

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Matej Kozamernik

**IZDELAVA MODELNE KARTE OBLIK SPRAVILA
LESA ZA GE BISTRA-BOROVNICA**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2008

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Matej Kozamernik

**IZDELAVA MODELNE KARTE OBLIK SPRAVILA LESA ZA GE
BISTRA-BOROVNICA**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**THE PROCEEDING OF WOOD SKIDDING MODEL MAP FOR GE
BISTRA-BOROVNICA**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2008

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega študija gozdarstva na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Izdelano je bilo na Univerzi v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Janeza Krč, za recenzenta pa prof. dr. Boštjana Košir.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Matej Kozamernik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	GDK 31+35(043.2)=163.6
KG	spravilo lesa/modeli/metoda večkriterialnega ovrednotenja/GE Bistra-Borovnica
KK	
AV	KOZAMERNIK, Matej
SA	KRČ, Janez (mentor)
KZ	1000 Ljubljana, SLO, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2008
IN	IZDELAVA MODELNE KARTE OBLIK SPRAVILA LESA ZA GE BISTRA-BOROVNICA
TD	diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	VIII, 52 str., 13 pregl., 17 sl., 25 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Pri diplomski nalogi smo obravnavali spravilo lesa, ki je fizično zelo zahtevna in najdražja faza pridobivanja lesa. Pri spravilu lesa je zelo pomembno določanje najprimernejše oblike spravila lesa. S tem zmanjšamo stroške pridobivanja lesa ter težavnost dela. Za obliko spravila lesa je pomembno veliko vplivnih dejavnikov, ki so zbrani v gozdarskih računalniških zbirkah podatkov. Razvit je bil model napovedovanja oblik spravila lesa, ki na osnovi vhodnih podatkov določi optimalno obliko spravila lesa, za vsako rastrsko celico. Najpomembnejši del modela je metoda večkriterialnega ovrednotenja, ki določi stopnjo primernosti skupnega učinka vplivnih dejavnikov za posamezne oblike spravila lesa. Z modelom napovedovanja oblik spravila lesa smo izdelali modelno karto oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica. Naredili smo primerjavo med modelno in terensko karto. Na osnovi analiz primerjav smo ugotovili in nakazali možnosti izboljšave modela napovedovanja oblik spravila lesa.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
 DC FDC 31+35(043.2)=163.6
 CX wood skidding/model/multi-criterional evolution method/GE Bistra-Borovnica
 CC
 AU KOZAMERNIK, Matej
 AA KRČ, Janez (mentor)
 PP 1000 Ljubljana, SLO, Večna pot 83
 PB Unoversity in Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
 PY 2008
 TI THE PROCEEDING OF WOOD SKIDDING MODEL MAP FOR GE BISTRA-BOROVNICA
 DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
 NO VIII, 52 p., 13 tab., 17 fig., 25 ref.
 LA sl
 AL sl/en
 AB At graduation thesis we were dealing with wood skidding that is very hard to perform and is the most expensive phase in the process of wood production. Determining of wood skidding forms is the most important part of the process we mentioned before where we reduce the cost of wood production and at the same time difficulties of work as well. The form of wood skidding depends of many influential factors which are collected in forestry computer data bases. Krč has, in the year of 1995, developed a model of wood skidding prediction, which defines the optimal form of wood skidding for every raster cell, based of available data. The significant part of model is multicriteria evaluation method, which defines the adequacy level of the joint impact of influential factor for individual wood skidding forms. With prediction model we made a model of a map wood skidding types for GE Bistra – Borovnica. Furthermore we made comparison between model map and ground map. Based on analyses of comparison we established and showed the possibility of improvement of a model of wood skidding prediction.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI).....	III
Key Words Documentation (KWD).....	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
1 UVOD	1
2 NAMEN IN CILJ DELA	2
3 DOSEDANJE RAZISKAVE	3
3.1 OPIS NEKATERIH RAČUNALNIŠKIH MODELOV NA PODROČJU GOZDARSTVA V SLOVENIJI	4
4 METODE DELA	6
4.1 RAZISKOVALNI OBJEKT	6
4.2 PODATKI IN ORODJA	9
4.2.1 Geografski informacijski sistemi	12
4.3 IZDELAVA MODELNE KARTE SPRAVILA LESA ZA GE BISTRA- BOROVNICA	13
4.3.1 Izbira vplivnih dejavnikov.....	13
4.3.2 Določanje pomembnosti vplivnih dejavnikov za izbiro oblike spravila lesa .	14
4.3.3 Standardizacija datotek vplivnih dejavnikov	16
4.3.3.1 Naklon terena.....	17
4.3.3.2 Oddaljenost od kamionske ceste.....	18
4.3.3.3 Skalovitost in kamnitost	20
4.3.3.4 Trdota podlage.....	22
4.3.3.5 Globina tal	24
4.3.4 Izdelava datotek primernosti in izbira najboljše oblike spravila lesa.....	25
5 REZULTATI	26
5.1 TERENSKA KARTA OBLIK SPRAVILA LESA ZA GE BISTRA - BOROVNICA	26

5.2	MODELNA KARTA OBLIK SPRAVILA LESA ZA GE BISTRA-BOROVNICA	28
5.2.1	Modelna karta oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica z DMR 100 x 100 m.....	29
5.2.2	Modelna karta oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica z DMR 25 x 25 m	30
5.3	PRIMERJAVA KART	31
5.3.1	Terenska karta : Modelna karta DMR 100 x 100 m	32
5.3.2	Terenska karta : Modelna karta DMR 25 x 25 m	38
5.3.3	Modelna karta DMR 100 x 100 m : Modelna karta DMR 25 x 25 m	42
6	ZAKLJUČEK IN SKLEP.....	46
7	VIRI	50

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica št. 1: Površina gozdov po oblikah lastništva (Gozdnogospodarski načrt, 2006)	8
Preglednica št. 2: Razvoj gozdnih fondov gospodarske enote v obdobju 1996-2006	9
Preglednica št. 3: Odprtost gozdov s cestami (gozdnogospodarski načrt, 2006).	9
Preglednica št. 4: Matrika parnih primerjav	15
Preglednica št. 5: Prvi lastni vektor kvadratne matrike	15
Preglednica št. 6: Dodeljevanje standardiziranih vrednosti naklonom terena za vzpostavljane pozitivne korelacije s posameznimi oblikami spravila lesa. (Krč, 1995)	17
Preglednica št. 7: Standardizirane vrednosti datoteke dejavnika trdote podlage po oblikah lesa (Krč, 1995)	24
Preglednica št. 8: Površine in delež terenskih oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica	27
Preglednica št. 9: Površine in delež modelnih oblik (DMR 100 x 100 m) spravila lesa za GE Bistra-Borovnica	30
Preglednica št. 10: Površine in delež modelnih oblik (DMR 25 x 25 m) spravila lesa za GE Bistra-Borovnica	31
Preglednica št. 11: Prekrivanja med terensko in modelno (DMR 100 x 100 m) karto	33
Preglednica št. 12: Prekrivanja med terensko in modelno karto (DMR 25 x 25 m).	39
Preglednica št. 13: Prekrivanja med modelno karto (DMR 25x25 m) in modelno karto (DMR 100x100 m)	43

KAZALO SLIK

	str.
Slika št. 1: GE Bistra - Borovnica	6
Slika št. 2: Diagram poteka postopka napovedovanja oblik spravila lesa (Krč, 1995)	10
Slika št. 3: Potencialna smer spravila lesa glede na lego javnih in gozdnih cest	14
Slika št. 4: Naklon terena v GE Bistra-Borovnica	18
Slika št. 5: Dodeljevanje standardiziranih vrednosti razdaljam do kamionske ceste za vzpostavljane pozitivne korelacije s posameznimi oblikami spravila lesa	19
Slika št. 6: Cestno omrežje v GE Bistra-Borovnica	20
Slika št. 7: Odstotki skalovitosti v GE Bistra-Borovnica	21
Slika št. 8: Odstotki kamnitosti po odsekih v GE Bistra-Borovnica	22
Slika št. 9: Obratno linearna odvisnost med globino tal in vrednostmi v standardizirani datoteki globine tal za posamezne oblike spravila lesa	25
Slika št. 10: Terenska karta oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica	27
Slika št. 11: Modelna karta oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica (DMR 100 x 100)	29
Slika št. 12: Modelna karta oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica (DMR 25 x 25)	30
Slika št. 13: Terenska karta : modelna karta DMR 100 x 100 m	32
Slika št. 14: Terenska karta : modelna karta DMR 25 x 25 m	38
Slika št. 15: Modelna karta DMR 25 x 25 m : modelna karta DMR 100 x 100 m	42
Slika št. 16: Karta z vključenimi novimi oblikami spravila lesa za GE Bistra-Borovnica	48
Slika št. 17: Površinski delež glede na terensko karto z vključenimi novimi oblikami spravila lesa za GE Bistra-Borovnica	48

1 UVOD

Glavni vir dohodka, ki ga dobimo iz gozda, prinaša les. Zaradi tega gozdarske gospodarske družbe in tudi zasebni lastniki gozdov težijo k čim manjšim stroškom, ki nastanejo pri pridobivanju lesa, s tem pa posledično k večjemu zaslužku. Pri pridobivanju lesa sta glavna stroška sečnja in spravilo lesa.

V diplomski nalogi bomo obravnavali spravilo lesa, ki je z organizacijskega vidika zelo zahtevna faza pri spravilu lesa. Težnja vsakega posameznika, vsake organizacije je posodabljanje, izpolnjevanje, krajšati čas in lajšati težavnost dela. Pri spravilu lesa je vedno prisotna želja po čim boljšem ter čim krajšem načrtovanju oblik spravila lesa. S tem namenom je Krč (1995) razvil računalniški model napovedovanja oblik spravila lesa, ki na podlagi vhodnih podatkov, zbranih v obstoječih računalniških gozdarskih zbirkah podatkov, določi modelno optimalno obliko spravila lesa za vsako rastrsko celico. Podatki o pomenu vplivnih vhodnih dejavnikov oz. o omejitvah se nanašajo predvsem na lastnosti delovnih sredstev, ki jih uporabljamo pri posameznih oblikah spravila lesa.

Metoda sloni na računalniškem modelu napovedovanja oblik spravila lesa in je metoda večkriterialnega ovrednotenja, ki določa stopnjo primernosti skupnega učinka vplivnih dejavnikov za posamezne oblike spravila lesa. Model vsebuje nove rešitve in ideje (določanje smeri spravila lesa, izločanje grebenskih točk na osnovi podatkov digitalnega modela reliefa) kot tudi uporablja standardne rešitve (geografski informacijski sistemi - GIS in programski paket IDRISI).

Za računalniški model napovedovanja oblik spravila lesa smo uporabili območje gozdnogospodarske enote Bistra-Borovnica. Območje GE Bistra-Borovnica je razgiban kraški svet na obrobju Ljubljanskega barja z velikostjo 6.170 ha ter s 4.641 ha veliko površino gozda, kar je 75 % celotne površine. Lastniška struktura, ki je s 73 % zasebnega gozda in 27 % državnih gozdov podobna slovenski lastniški strukturi. S tem nas je zanimalo, kako to vpliva na izdelavo modelne karte oblik spravila lesa.

2 NAMEN IN CILJ DELA

Cilj naloge je izdelava terenske karte s primernimi oblikami spravila lesa za GE Bistra-Borovnica, nato pa izdelava računalniške karte oblike spravila lesa za GE Bistra-Borovnica. Na podlagi teh kart smo testirali natančnost modelne karte oblik spravila lesa in s tem uporabnost modela računalniškega napovedovanja oblik spravila lesa.

Delovne hipoteze so naslednje:

- Računalniško podprt model pomaga gozdarju, da hitreje in veliko bolj zanesljivo napove oblike spravila lesa.
- Natančnost karte oblik spravila lesa je odvisna od podrobnosti, natančnosti ter od vrste uporabljenih vhodnih podatkov.
- Večja natančnost karte je v korelaciji s homogenostjo terenskih in sestojnih razmer.

3 DOSEDANJE RAZISKAVE

Modeli so pripomočki, ki iz kompleksne realnosti sestavijo enostavne in lažje vodljive sisteme (Hiller, 1986). Pri modelih ne moremo zahtevati in dosegati popolne enakosti z realnim sistemom, pač pa moramo dobiti bistvene in pomembne sestavne elemente realnih objektov. Model, ki zajema le pomembne podatke, je lahko boljši od zelo podrobnega modela, še posebej če so podrobni modeli enostransko usmerjeni.

Da bomo vedeli, kako naj oblikujemo in katere podatke potrebujemo, da bo model čim bolj uporaben, je Hiller določil štiri pravila, na katerih naj sloni razvoj modela (Hiller, 1986).

Ta pravila so:

- Prvo pravilo: VARČNOST; model naj ne bo nič bolj zapleten, kot je to nujno potrebno. Vključuje naj le manjše število parametrov, katerih vrednosti je mogoče pridobiti iz razpoložljivih podatkov.
- Drugo pravilo: SKROMNOST; naloga modela naj ne bo prezahtevna, ne poskušajmo z modelom pojasniti vsega, kajti popolni modeli ne obstajajo.
- Tretje pravilo: ZANESLJIVOST, ki modelu določa, da mora dajati boljšo informacijo o pojavu, kot jo lahko pridobimo z neposrednim merjenjem karakterističnih vrednosti pojava.
- Četrto pravilo: PREVERLJIVOST oz. poznavanje veljavnosti modela. Zanesljivost in veljavnost modela mora biti vedno znova preverjena, hkrati pa morajo biti poznane meje zaupanja pri določenem tveganju.

Računalniško modeliranje predstavlja v gozdarstvu zelo veliko področje. Računalniške metode so v pomoč pri gozdnogospodarskem, gojitvenem ter sečnospravnem načrtovanju. To področje je zelo obsežno, zato se bomo osredotočili le na področje rabe računalniške tehnologije pri sečnospravnem načrtovanju v Sloveniji.

