број индекса	<u>6/2014</u>
Студијски програм	<u>Шумарство</u>
Наслов рада	<u>Примена вишекритеријумског одлучивања у планирању мреже шумских путева у шумама посебне намене</u>
Ментор	<u>Проф. др Милорад Даниловић</u>

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис аутора**

У Београду, 18.01.2019.

\_\_\_\_\_

## ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

**Примена вишекритеријумског одлучивања у планирању мреже шумских  
путева у шумама посебне намене**

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)

2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)

3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)

5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)

6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.  
Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

**Потпис аутора**

У Београду, 18.01.2019.

1. Ауторство. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прерада. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.