3.1 OPIS NEKATERIH RAČUNALNIŠKIH MODELOV NA PODROČJU GOZDARSTVA V SLOVENIJI

V Sloveniji se je na področju računalništva v gozdarstvu najprej začel ukvarjati Mikulič, ki je leta 1975 v svoji seminarski nalogi z naslovom Načrtovanje gozdne proizvodnje s pomočjo računalnika opisal postopek uporabe programov, ki služi za pomoč pri pripravi gozdne proizvodnje. Mikulič je naredil računalniški program na računalniku Cyber-72. S tem programom se je obdelovalo podatke, ki jih je revirni gozdar zbiral pri odkazilu lesa. Rezultat je predstavljal izračun modelnega trajanja, optimalne razporeditve, izkoristke in izračun povprečne kapacitete po fazah proizvodnega procesa.

Do leta 1989 je pri računalniških programih prevladovala vloga skladiščenja, analize in obdelave podatkov. Vendar se je to začelo spreminjati (Košir in Ledoux, 1989), saj je računalniška tehnologija pripomogla pri izbiri optimalne poti za doseganja zastavljenih ciljev.

Eden od računalniških modelov, ki izvirajo iz začetnega obdobja, je računalniški program za razmejitev terenov za traktorsko in žičnično obliko spravila lesa (Košir, 1992). Metoda, ki jo uporablja ta model, izračuna skupne stroške spravila lesa ob upoštevanju glavnih vplivnih dejavnikov traktorskega in žičnega spravila. Za različne delovne pogoje pri spravilu lesa se simulirajo vrednosti vplivnih dejavnikov, ki zagotavljajo statistično osnovo za oblikovanje enačb stroškov spravila lesa.

Krč (1992) je izdelal model, ki izračuna katastrski dohodek in gozdno takso. Kot osnovo je uporabil podatke o sestoji, terenskih pogojih in niz dodatnih tehnoloških podatkov. Za vir podatkov je uporabil obstoječo računalniško zbirko podatkov popisa gozdov (Mikulič, 1990).

Pri optimiranju gozdne proizvodnje se velikokrat uporabljajo kvantitativne matematične metode. Primer je optimalna izbira delovišč glede na obliko spravila lesa (Krč, 1994), v tem primeru je oblikovan model tako, da uporablja celoštevilčno ciljno programiranje ter

postopno iskanje najboljših rešitev po rekuzivnem postopku. Optimirana prostorska in časovna razporeditev strojev za spravilo lesa je rezultat tega modela.

Primer rabe gozdarskih zbirk podatkov in geografskih informacijskih sistemov za potrebe načrtovanja spravila lesa je 'Model napovedovanja oblik spravila lesa' (Krč, 1995). Temu pa je sledilo več različnih možnosti uporabe računalniških modelov.

V sodelovanju s Koširjem je Krč opisal možnosti računalniškega napovedovanja razvoja sestojev k rastiščno optimalnim strukturam (Košir in Krč, 1998). S tem modelom je možna analiza vhodnih podatkov in primerjava stanja lesnih zalog po drevesnih vrstah in debelinskih strukturah z modelno optimalnim stanjem, ki ga določamo na osnovi rastišč in rastiščnih sposobnosti posameznih drevesnih vrst.

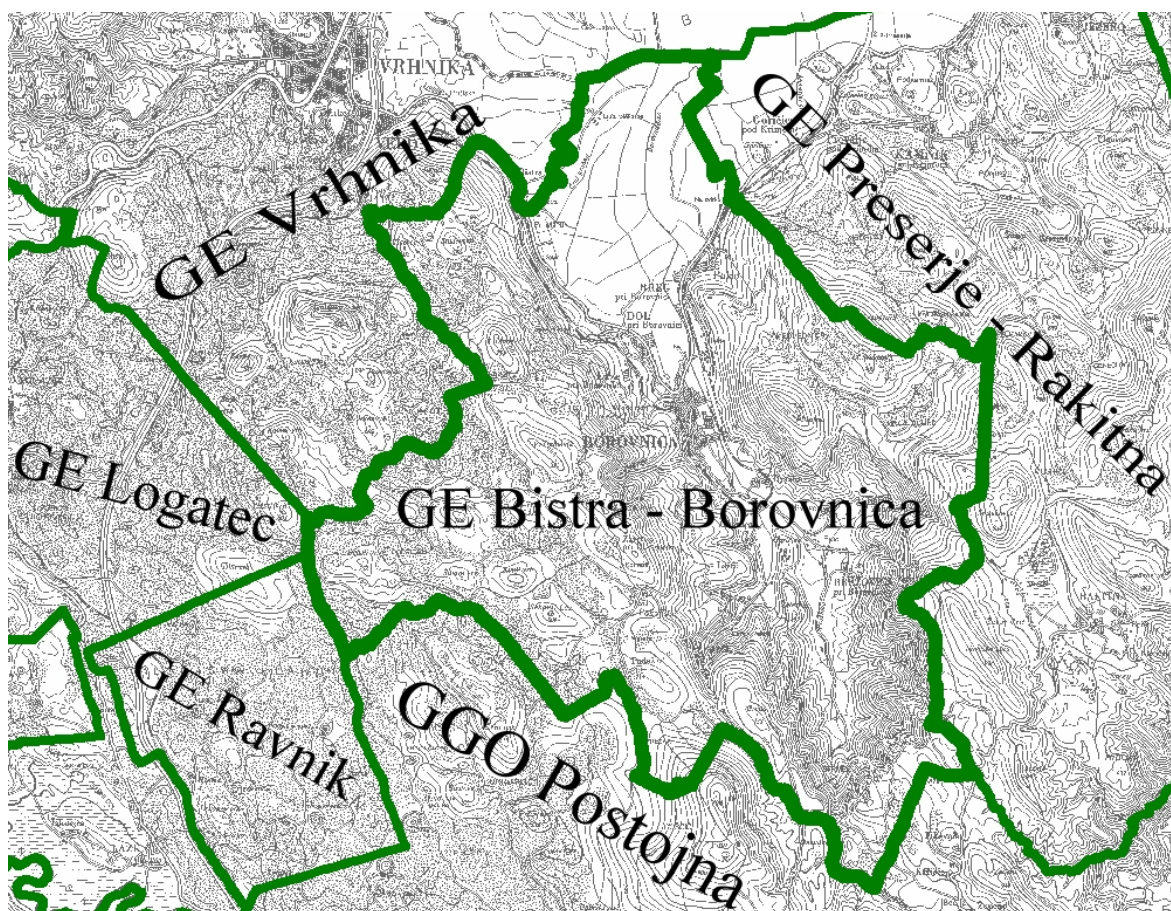
Za potrebe presoje in odločanja o načrtu gospodarskih ukrepov z gozdom je bila narejena računalniška simulacija (Krč, 1999), ki je bila namenjena oceni uspešnosti različnih gospodarskih ukrepov v ekološkem in ekonomskem pogledu, z metodo večkriterialnega dinamičnega vrednotenja vplivnih dejavnikov. Istega leta je Krč (Krč, 1999a) opisal modelni izračun vpliva gozdne ceste na vrednost gozdne takse. Narejen je bil tudi model, s katerim po metodi večkriterialnega vrednotenja ocenjujemo nujnost negovalnih del v mlajših razvojnih fazah gozda (Krč in Diaci, 2001).

Sledi obdobje uvajanja strojne sečnje. Zaradi želje po strojnem načinu dela v gozdu je bil narejen model, (Krč in Košir, 2004) v katerem se obravnava problematika uvajanja tehnologij sečnje in izdelave lesa v Slovenijo. Obravnavane so predvsem dileme in problemi priprave dela za strojno sečnjo.

4 METODE DELA

4.1 RAZISKOVALNI OBJEKT

Gozdnogospodarska enota (GE) Bistra - Borovnica leži na južnem delu Gozdnogospodarskega območja Ljubljana (GGO) oziroma na jugozahodnem delu Ljubljanskega barja, kjer se začenjajo skrajni severozahodni obronki visokokraškega Dinarskega pogorja. Severni del GE se še zajeda v Ljubljansko barje. GE meji na severozahodu na GE Vrhnika, na V na GE Preserje - Rakitna, na zahodu na GE Ravnik in deloma GE Logatec, na jugu pa na gozdnogospodarsko območje Postojna.



Slika št. 1: GE Bistra - Borovnica

V upravnem smislu sodi prostor GE v pretežni meri v pristojnost upravne enote Vrhnika. Na manjšem delu GE je upravno pristojna tudi upravna enota Cerknica. Od lokalnih

skupnosti se na prostoru GE nahajajo občine Borovnica, Cerknica in Vrhnika. Meje med obema občinama ne potekajo po mejah katastrskih občin niti po mejah oddelkov ali odsekov. GE leži v štirih katastrskih občinah, in sicer v celoti v k. o. Breg, k. o. Borovnica in k. o. Zabočevo ter deloma v k. o. Verd, ki sodi tudi v GE Vrhnika.

Geomorfološko deli Borovniščica oziroma Borovniška kotlina, ki se nadaljuje v Ljubljansko barje, GE na vzhodni in zahodni del. Oba bregova nad Borovniško kotlino sta precej strma, skalovita, pretežno na dolomitni podlagi ter preprežena z vzdolžnimi jarki, ki se stekajo v dolino Borovniščice. Desni bregovi Borovniščice se nekoliko manj strmo vzpenjajo proti večjim vrhovom, kot so Krimček (941 m), Smrekovec (959 m), Srebotnik (786 m), levi breg pa se hitro dvigne na plato Pokojiške planote (med 700 in 800 m), ki je blago valovit, vrtačast in že povsem kraški. Plato Pokojiške planote se proti zahodu rahlo spušča z večjimi vzpetinami, kot so Kunji vrh (822 m), V. Trebelnik (815 m) in Kamni vrh (809 m). SV od Pokojiške planote pa se gozdovi GE s kompleksom Bistra zopet spustijo proti Ljubljanskemu barju. Najvišjo nadmorsko višino doseže gozd v obravnavani GE nad izvirom Šumnika, dobrih 920 m (pod Krimčkom) navzdol pa je omejen z nivojem Ljubljanskega barja (290 m) (gozdnogospodarski načrt, 2006).

Podnebje na območju GE Bistra - Borovnica spada v interferenčen podnebni tip, kjer se križajo vplivi atlantske in mediteranske klime, medtem ko je vpliv celinskega podnebja neznaten. Pomemben vpliv na podnebje ima nadmorska višina. Povprečna letna temperatura nižjih predelov je 10 °C, višjih pa 8 °C. Poletja so sorazmerno sveža, včasih topla, povprečna temperatura najtoplejšega meseca je 19 °C. Zime so sorazmerno mile, včasih hladne, povprečna temperatura najhladnejšega meseca je -2 °C.

Padavin je relativno veliko (1500–1800 mm), v nižjih predelih nekoliko manj kot v višjih. Vegetacijska doba traja od 160 do 180 dni, nekako od srede aprila ali začetka maja pa do srede ali konca oktobra. Podatki o podnebnih značilnostih so povzeti iz Geografskega atlasa Slovenije (DZS, 1998 cit. po gozdnogospodarski načrt, 2006) in so rezultat meritev iz obdobja 1961–1990.

Hidrološke razmere v večjem delu GE so tipično visokokraške. V predelih, kjer geološko podlago tvori apnenec, je površinskih voda malo oziroma jih ni. V strmih pobočjih nad Borovnico je prevladujoča geološka podlaga dolomit. Zato je tu več površinskih vodotokov. Značaj teh vodotokov je pretežno hudourniški. Tik ob robu Ljubljanskega barja se nahaja veliko večjih ali manjših izvirov (gozdnogospodarski načrt, 2006).

Gozdovi obravnavane GE ležijo na skrajnem severnem obrobju Dinarskega gorstva. Pobočja, ki se stekajo v Borovniško kotlino, so pretežno na triadni dolomitni podlagi, ostali del enote pa predstavljajo jurski apnenci. Na dolomitni matični podlagi blažjih nagibov prevladujejo plitva do srednje globoka izprana pokarbovatna in podzoljena tla. Na strmejših dolomitnih pobočjih, kjer ima gozd predvsem varovalno vlogo, pa matično podlago prekrivajo plitve do srednje globoke rendzine. Na apnencih najdemo rjava pokarbovatna tla. Globoka do zelo globoka rjava pokarbovatna tla so na zmernih nagibih in v spodnjih delih pobočij, kjer je razvita dinarska gozdna združba jelke in bukve s srobotom. Na zmerno strmih legah z veliko skalovitostjo so žepasta, močno humozna rjava pokarbovatna tla, ki jih porašča dinarska gozdna združba jelke in bukve s peterolistno mlajo. Na platojih, v višjih nadmorskih višinah, so globoka, izprana rjava pokarbovatna tla, kjer uspeva dinarska gozdna združba jelke in bukve s pomladansko torilnico (gozdnogospodarski načrt, 2006).

Skupna površina GE Bistra - Borovnica meri 6.170 ha. Gozdni prostor se razprostira na površini 4.852 ha. Zajema gozd in negozdna zemljišča, ki so funkcionalno povezana z gozdom in skupaj z njim zagotavljajo uresničevanje varstvenih funkcij gozdov. Gozdnatost v GE je 75 %. Gozdovi zavzemajo površino 4.641 ha.

Preglednica št. 1: Površina gozdov po oblikah lastništva (Gozdnogospodarski načrt, 2006)

	Zasebni gozdovi	Državni gozdovi	Občinski gozdovi	G. dr. prav. oseb	Skupaj
Površina gozda (ha)	3.398,8	1.227,8	10,9	3,2	4.640,7
Delež (%)	73,24	26,46	0,24	0,07	100

V GE prevladujejo zasebni gozdovi 73 %, državnih gozdov je 26 %. Z njimi upravljata Sklad kmetijskih zemljišč in gozdov (SKZG) in Ministrstvo za obrambo. Občinskih gozdov in gozdov drugih pravnih oseb je manj kot 1 %.

Preglednica št. 2: Razvoj gozdnih fondov gospodarske enote v obdobju 1996-2006

Leto	Površina ha	Lesna zaloga			Prirastek			Letni realiziran posek*		
		m ³ /ha			m ³ /ha			m ³ /ha		
		Iglavci	Listavci	Skupaj	Iglavci	Listavci	Skupaj	Iglavci	Listavci	Skupaj
1996	4.504,72	148,3	91,2	239,6	2,4	2,5	5	2,3	0,6	3
2006	4.640,69	165,2	116,8	282	3,2	2,6	5,8	2,6	1,5	4,1

*Opomba: V obdobju 2006 je naveden načrtovani oz. možni posek (in ne realiziran posek)

Drevesna sestava v GE Bistra - Borovnica je sestavljena iz naslednjih drevesnih vrst. Največ je jelke in sicer 29,4 % (od vseh drevesnih vrst), sledi smreka 28,1 %, nato bukev 26,7 %, drugih drevesnih vrst je bistveno manj, in sicer hrast 2,6 %, bor 1,1 %, plemeniti listavci 8 % ter drugi trdi listavci 4,7 %.

Povprečna pravilna razdalja je odvisna predvsem od odprtosti gozdov s cestami. Stopnjo odprtosti gozdov s cestami izražamo z njihovo gostoto. V GE znaša gostota cest 18,6 m/ha. Od tega odpade na gozdne ceste 79 %, ostalo na javne ceste. Ceste so utrjene in usposobljene za prevoz lesa s težjo kamionsko kompozicijo (gozdnogospodarski načrt, 2006).

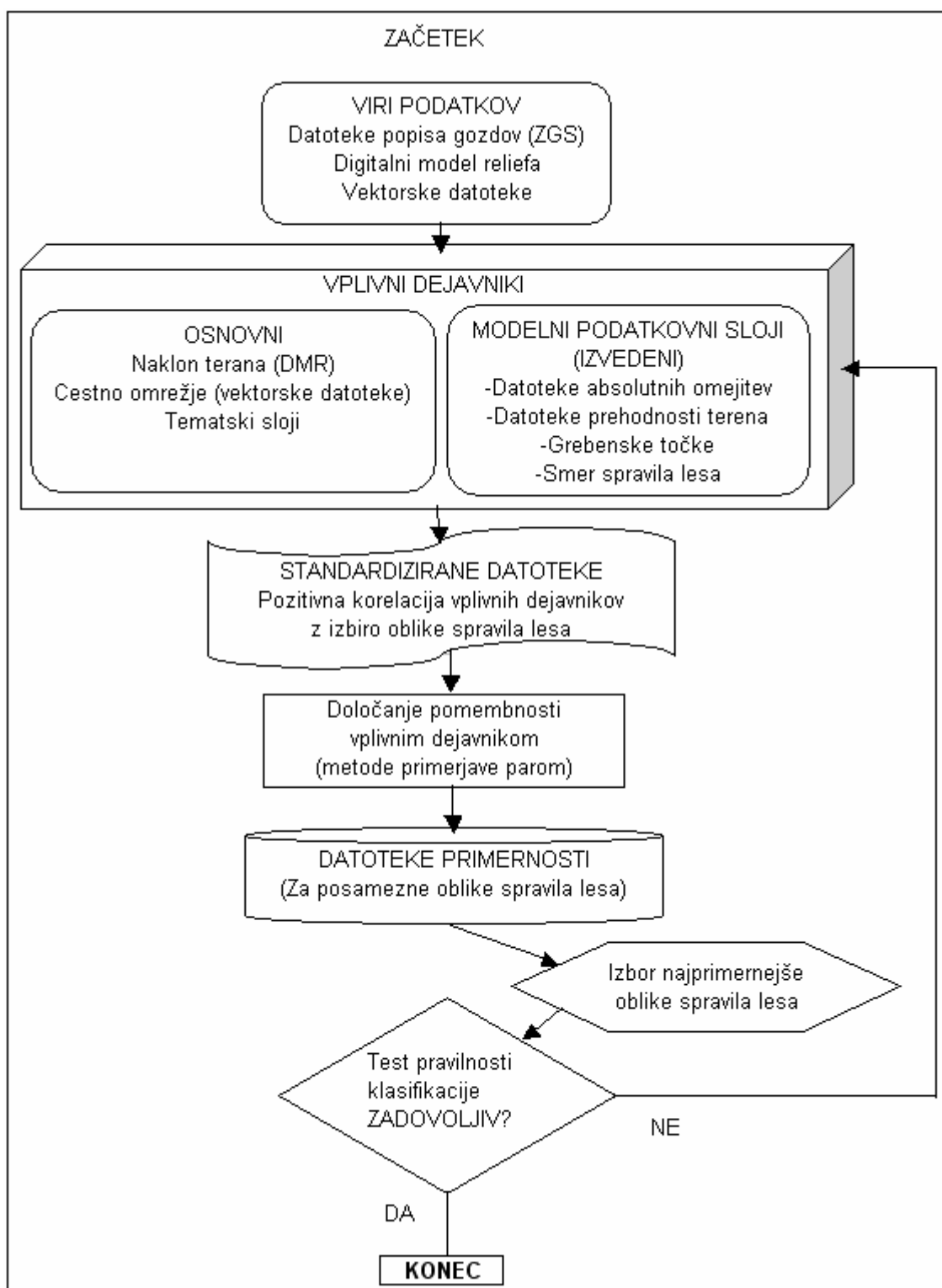
Preglednica št. 3: Odprtost gozdov s cestami (gozdnogospodarski načrt, 2006).

Vrste cest	Dolžina cest (km)	Gostota (m/ha)
Gozdne ceste	69,47	14,65
Javne ceste	18,42	3,97
Skupaj	87,89	18,62

4.2 PODATKI IN ORODJA

Model napovedovanja oblik spravila lesa (Krč, 1995) je narejen tako, da sta natančnost in zanesljivost odvisni predvsem od pravilnosti izbire vhodnih podatkov. Podatki so zbrani v računalniških gozdarskih zbirkah podatkov ter nekateri podatki tudi v gozdnogospodarskem načrtu. Na podlagi tega model določi modelno optimalno obliko spravila lesa za vsako rastrsko celico (1/16 ha), po metodi večkriterialnega vrednotenja.

Zaporedje postopkov metode prikazuje slika št. 2.



Slika št. 2: Diagram poteka postopka napovedovanja oblik spravila lesa (Krč, 1995)

Vplivni dejavniki so pri tem modelu tisti, ki imajo velik vpliv na izbiro oblike spravila lesa. Omejitve pa se nanašajo predvsem na lastnosti delovnih sredstev, ki jih uporabljamo pri posameznih oblikah spravila lesa.

Vplivni dejavniki, ki smo jih uporabljali pri našem modelu, so:

- naklon terena,
- razdalja do kamionske ceste,
- smer spravila,
- kamnitost,
- skalnatost,
- trdota podlage,
- globina tal.

Viri podatkov so naslednji:

- digitalni model reliefa,
- popis gozdov,
- digitalizirano omrežje gozdnih in javnih cest v gozdu.

Digitalni model reliefa (DMR) označuje niz naključno ali pravilno razporejenih, digitalno shranjenih točk, ki imajo določene vse tri prostorske koordinate (Fras in Rihtaršič, 1994). Digitalni model reliefa je vir podatkov o reliefu in še posebej o naklonu terana. Iz teh podatkov smo modelno pridobili podatke o legi grebenov oz. razmejitvi gravitacijskih enot ter podatke o povprečnih naklonih za vsako rastrsko celico, velikosti 1/16 ha.

Z datotekami popisa gozdov in digitaliziranim omrežjem cest (gozdnih in javnih) razpolaga Zavod za gozdove Slovenije. Datoteke vsebujejo podatke o stanju in razvoju gozdov v gospodarskih enotah. Datoteke so narejene z namenom zbiranja podatkov o gozdovih za potrebe izdelovanja gozdnogospodarskih načrtov (GGN) za gozdnogospodarske enote (GE). Podatki so na voljo za posamezne odseke gospodarske enote.

Za pridobitev podatkov o vplivnih dejavnikih je bilo potrebno poznavanje nekaterih postopkov in algoritmov, ki so potrebni za prevajanje in modelno vrednotenje podatkov iz obstoječih računalniških zbirk podatkov. Podatke smo večinoma analizirali z orodji in tehnikami geografskih informacijskih sistemov (GIS, poglavje 3.2.1). Večina obdelav je bila opravljenih z GIS programskim paketom IDRISI (Eastman, 1993), ki ima velike možnosti obdelave rastrskih datotek (Krč, 1995).

4.2.1 Geografski informacijski sistemi

Geografski informacijski sistemi (GIS) so računalniško podprti informacijski sistemi. So orodja za hitro obdelavo velike količine raznovrstnih, prostorsko opredeljenih podatkov. Omogočajo sprotno, selektivno in hitro pridobivanje, obdelavo ter posredovanje geokodiranih informacij kot podlage za pametno gospodarjenje z naravnimi viri in prostorom. Informacije so prostorsko določljive in večplastno združljive. Zasnova sistema zagotavlja združljivost s tujimi bazami podatkov (Hočevar, 1992).

GIS sestavljajo: strojna oprema, programska oprema, podatki in uporabnik.

GIS združuje lastnosti sistemov za upravljanje s podatkovnimi zbirkami s sistemi za računalniško grafiko in kartografijo.

GIS mora obvezno zagotoviti naslednje module za (Minić, 2002):

- vnos podatkov (podatki imajo določeno prostorsko komponento). Sistem obsega pripravo, organizacijo ter snemanje podatkov. Vhodni podatki so različni, lahko so grafični (karte terenov) ali alfanumerični (tekstovni), ki jih prevedemo v digitalno obliko, s tem pa omogočimo nadaljnje delo. Podatki morajo biti objektivni, ponovljivi, znana mora biti ocena točnosti, saj je sistem odvisen od natančnosti vhodnih podatkov,
- shranjevanje in iskanje podatkov,
- analiziranje podatkov (zbiranje, pretvorbe, združevanje, ustvarjanje novih podatkov, statistične obdelave, vrednotenje in modeliranje),
- prikazovanje podatkov, to so informacije, pridobljene pri modeliranju in obdelavi (tematske karte, tabele, grafikoni).

Za GIS predstavljajo karte, ki so lahko topografske ali tematske, pomemben vir, saj v oblikah kart prikažemo tudi končni izdelek analize in obdelave podatkov.

4.3 IZDELAVA MODELNE KARTE SPRAVILA LESA ZA GE BISTRA-BOROVNICA

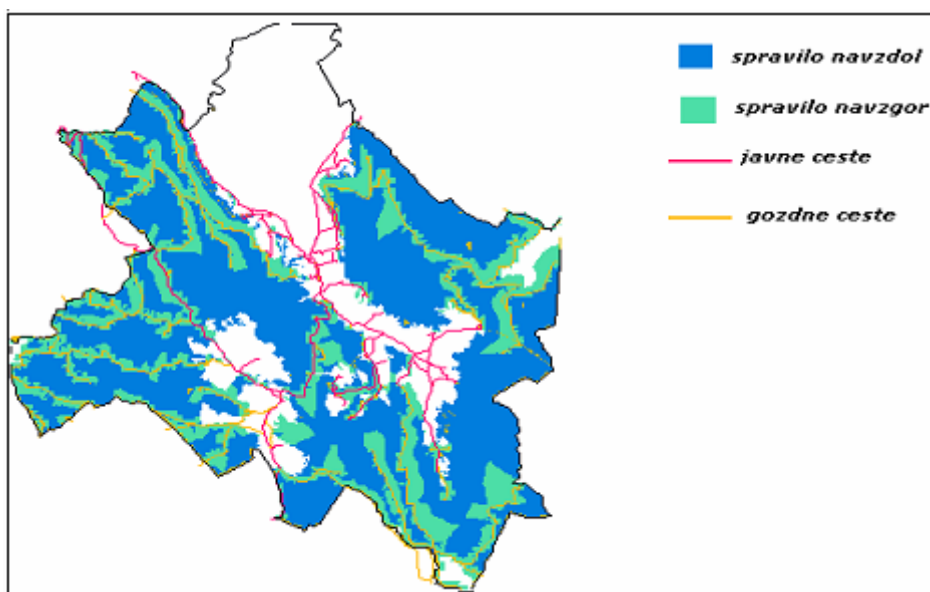
4.3.1 Izbira vplivnih dejavnikov

Izbira vplivnih dejavnikov je odvisna od lokalnih specifičnih razmer, ki vplivajo na tehnološke razmere v enoti. Iz vplivnih dejavnikov, ki jih imamo na voljo, moramo izbrati tiste dejavnike, ki vplivajo na izbiro oblike spravila lesa za preučevano območje.

Glede na značilnosti gozdnogospodarske enote Bistra-Borovnica smo izbrali tiste merljive vplivne podatke, ki so na voljo ter predvsem tiste, ki postavljajo določene omejitve pri izbiri oblik spravila lesa. Odločili smo se za:

- naklon terena,
- razdaljo do kamionske ceste,
- kamnitost,
- skalnatost,
- trdota podlage,
- globina tal,
- smer spravila.

Dejavnik smer spravila lesa smo spremenili v absolutni dejavnik, ki ima popolne omejitve (slika št. 3). Krč (1995) je izdelal postopek, ki na osnovi digitalnega modela reliefa in digitaliziranega omrežja gozdnih prometnic v GE določi smer spravila lesa v odvisnosti od lege gozdne prometnice v terenu oz. na pobočju.



Slika št. 3: Potencialna smer spravila lesa glede na lego javnih in gozdnih cest

4.3.2 Določanje pomembnosti vplivnih dejavnikov za izbiro oblike spravila lesa

Za določanje pomembnosti posameznih vplivnih dejavnikov smo uporabili metodo primerjave parov, ki poda vrednost posameznih vplivnih dejavnikov. Metodo je razvil Saaty (1977, cit. po Krč, 1995). Ta metoda je na področju procesa sprejemanja odločitev znana kot analitični hierarhični proces (Analytical Hierarchy Process - AHP).

Ta proces vsebuje postopek dodeljevanja uteži vplivnim dejavnikom, ki so enake prvemu lastnemu vektorju kvadratne recipročne matrike parnih primerjav med vplivnimi dejavniki. Seštevek prvega lastnega vektorja je enak ena.

Vrednost kvadratne recipročne matrike dobimo tako, da označimo z imeni vplivnih dejavnikov vrstice in stolpce kvadratne matrike ($n \times n$), n predstavlja število vplivnih dejavnikov. Vplivne dejavnike med seboj parno primerjamo in določimo relativni pomen prvega vplivnega dejavnika (vrstica) glede na drugi vplivni dejavnik (stolpec), v pogledu pomembnosti za določanje primernosti cilja. Za določanje relativne pomembnosti parne primerjave imamo devet - stopenjsko lestvico.

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Ekstremno	Zelo močno	Močno	Zmerno	Enako	Zmerno	Močno	Zelo močno	Ekstremno

MANJ POMEMBNO

BOLJ POMEMBNO

Vrednost primerjav med vplivnimi dejavniki vpisujemo v matriko in tako zapolnimo le polovico matrike pod diagonalo, saj je druga polovica matrike zrcalno enaka prvi polovici.

Preglednica št. 4: Matrika parnih primerjav

DEJAVNIKI	Naklon	Razdalja do KC*	Kamnitost	Skalnatost	Trdota podlage	Globina tal
Naklon	1					
Razdalja do KC*	3	1				
Kamnitost	7	5	1			
Skalnatost	3	3	1/5	1		
Trdota podlage	5	7	1/3	3	1	
Globina tal	8	7	3	5	5	1

* kamionska cesta

Z metodo izračuna prvega lastnega vektorja za kvadratno recipročno matriko smo dobili niz uteži, ki smo ga uporabili za določanje pomena oz. velikost vpliva posameznih dejavnikov.

S pomočjo idrisijevega modula WEIGHT smo izračunali prvi lastni vektor za izpolnjeno matriko parov. Relativne vrednosti pomena vplivnih dejavnikov, ki smo jih analizirali glede vplivnosti, so prikazane v spodnji preglednici št. 5.

Preglednica št. 5: Prvi lastni vektor kvadratne matrike

DEJAVNIKI	Naklon	Razdalja do KC*	Kamnitost	Skalnatost	Trdota podlage	Globina tal
Utež	0,4077	0,2854	0,0461	0,152	0,0811	0,0277

* kamionska cesta

4.3.3 Standardizacija datotek vplivnih dejavnikov

Ko določimo vrednost posameznih vhodnih podatkov, pripravimo vhodne podatke, temu postopku pa sledi standardizacija datotek vplivnih dejavnikov. Vrednosti vključenih vplivnih dejavnikov v model so pridobljene z izmero ali pa so lahko tudi ocenjene. Vplivne dejavnike merimo na intervalih, ki so specifične za vsak posamezni vplivni dejavnik. Zato je potrebno končne podatke preoblikovati, da so med seboj primerljivi, to pa naredimo tako, da jih spravimo na skupni standardiziran interval z enotno zalogo vrednosti, na primer na lestvico od 0 do 20 (Krč, 1995).

Standardizacija vrednosti vplivnih dejavnikov je proces, pri katerem vzpostavimo pozitivno korelacijo med vrednostmi vplivnih dejavnikov in primernostjo za posamezno odločitev. To pomeni, da imajo ugodnejše vrednosti vplivnih dejavnikov za posamezno odločitev tudi višje standardizirane vrednosti.

Programski paket IDRISI ima model, ki zalogo vrednosti v rastrskih datotekah linearno priredi v določene meje. Podatke transformira za uporabo naslednje formule:

$$X_i = \frac{(R_i - R_{\min})}{(R_{\max} - R_{\min})} * X_{\max}$$

X_i = standardizirane vrednosti

R_i = osnovna vrednost

$R_{\min}$ = spodnja meja intervala osnovnih vrednosti

$R_{\max}$ = zgornja meja intervala osnovnih vrednosti

$X_{\max}$ = zgornja meja standardiziranega intervala (v našem primeru 20)

Postopek določanja korelacije vplivnih dejavnikov s posameznimi primernostmi za variante odločitve je v večji meri subjektiven, vendar hkrati kot celota omogoča ponovljivost rezultatov standardizacije in postopka po metodi večkriterialnega ovrednotenja (Krč, 1995).

4.3.3.1 Naklon terena

Najpomembnejši vplivni dejavnik pri določanju optimalnih razmer je naklon terena. Z metodo parnih primerjav smo mu dodelili utež 0,41, kar pomeni, da pri posamezni odločitvi za izbiro oblike spravila lesa 41 % vpliva vrednost naklona terena.

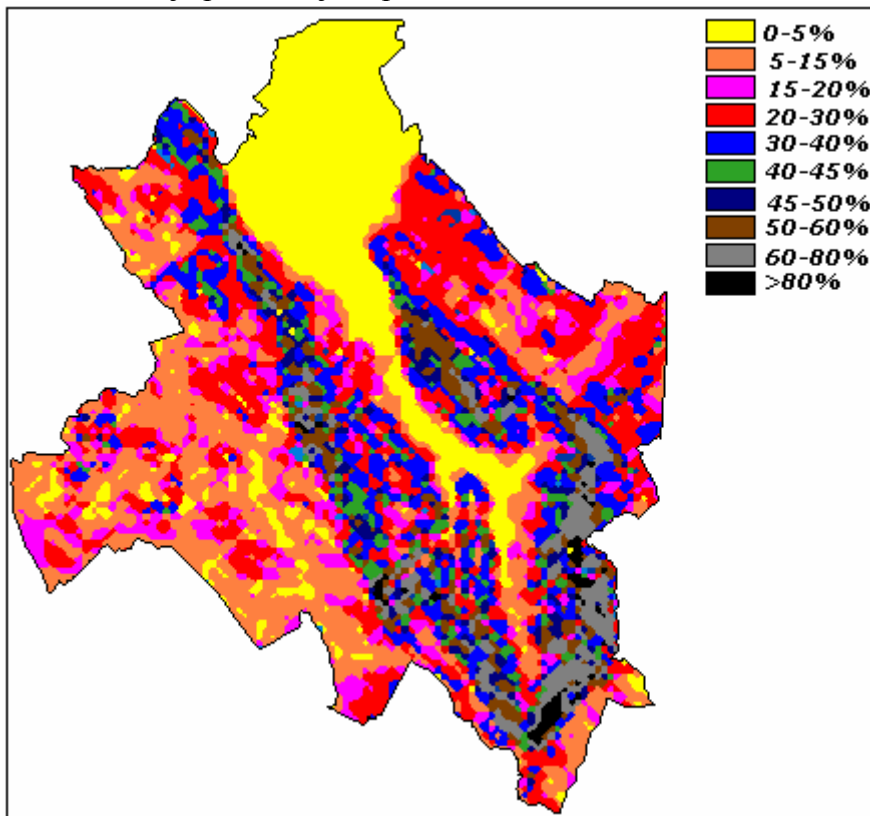
Delovna območja za traktorsko spravilo so navzgor 15 % naklona terena, navzdol pa 50 % naklona terena. Nakloni, ki so bolj strmi in bolj zahtevni, so bolj primerni za žičnično spravilo.

Glede na uporabo pozitivne korelacije med vrednostmi dejavnika naklona terena in primernostjo za določene oblike spravila lesa smo izdelali standardizirane rastrske datoteke, ki imajo zalogo vrednosti na intervalu od 0 do 20. Dodeljevanje standardiziranih vrednosti posameznim oblikam spravila lesa prikazuje preglednica št. 6 (Krč, 1995).

Preglednica št. 6: Dodeljevanje standardiziranih vrednosti naklonom terena za vzpostavljanje pozitivne korelacije s posameznimi oblikami spravila lesa. (Krč, 1995)

Oblika spravila lesa	NAKLON TERENA									
	0-5 %	5-15 %	15-20 %	20-30 %	30-40 %	40-45 %	45-50 %	50-60 %	60-80 %	>80 %
Traktor navzgor	20	15	0	0	0	0	0	0	0	0
Traktor navzdol	15	15	15	20	10	5	0	0	0	0
Žičnično navzgor	0	0	5	15	15	15	15	20	15	0
Žičnično navzdol	0	10	10	15	20	15	15	10	5	0
Ročno	0	0	0	0	5	10	10	15	20	20

Na sliki št. 4 je predstavljena površina GE Bistra-Borovnica z naklonom terena.



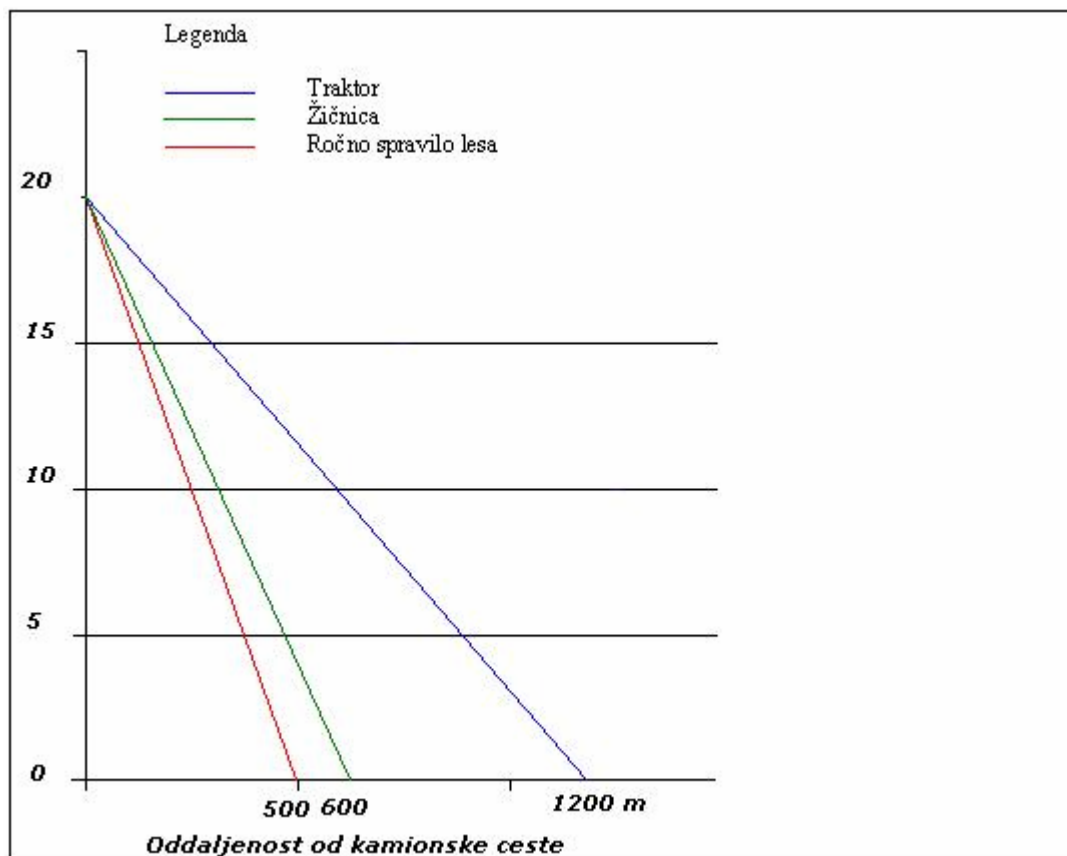
Slika št. 4: Naklon terena v GE Bistra-Borovnica

4.3.3.2 Oddaljenost od kamionske ceste

Drugi najpomembnejši vplivni dejavnik za določanje spravila lesa je oddaljenost od kamionske ceste. Z metodo parnih primerjav je oddaljenost od kamionske ceste dobila utež 0,29, kar predstavlja pri odločitvi 29 % teže. Oddaljenost od kamionske ceste predstavlja teoretično najkrajšo razdaljo od sredine rastrske celice do najbližje kamionske ceste.

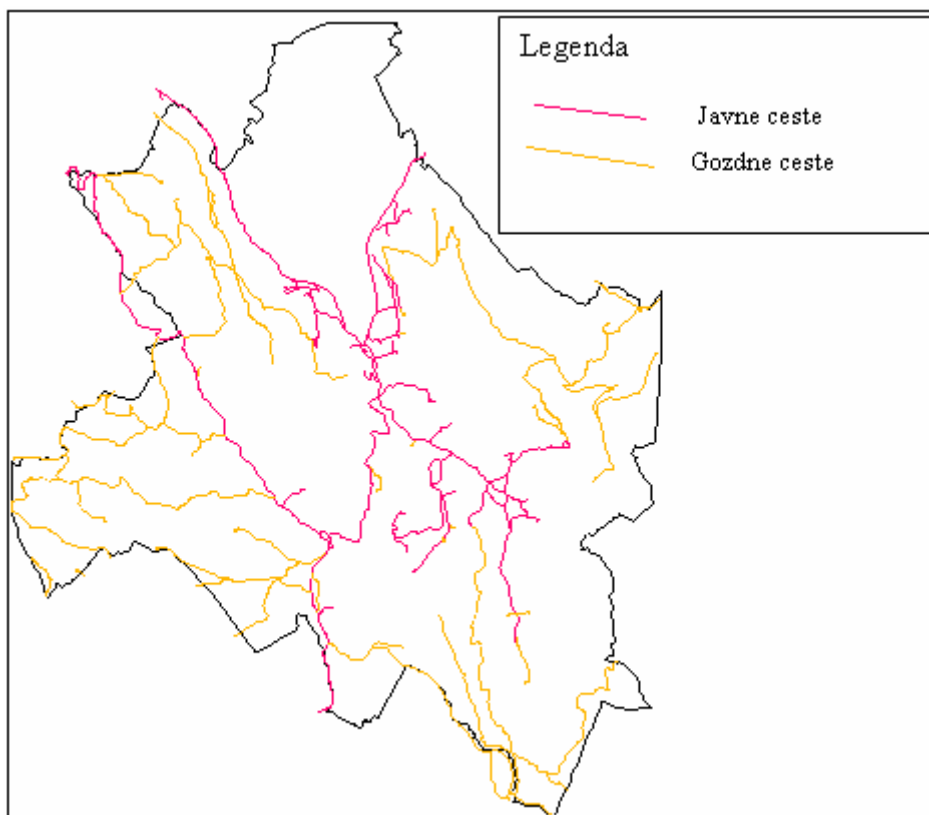
Podatke o najkrajši razdalji med točko rastra in najbližjo kamionsko cesto pridobimo z uporabo modula DISTANCE, ki ga vsebuje programski paket IDRISI. Na podlagi vhodne datoteke niza ciljnih elementov naredi izhodno rastrsko datoteko, kjer je vrednost v vsaki točki rastra enaka evklidski razdalji od te točke do najbližje točke, ki označuje ciljni element, pri nas to pomeni kamionsko cesto (Krč, 1995). Tukaj gre za teoretično najkrajšo pravilno razdaljo. Dejanska razdalja je skoraj vedno daljša.

Za določitev pozitivne korelacije med dejavnikom oddaljenosti od kamionske ceste in primernostjo za posamezne oblike spravila lesa smo uporabili poenostavljeno povezavo v obliki obratno sorazmerne linearne odvisnosti. Na podlagi tega smo ugotovili, da za vse oblike spravila lesa primernost z oddaljenostjo od kamionske ceste hitro in enakomerno pada. Razlike so torej v dosegu, ki je primernejši za posamezno obliko spravila lesa, kar je predstavljeno v sliki št.5.



Slika št. 5: Dodeljevanje standardiziranih vrednosti razdaljam do kamionske ceste za vzpostavljanje pozitivne korelacije s posameznimi oblikami spravila lesa

Na spodnji sliki (št. 6) je prikazan sistem cestnega omrežja v GE Bistra - Borovnica.



Slika št. 6: Cestno omrežje v GE Bistra-Borovnica

4.3.3.3 Skalovitost in kamnitost

Tretji po pomembnosti med vhodnimi dejavniki za določanje spravila lesa je skalovitost. Z metodo parnih primerjav je skalovitost dobila utež 0,15, kar predstavlja pri odločitvi 15 % teže.

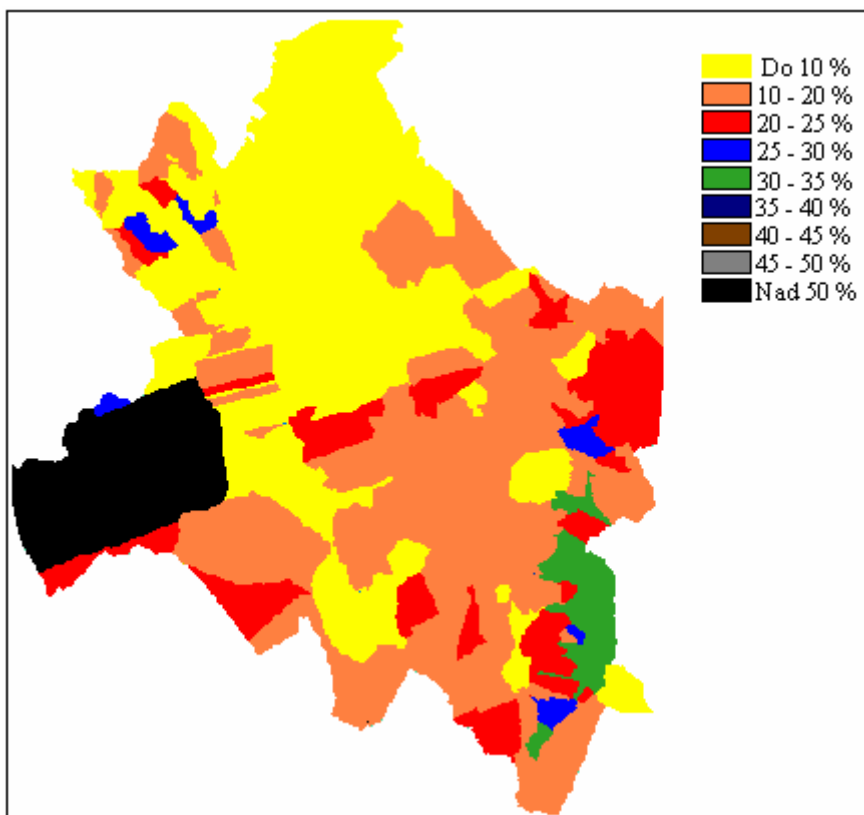
Kamnitost pa je med vhodnimi podatki manj pomembna, saj predstavlja le 5 % teže pri odločitvi spravila lesa.

Gladkost terena, ki vpliva na spravilo lesa, je določena z velikostjo in številčnostjo ovir. Ovire so elementi, ki se pojavljajo na poti spravila lesa in vplivajo na silo in energijo, ki je potrebna za spravilo lesa od panja do kamionske ceste. Loeffler, (1985, cit. po Krč, 1995) v klasifikaciji terena upošteva le tiste depresije, ki so globoke vsaj 0,2 m in imajo premer

manjši od šestkratne globine depresije. V nasprotni smeri depresijam predstavljajo ovire pri spravilu lesa kamni in skale, ki štrlijo iz tal, njihova višina pa predstavlja 0,1 m.

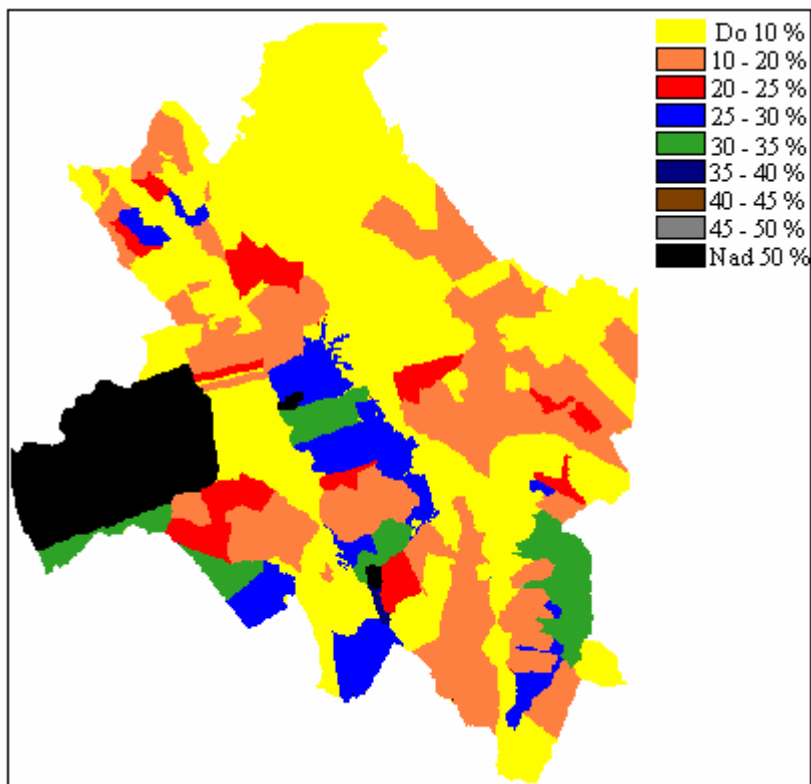
Pri zajemanju podatkov o skalovitosti in kamnitosti je potrebno upoštevati enotna merila, ki omogočajo primerljivost rezultatov in objektivno delo popisovalcev. Tako ne upoštevamo skale, katere središče je oddaljeno od središča sosednje večje skale za manj kot znaša višina večje skale, drug primer pa je, da ne upoštevamo ovir, ki so manjše kot $\frac{1}{4}$ sosednje ovire, ter ovir, katerih središče je od sosednje večje ovire oddaljeno manj kot dvakratnik višine manjše ovire (Loeffler, 1984, cit. po Krč, 1995).

Za modelni izračun smo uporabili podatek o skalovitosti in kamnitosti iz gozdnogospodarskega načrta (GGN) Bistra-Borovnica 2006–2016. Podatki so navedeni v odstotku površinske skalovitosti in kamnitosti v popisanih odsekih. Vsaka rastrska točka ima vrednost določeno z odstotkom skalovitosti v odseku, kateremu točka pripada. Prostorski prikaz skalovitosti po odsekih za GE Bistra-Borovnica je na sliki št. 7.



Slika št. 7: Odstotki skalovitosti v GE Bistra-Borovnica

Prostorski prikaz kamnitosti po odsekih za GE Bistra-Borovnica je na sliki št. 8.



Slika št. 8: Odstotki kamnitosti po odsekih v GE Bistra-Borovnica

4.3.3.4 Trdota podlage

Četrty po pomembnosti med vhodnimi dejavniki za določanje spravila lesa za naš model je trdota podlage. Z metodo parnih primerjav je trdota podlage dobila utež 0,08, kar predstavlja pri odločitvi 8 % teže.

Veliko pomembnih vhodnih podatkov oblik spravila lesa je neposredno ali vsaj posredno povezanih s trdoto podlage. Trdota ima večji vpliv pri spravilu po tleh (traktorsko in ročno spravilo lesa) kot pa pri spravilu po zraku (žičnično spravilo), ker trdota podlage odloča v veliki meri o gostoti in obliki omrežja gozdnih cest in traktorskih vlak. Glede na trdoto podlage imamo dve skupini, ki sta pomembni z gozdno-tehniškega vidika,, njihove značilnosti pa so naslednje:

Na trdih terenih:

- manjša erodibilnost,
- manjša gladkost,
- večja kompaktnost kamnine,
- višji stroški gradnje gozdnih prometnic,
- nižji stroški vzdrževanja gozdnih prometnic,
- višje gostote vlak,
- omogoča večji naklon vlak.

Na mehkih terenih:

- večja erodibilnost in gladkost,
- manjša kompaktnost kamnine,
- manjši nakloni vlak,
- nižji stroški gradnje gozdnih prometnic,
- višji stroški vzdrževanja gozdnih prometnic,
- manjše gostote vlak.

Za trdoto podlage smo predvideli, da je najbolj odvisna od kompaktnosti kamnine ali če povemo drugače od vrste in vezanosti kamnine. Tako vsebuje podatke o vrsti in vezanosti kamnine baza popisov gozdov. Posamezne vrste kamenin so porazdeljene v razrede trdote:

1. mehki (M),
2. srednji (M/T),
3. trdi (T).

Preglednica št. 7. vsebuje standardizirane vrednosti, ki je v skladu s pozitivno korelacijo med trdoto podlage in obliko spravila lesa pripisana dejavniku trdote podlage.

Preglednica št. 7: Standardizirane vrednosti datoteke dejavnika trdote podlage po oblikah lesa (Krč, 1995)

Oblika spravila lesa	TRDOTA PODLAGE		
	TRDO	TRDO/MEHKO	MEHKO
Traktor navzdol	10	20	18
Traktor navzgor	5	15	10
Žičnično navzdol	15	18	20
Žičnično navzgor	15	18	20
Ročno	5	10	15

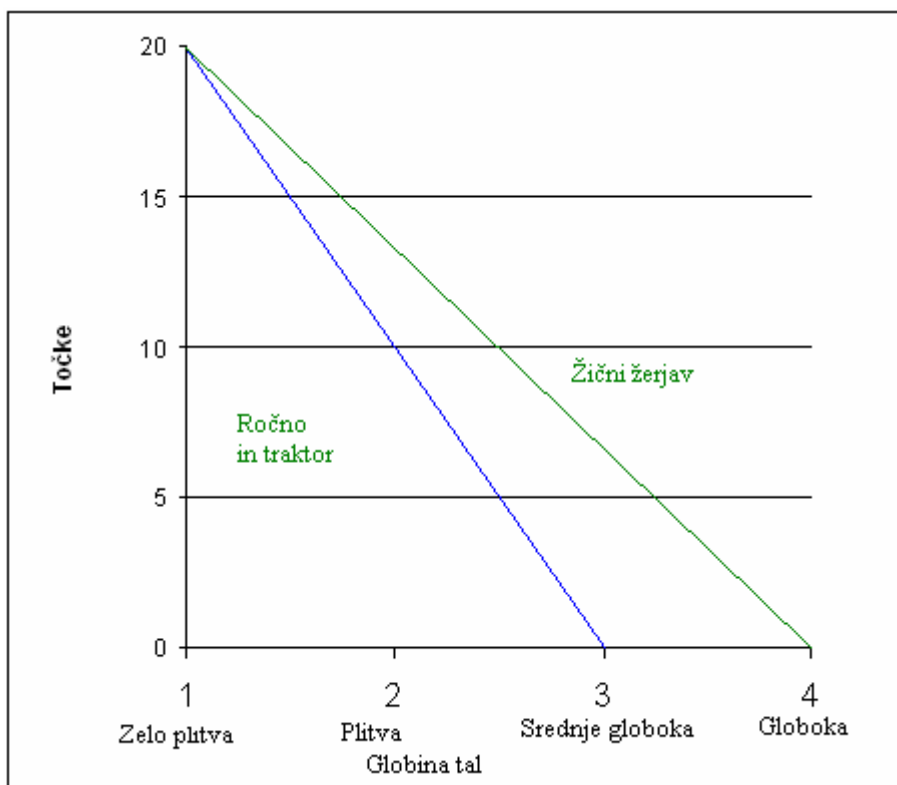
4.3.3.5 Globina tal

Globina tal je med vhodnimi podatki, za napovedovanje oblike spravila lesa, najmanj pomemben, saj smo mu z metodo parnih primerjav določili utež 0,03, kar predstavlja 3 % pri odločitvi za posamezno obliko spravila.

Nosilnost tal je odvisna predvsem od naslednjih fizikalnih lastnosti:

- vrste tal (tekstura),
- vlažnosti tal,
- gostote tal,
- globine tal,
- povezanosti tal.

Zaradi manjšega vpliva lastnosti tal na spravilo lesa, ki poteka delno ali v celoti po zraku (žičnica), kot pri spravilu po tleh (ročno in traktorsko spravilo), smo globljim tlom pripisali višjo vrednost pri žičnem spravilu kot za enake globine tal v standardiziranih datotekah za traktorsko in ročno spravilo lesa. Za vse oblike lesa smo upoštevali obratno linearno odvisnost med primernostjo za obliko spravila lesa in globino tal, predstavljeno na sliki št. 9. (Krč, 1995)



Slika št. 9: Obratno linearna odvisnost med globino tal in vrednostmi v standardizirani datoteki globine tal za posamezne oblike spravila lesa

4.3.4 Izdelava datotek primernosti in izbira najboljše oblike spravila lesa

Z večkriterijalnim ovrednotenjem smo združili podatke o posameznih vplivnih dejavnikih v skupni primerjalni indeks. Skupni primerjalni indeks smo uporabili za primerjavo med oblikami spravila lesa in s tem izbrali tisto obliko lesa, ki je imela najvišjo vrednost indeksa (Krč, 1995).

5 REZULTATI

Izdelali smo tri karte oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica.

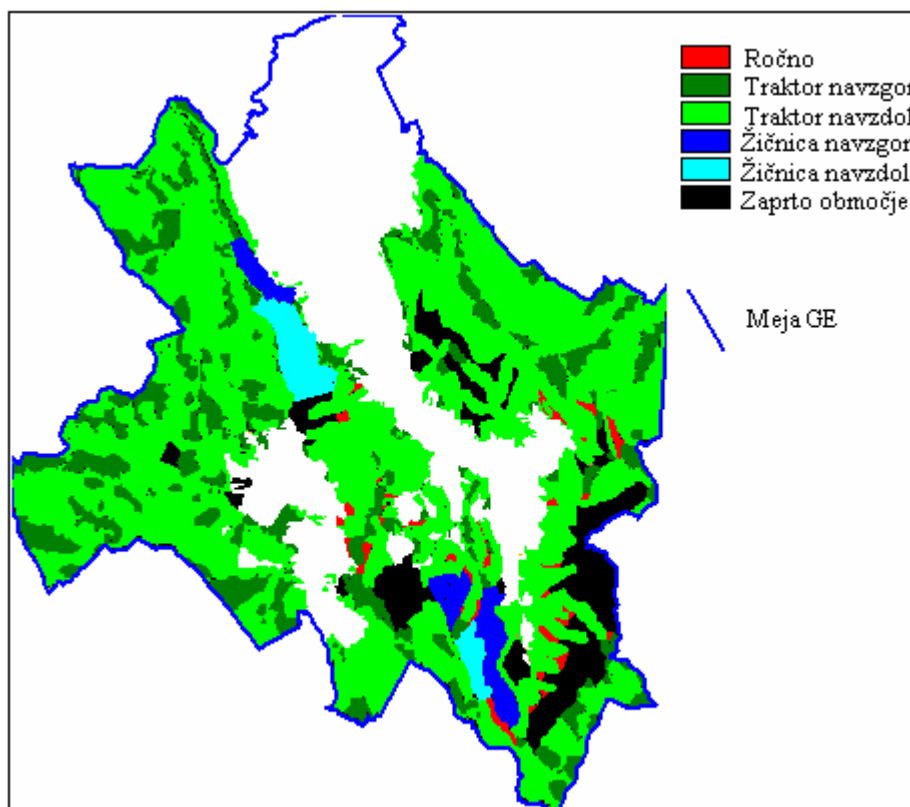
5.1 TERENSKA KARTA OBLIK SPRAVILA LESA ZA GE BISTRA - BOROVNICA

Terensko karto GE Bistra-Borovnica smo izdelali na samem terenu s pomočjo gozdnogojitvenih načrtov GE Bistra - Borovnica.

V okviru gozdnogojitvenih načrtov se vrsto spravila določa na podlagi terenskih razmer in predvsem na podlagi lastništva, kakšne tehnologije so na voljo.

Terensko karto GE Bistra smo izdelali, s tem pa smo dobili podatek o dejanski obliki spravila lesa na GE Bistra - Borovnica, ki predstavlja realno sliko GE Bistra-Borovnica.

Na sliki št. 10 je predstavljena slika terensko določenega spravila lesa na podlagi sedanje prakse na GE Bistra - Borovnica.



Slika št. 10: Terenska karta oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica

Površinski delež modelnih oblik spravila lesa je prikazan v preglednici št. 8. Podatke o površinskem deležu smo dobili s pomočjo modula AREA, ki ga vsebuje program IDRISI. Modul AREA nam poda površino posameznih oblik spravila lesa v hektarjih.

Preglednica št. 8: Površine in delež terenskih oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica

	Ročno	Traktor navzgor	Traktor navzdol	Žičnica navzgor	Žičnica navzdol	Zaprto in nedostopno območje	SKUPAJ
Površina (ha)	61,4	818,4	3.039,2	129,3	123,6	392,8	4564,8
Delež (%)	1,35	17,93	66,58	2,83	2,71	8,61	100

Pri prerisovanju je prišlo do manjših napak, tako da je površina terenske karte oblik spravila lesa za dober 1 % manjša od dejanske površine gozdov v GE Bistra - Borovnica.

Terenska karta oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica ima zelo velik delež traktorskega spravila tako navzgor, 818 ha ali 18 % od celotne površine gozda, kot še posebej navzdol, ki predstavlja kar 66 % celotne površine gozda, to je 3.039 ha. Žičnega spravila je malo, navzgor 129 ha in navzdol 123 ha, kar skupaj predstavlja slabih 6 % površine gozda. Ročno spravilo je zelo redko, predstavlja 61 ha ali dober 1 % površine

gozda. Zelo veliko pa je zaprtih in nedostopnih območij, saj je kar 393 ha ali slabih 9 % površine gozda.

Traktorskega spravila je tako veliko, ker je na območju GE Bistra-Borovnica zelo velik delež zasebnega lastništva, kar 73 % celotne gozdne površine, in je na podlagi tega traktorsko spravilo najpogostejše tehnološko sredstvo v zasebnem gospodarjenju z gozdovi.

Površine, ki so zaprte ali so nedostopne, so v prvi vrsti tiste površine, ki so v lasti vojske ter turistično-rekreativnega območja. V drugi vrsti pa so to površine, ki so zaradi strmine nedostopne, in površine, ki nimajo narejenih vlak, oz. površine, ki so preveč oddaljene od kamionske ceste.

5.2 MODELNA KARTA OBLIK SPRAVILA LESA ZA GE BISTRA-BOROVNICA

Z opisanim modelom napovedovanja oblik spravila lesa (Krč, 1995) smo izdelali karti oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica. Eno modelno karto smo naredili s pomočjo DMR (digitalni model reliefa) 100 x 100 m (4.2.1), drugo modelno karto pa smo naredili s pomočjo DMR 25 x 25 m.

Vsaki rastrski celici smo modelno določili tisto obliko spravila lesa, ki je imela v datoteki primernosti najvišjo vrednost, ali če povemo drugače – je bila najbolj primerna za dano površino, ki jo predstavlja rastrska celica.

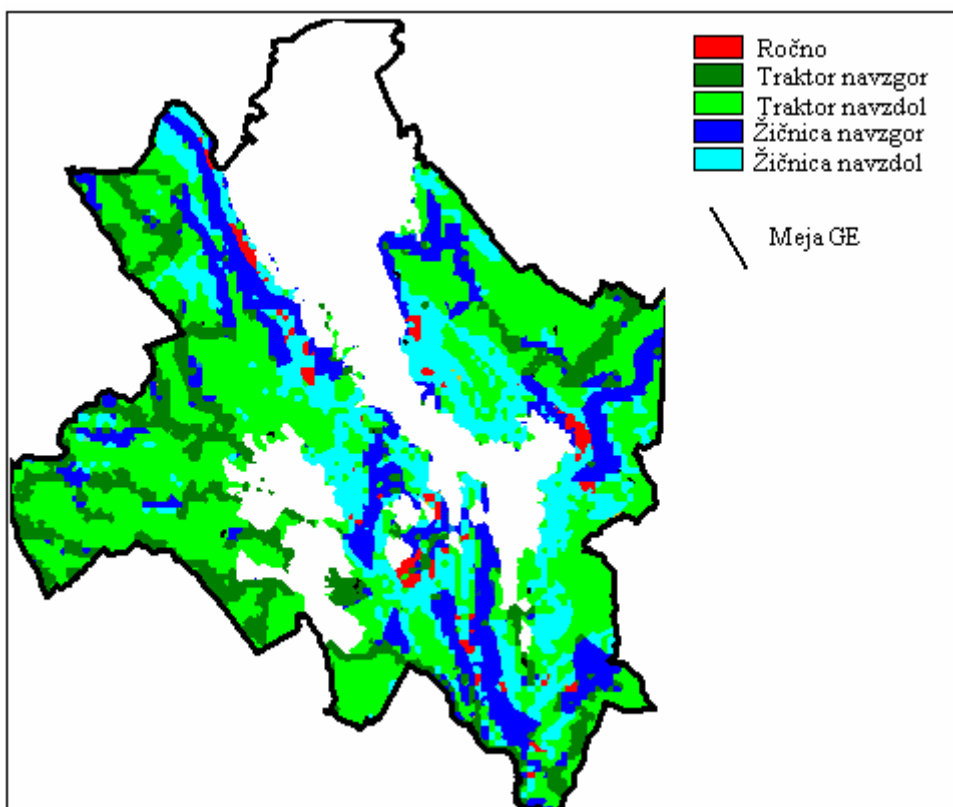
Model obravnava vsako rastrsko celico kot samostojno ploskev, ki ni neposredno povezana na sosednje rastrske celice. To privede do tega, da so oblike spravila razbite oz. zelo majhne in kot take seveda neprimerne za dejansko uporabo. Pri praktičnem delu se zato odločimo za prevladujočo obliko spravila lesa znotraj večje prostorske enote. Malo površinsko pestrost izbora oblik spravila lesa smo zmanjšali s pomočjo modula FILTER, ki ga vsebuje program IDRISI. Filter zmanjša odstopanja na posameznih rastrskih celicah v primeru, da so te z vseh strani obdane z izborom konkurenčne oblike spravila lesa. S tem

smo model napovedovanja spravila lesa do določene mere približali praktični uporabi v praksi.

5.2.1 Modelna karta oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica z DMR 100 x 100 m

Najprej predstavljamo modelno karto, ki smo jo naredili z uporabo digitalnega modela reliefa, ki je bil izdelan z digitalizacijo višinskih točk v pravilno kvadratno celično mrežo ločljivosti 100 x 100 m.

Na sliki št. 11 je predstavljena slika modelne karte z oblikami spravila lesa za GE Bistra-Borovnica.



Slika št. 11: Modelna karta oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica (DMR 100 x 100)

Površinski delež modelnih oblik spravila lesa je prikazan v preglednici št. 9. Podatke o površinskem deležu smo dobili s pomočjo modula AREA, ki ga vsebuje program IDRISI. Modul AREA nam poda površino posameznih oblik spravila lesa v hektarjih.

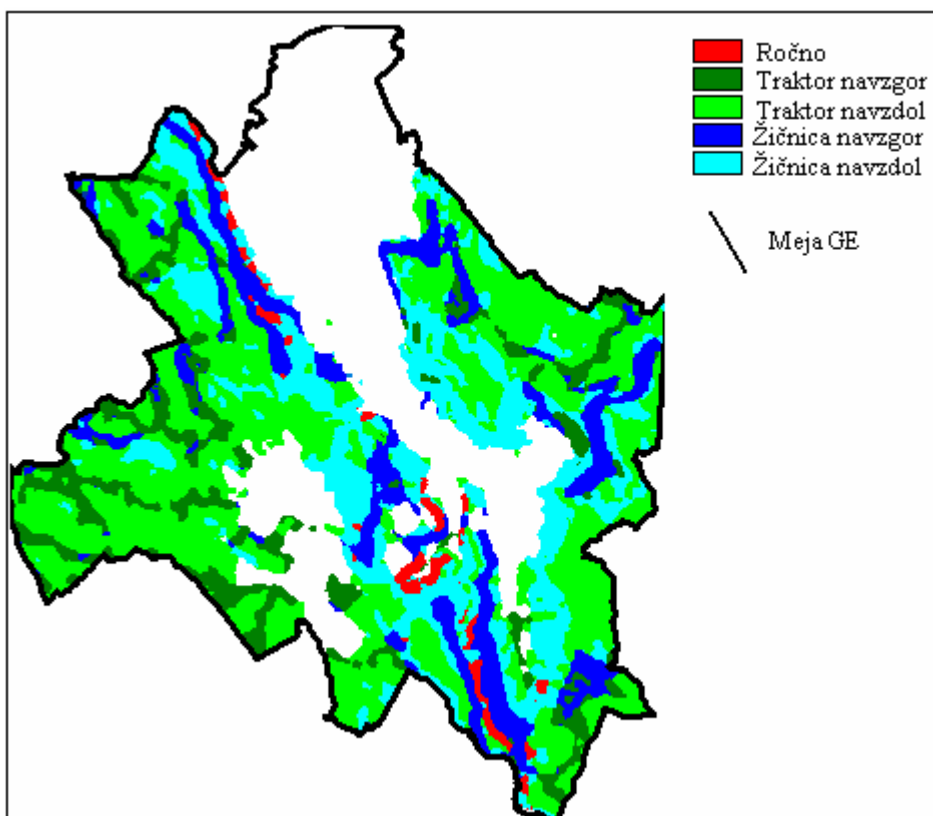
Preglednica št. 9: Površine in delež modelnih oblik (DMR 100 x 100 m) spravila lesa za GE Bistra-Borovnica

	Ročno	Traktor navzgor	Traktor navzdol	Žičnica navzgor	Žičnica navzdol	SKUPAJ
Površina (ha)	84,8	709,4	2.117,4	815,1	906,3	4633
Delež (%)	1,83	15,31	45,70	17,59	19,56	100

5.2.2 Modelna karta oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica z DMR 25 x 25 m

Naslednjo modelno karto smo naredili na podlagi digitalnega modela reliefa, ki je bil izdelan z digitalizacijo višinskih točk v pravilno kvadratno celično mrežo ločljivosti 25 x 25 m.

Na sliki št. 12 je predstavljena slika modelne karte z oblikami spravila lesa za GE Bistra-Borovnica.



Slika št. 12: Modelna karta oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica (DMR 25 x 25)

Površinski delež modelnih oblik spravila lesa je prikazan v preglednici št. 10.

Preglednica št. 10: Površine in delež modelnih oblik (DMR 25 x 25 m) spravila lesa za GE Bistra-Borovnica

	Ročno	Traktor navzgor	Traktor navzdol	Žičnica navzgor	Žičnica navzdol	SKUPAJ
Površina (ha)	138,3	538,7	2.107,3	680,2	1.108,8	4573,2
Delež (%)	3,02	11,78	46,08	14,87	24,24	100

5.3 PRIMERJAVA KART

Na razpolago imamo dve modelni karti ter eno terensko karto oblik spravila lesa. S to primerjavo bomo analizirali razlike med posameznimi kartami.

Med seboj bomo primerjali naslednje karte:

- Terensko karto z modelno karto DMR 100 x 100m,
- Terensko karto z modelno karto DMR 25 x 25m,
- Modelno karto DMR 100 x 100m z modelno karto 25 x 25m.

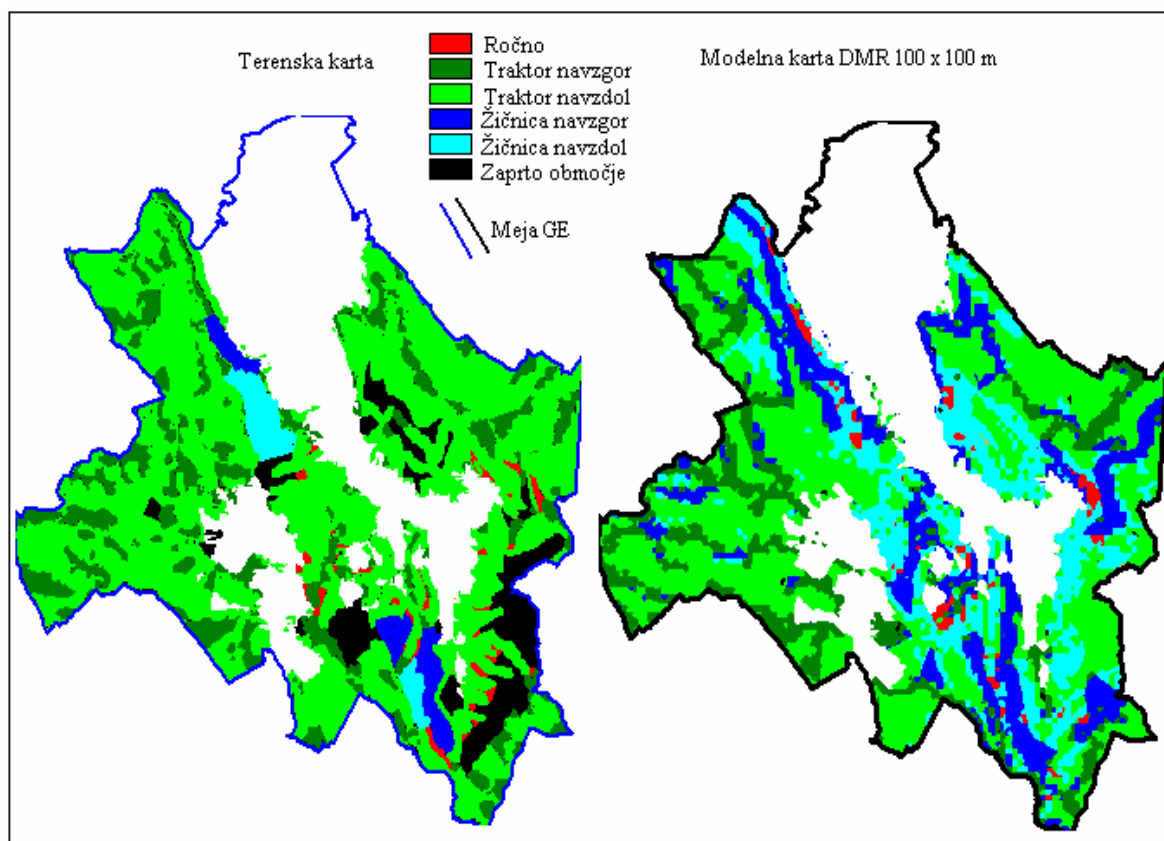
Primerjavo bomo izvedli s pomočjo modula CROSSTAB, možno pa bi bilo tudi v modulu ERRMAT, ki ga vsebuje program IDRISI. V tem modulu smo vzeli dve rastrski karti. Modul karti prekrije drugo z drugo; s tem dobimo novo karto z veliko različnimi polji, ki predstavljajo posamezna prekrivanja med seboj.

Zraven pa je podana še tabela, v kateri je podano, kaj posamezna polja predstavljajo in kakšna je njihova velikost; podatki so nanizani v številu rastrskih celic (ena rastrska celica je 1/16 ha).

Pri vsaki primerjavi sta priloženi slika, v kateri sta pomanjšani karti, ki jih primerjamo, ter preglednica, ki jo naredi modul CROSSTAB. V teh preglednicah imamo površino posameznih prekrivanj v hektarih (ha) in v odstotkih (%) od posamezne oblike spravila lesa.

5.3.1 Terenska karta : Modelna karta DMR 100 x 100 m

Najprej bomo med seboj primerjali terensko karto oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica in modelno karto (DMR 100 x 100 m) oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica. Karti sta predstavljeni na sliki št. 13, prekrivanje pa v preglednici št. 11.



Slika št. 13: Terenska karta : modelna karta DMR 100 x 100 m

Preglednica št. 11: Prekrivanja med terensko in modelno (DMR 100 x 100 m) karto

OBLIKA SPRAVILA		Ročno spravilo	Traktor navzgor	Traktor navzdol	Žičnica navzgor	Žičnica navzdol	Zaprto območje
Negozdna površina	ha	0,4	9,6	39,2	0,1	0,2	1,3
	%	0,6	1,2	1,3	0,1	0,2	0,3
Ročno spravilo	ha	1,6	5,7	38,6	5,8	15,3	15,7
	%	2,6	0,7	1,3	4,4	12,3	4,0
Traktor navzgor	ha	0,3	228,3	434,6	2,1	2,7	14,5
	%	0,4	27,8	14,3	1,6	2,2	3,7
Traktor navzdol	ha	13,2	335,8	1521,4	10,4	6,6	192,7
	%	21,4	40,9	50,0	8,0	5,3	48,9
Žičnica navzgor	ha	18,2	177,9	409,6	87,8	44,0	51,8
	%	29,5	21,7	13,5	67,7	35,5	13,2
Žičnica navzdol	ha	27,9	62,9	602,6	23,5	55,2	117,8
	%	45,4	7,7	19,8	18,1	44,6	29,9
Skupaj	ha	61,6	820,2	3046,1	129,6	123,9	393,7

Ročno spravilo predstavlja 1,3 % gozdne površine, to je 61,56 ha.

Ker je izbranih površin za ročno spravilo malo, poleg tega pa so tudi raztresene, se samo 2,5 % celotnega ročnega spravila prekriva z ročnim spravilom, ki smo ga določili v modelni karti. Največkrat se površina ročnega spravila prekriva z žičnico-gor, in sicer kar 45 % od celotnega ročnega spravila, tj. 27,94 ha, nato sledi žičnica-dol, ki se prekriva z 29 % celotnega ročnega spravila, tj. 18,19 ha, s spravilom traktorja navzdol pa se prekriva v 21,42 % od ročnega spravila, tj. 13,19 ha. Traktor spravilo navzdol in negozdne površine pa zavzemajo manjši del.

Ročno spravilo se je prekrivalo z žičnico v bližini cest ter nad vlakami, kjer traktor ne doseže z vitlom debel.

Ročno spravilo se je prekrivalo s traktorjem navzdol, ker na tistih območjih ni dovolj vlak in je teren dovolj strm za ročno spravilo, modelna karta pa je na podlagi naklona in drugih vplivov namenila tistemu območju traktorsko spravilo navzdol.

Traktorsko spravilo navzgor predstavlja slabih 18 % gozdne površine, to je 820,19 ha.

Površine, kjer je tako na terenski kot na modelni karti spravilo traktorja navzgor, je 228,25 ha ali 27,83 % celotnega traktorskega spravila navzgor.

Površine, kjer se prekriva z negozdnimi površinami, je slabih 10 ha, z ročnim spravilom pa se prekriva v 5,7 ha.

Površine, ki se prekrivajo z žičnico navzgor, predstavljajo 21,7 % celotnega traktorskega spravila navzgor, to je 178 ha. Na enem območju namreč žičnica zaradi preveč prometne ceste ni mogoča, vlaka pa je speljana dovolj položno, da je možno spravilo traktorja navzgor. Analiza razlik je pokazala, da smo zaradi lastništva vzeli traktorsko spravilo, ker večina zasebnih lastnikov sama spravlja les, njihova tehnologija pa predstavlja traktor in vitel. Prekrivanje pa je tudi vzrok tega, da je teren strm in ga modelna karta vzame za žičnično spravilo, medtem ko je vlaka narejena prečno na teren in je naklon vlake bistveno manjši kot naklon terena. Površine, ki se prekrivajo z žičničnim spravilom navzdol, je veliko manj, in sicer samo 62,88 ha ali 7,5 % celotnega traktorskega spravila navzgor. Izpostavimo lahko ugotovitev, da je do prekrivanja prišlo zaradi zasebnega lastništva, ter da modelna karta ni upoštevala vlak, ki ne predstavljajo prevelikega naklona za traktorsko spravilo navzgor.

Traktorsko spravilo navzdol predstavlja 65,6 % gozdne površine, to je 3.046,06 ha.

Površine, kjer je tako na terenski kot na modelni karti spravilo traktorja navzdol, je 1.521,44 ha ali 49,95 % celotnega traktorskega spravila navzdol.

Površine, kjer se prekriva z negozdnimi površinami, je 1,29 % ali 39,19 ha, do tega je prišlo, ker smo na terenski karti ta območja, ki so bila prej travniki, določili za gozdne površine.

Površine, ki se prekrivajo z ročnim spravilom, je 38,56 ha, to je 1,27 % celotnega traktorskega spravila navzdol. Nekaj teh površin je nad železnico, nekaj pa nad naseljem, kar pri modelni karti nismo obravnavali kot vplivni dejavnik. Večino območja je tam, kjer je dovolj vlak, vendar pa je teren dovolj strm, da bi omogočal tudi ročno spravilo.

Površine se prekrivajo s traktorjem navzgor na kar 434 ha ali 14,27 % celotnega traktorskega spravila navzdol. Analiza je pokazala, da je to zaradi načina označevanja terenske oblike spravila lesa, kjer smo vsa spravila, ki se izvajajo s traktorjem iz

kamionske ceste, dali pod spravo traktorja navzdol; zaradi tega je prišlo do večjega števila prekrivanj med terensko določenim pravilom navzdol in modelnim navzgor. Nekajkrat je bilo to zaradi tega, ker so bile vlake in ceste izven območja enote. Do prekrivanja pa prihaja tudi zaradi krajših vzpetin, ki jih modelna karta ni zaznala. Največkrat prihaja do prekrivanja, ker je vlaka speljana iz bolj oddaljene ceste, modelna karta pa upošteva samo kamionske ceste in ne upošteva vlak.

Površine, ki se prekrivajo z žičnim pravilom navzgor je 14 %, z žičnim pravilom navzdol pa se prekriva v 20 % celotnega traktorskega pravila navzdol. Te površine imajo podobne probleme. Prvi razlog je, da smo terensko karto naredili tudi na podlagi lastništva in na podlagi tega smo določili te terene za traktorske, medtem ko je naklon terena primeren za žično pravilo. Vendar so tukaj vlake pod takim naklonom, ki je še vedno primeren za traktorsko pravilo. Izpostavimo lahko primer v gozdu, kjer gre za dokaj prometno cesto, zato smo določili traktorsko pravilo, saj žičnice ni možno postaviti.

Žičnično pravilo navzgor predstavlja 2,8 % gozdne površine, to je 129,63 ha.

Površine, kjer je tako na terenski kot na modelni karti pravilo žičnice navzgor, je 87,75 ha ali 67,70 % celotnega žičnega pravila navzgor.

Tukaj so prekrivanja z negozdnimi površinami, ročnim pravilom ter traktorskim pravilom majhna, skupaj 6 % celotnega žičnega pravila navzgor ali 8 ha. Od tega je še največ ročnega pravila, so pa to majhne površine, ki se držijo pri modelni karti pri žičnem pravilu.

Prekrivanja s traktorskim pravilom navzdol je 8 % celotnega žičnega pravila navzgor ali 10,38 ha. To je na območju z dokaj strmim pobočjem, ki so primerni za žičnično pravilo, vmes pa so položnejši tereni, ki so primerni za traktorsko pravilo. Ker pa so območja traktorskih terenov premajhna, smo jih označili za žičnično pravilo.

Prekrivanja z žičnim pravilom navzdol je na 23,5 ha ali 18,13 % celotnega žičnega spravila navzgor. Do prekrivanja pride na območju poleg železnice; modelna karta namreč ne upošteva železnice, na tem področju mora biti pravilo v smer, ki ne ovira železnice, v tem primeru je to navzgor. Na ostalih območjih pa je vzrok ta, da imamo žičnično pravilo samo navzgor, na spodnji cesti pa imamo traktorska pravila ali pa je tisto zaprto območje.

Žičnično pravilo navzdol predstavlja 2,7 % gozdne površine, to je 123,88 ha.

Površine, kjer je tako na terenski kot na modelni karti pravilo žičnice navzdol, je 55,19 ha ali 44,55 % celotnega žičnega spravila navzdol.

Tukaj je v primerjavi z žičnico navzgor nekaj več prekrivanja z ročnim pravilom (15,25 ha ali 12,31 % celotnega žičnega spravila navzgor). Do tega prihaja, ker uporabljata ročno pravilo in naklon iste terene, vendar uporabimo žičnico vselej, ko je dovolj veliko območje. Pri terenski karti spada tudi okoliški teren pod žičnico, pri modelni pa so pravila glede na terene bolj razbita.

Prekrivanje s traktorskim pravilom je majhno, in sicer 9,29 ha ali 7,47 % celotnega žičnega spravila navzgor. Razlog, da pride do prekrivanja, je isti kot pri žičnici navzdol. Zaradi pestrosti terena je tam sicer bolj primerno traktorsko pravilo, ker pa gre žičnica čez to območje, je tako veliko bolj smiselno uporabiti žičnični način spravila lesa.

Prekrivanje z žičnico navzgor je na 44 ha ali 35,52 % celotnega žičnega spravila navzgor. Tukaj pridejo prekrivanja izključno zaradi izbire ceste na katero bomo spravljali les z žičnico. Na terenu smo se odločili za spodnjo, ker je primernejša in ima tudi več prostora za postavitve žičnice.

Zaprto območje predstavlja 8 % gozdne površine, to je 393 ha. Zaprta območja so prisotna zaradi vojaškega območja, turistično-rekreativnega območja ali pašništva; pri teh območjih je prisotna sanitarna sečnja, so pa tukaj tudi območja, ki so preveč oddaljena od ceste (za traktorsko spravilo ni več smiselno, če je oddaljenost terena večja kot 1200 m od kamionske ceste) oziroma do njih ni speljana vlaka, nekatera območja pa so tudi neprehodna.

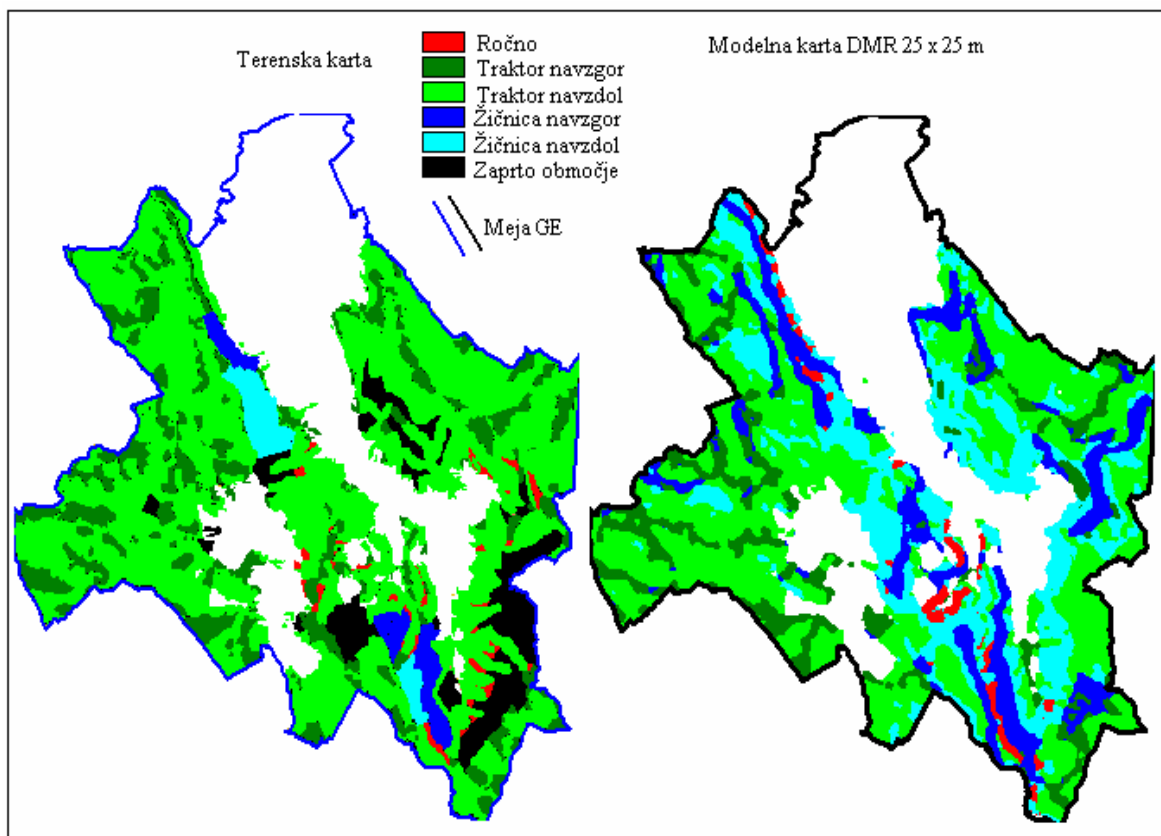
Prekrivanje z ročnim spravilom je na 15,69 ha ali 3,98 % celotnega zaprtega gozda, to so manjše in zelo razdrobljene površine.

Prekrivanje s traktorskim spravilom navzgor ali navzdol je na 207,79 ha ali 53 % celotnega zaprtega območja. To so tereni, kjer ni narejenih vlak, je prevelika oddaljenost do cest, nekaj območja predstavlja pašništvo, tukaj pa so prisotna tudi vojaška območja.

Prekrivanja z žičnim spravilom je 170 ha ali 43 % celotnega zaprtega območja. Tukaj pride do prekrivanja, ker smo zaradi zasebnega lastništva določili traktorsko spravilo. Kjer to ni bilo možno, smo pustili, da je zaprto območje. Prekrivanje je vzrok tudi neprehodnemu območju, nekaj malega pa tudi območju, ki je v lasti vojske.

5.3.2 Terenska karta : Modelna karta DMR 25 x 25 m

Naredili smo primerjavo med terensko karto oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica in modelno karto (DMR 25 x 25 m) oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica. Karti sta predstavljeni na sliki št. 14, prekrivanje pa v preglednici št. 12.



Slika št. 14: Terenska karta : modelna karta DMR 25 x 25 m

Pri primerjavi teh kart je bilo manj razlike kot med primerjavo terenske karte z modelno DMR 100 x 100. To je posledica tega, da je območje GE Bistra-Borovnica pestro in razgibano, modelna karta, narejena na podlagi digitalnega reliefa 25 x 25 m, pa veliko bolj natančno pokaže posamezne vrtače, ki jih modelna karta na podlagi DMR 100 x 100 sploh ni zaznala oz. jih zazna v manjši meri.

Preglednica št. 12: Prekrivanja med terensko in modelno karto(DMR 25 x 25 m).

OBLIKA SPRAVILA		Ročno spravilo	Traktor navzgor	Traktor navzdol	Žičnica navzgor	Žičnica navzdol	Zaprto območje
Negozdna površina	ha	0,9	18,6	78,2	0,3	0,4	3,3
	%	1,4	2,3	2,6	0,2	0,3	0,8
Ročno spravilo	ha	9,2	10,8	75,3	4,1	18,7	16,6
	%	14,9	1,3	2,5	3,1	15,1	4,2
Traktor navzgor	ha	0,0	203,8	297,1	0,2	0,0	20,4
	%	0,0	24,8	9,8	0,2	0,0	5,2
Traktor navzdol	ha	10,4	326,8	1515,5	3,4	8,9	206,6
	%	17,0	39,8	49,8	2,7	7,2	52,5
Žičnica navzgor	ha	10,5	178,0	299,5	93,0	35,7	44,1
	%	17,1	21,7	9,8	71,7	28,8	11,2
Žičnica navzdol	ha	30,6	82,4	780,6	28,6	60,2	102,8
	%	49,6	10,0	25,6	22,1	48,6	26,1
Skupaj	ha	61,6	820,2	3046,1	129,6	123,9	393,7

Veliko razlogov v prekrivanju med terensko karto in modelno karto DMR 25 x 25, je enakih kot je bilo v primerjavi med terensko karto in modelno karto DMR 100 x 100, zato bomo v tej primerjavi opisali glavne razloge, prekrivanja ter razloge, ki se tukaj pojavijo na novo.

Ročno spravilo

Ročnega spravila je malo, saj je tak način fizično zelo naporen. Kjer je le mogoče, uporabimo druge oblike spravila. Na nekaterih območjih pa je še vedno potrebna ta oblika. Teh površin je zelo malo, in sicer 1,3 % vseh oblik spravila ali 61,56 ha gozdnih površin. Površine so razdrobljene po celotnem območju.

Traktorsko spravilo navzgor predstavlja 18 % spravila lesa, to je 820,19 ha površine.

Površine, ki smo jih enako določili s terensko oceno in z modelno opredelitvijo, je 203,75 ha ali 25 % celotnega traktorskega spravila navzgor.

Površine se prekrivajo s traktorjem navzdol na kar 326 ha ali 40 % celotnega traktorskega spravila navzgor. Večino prekrivanja je posledica odločitve, izbire smeri spravila lesa, katera gozdna cesta je realno bližja terenu.

Površine, ki se prekrivajo z žičnico, predstavljajo 32 % celotnega traktorskega spravila navzgor, to je 260 ha. Prihaja do prekrivanja, ker je modelno karta upoštevala žičnično spravilo, ki zaradi različnih vzrokov ni možna (zasebno lastništvo, železniška proga, bližina naselja).

Traktorsko spravilo navzdol predstavlja 66 % gozdne površine, to je 3.046,06 ha. Površine ki smo jih enako določili s terensko oceno in z modelno opredelitvijo, je 1.515,5 ha ali 50 % celotnega traktorskega spravila navzdol.

Površine se prekrivajo s traktorjem navzgor na 297 ha ali slabih 10 % celotnega traktorskega spravila navzdol. Do tega prekrivanja je prišlo, ker smo se pri veliko površinah na terenu odločili, da bomo les spravljali na določeno kamionsko cesto, ker je bila tja speljana vlaka, saj je bil naklon terena bolj primeren, kot pa je to model določil. Pomemben faktor pri prekrivanju pa je tudi odločitev, da smo na terenu vsa spravila, ki so opravljena direktno s kamionske ceste, označili pod traktorsko spravilo navzdol.

Površine, ki se prekrivajo z žičnim pravilom navzgor, je 299,5 ha ali slabih 10 % celotnega traktorskega spravila navzdol; posledica prekrivanj je zasebno lastništvo.

Površine, ki se prekrivajo z žičnim pravilom navzdol je, 780,56 ha ali 26 % celotnega traktorskega spravila navzdol. Vzrok za prekrivanje je zasebno lastništvo. Razmere v GE Bistra-Borovnica so glede gostote vlak dovolj dobre, da omogočajo traktorsko spravilo.

Žičnično spravilo navzgor predstavlja 2,8 % gozdne površine, to je 129,63 ha.

Površine, ki smo jih enako določili s terensko oceno in z modelno opredelitvijo, je 93 ha ali 71,75 % celotnega žičnega spravila navzgor.

Tukaj so prekrivanja z negozdnimi površinami, ročnim pravilom ter traktorskim pravilom majhna, skupaj je to 6 % celotnega žičnega spravila navzgor ali 8 ha. Od tega je še največ ročnega spravila. Gre za majhne površine in se pri modelni karti držijo k žičnem pravilu.

Prekrivanje z žičnim pravilom navzdol je na 28,63 ha ali 22,08 % celotnega žičnega spravila navzgor, tukaj pride do prekrivanja na dveh območjih, ker smo na terenu predvideli pravilo na eno cesto, ki je bolj primerno za postavitve žičnice.

Žičnično pravilo navzdol predstavlja 2,7 % gozdne površine, to je 123,88 ha.

Površine, ki smo jih enako določili s terensko oceno in z modelno opredelitvijo, je 60,19 ha ali 48,59 % celotnega žičnega spravila navzdol.

Omeniti velja prekrivanje z ročnim pravilom, ki predstavlja slabih 19 ha ali 15 % celotnega žičnega spravila navzgor. Prekrivanje je posledica podobnih značilnosti teh dveh načinov spravila, vendar pa smo na terenskem pravilu okoliške terene dali pod žičnico, tako da je bilo smotno tudi za ta območje določiti isto obliko spravila, to se pravi žičnično pravilo.

Prekrivanje z žičnico navzgor je pa na 35,69 ha ali 28,81 % celotnega žičnega spravila navzgor. Vzrok prekrivanja je izključno odločitev, na katero cesto bomo spravljali les, primernejša je širša cesta z možnostjo postavitve žičnice.

Zaprto območje predstavlja 8 % gozdne površine, to je 393 ha.

Tako veliko zaprtega in nedostopnega območja v GE Bistra-Borovnica je zaradi vojaškega območja, turistične znamenitosti, nekaj pašništva (predvsem na planoti pri kraju Pokojišče), prevelike oddaljenosti terenov od kamionske ceste ter zaradi neprehodnih terenov.

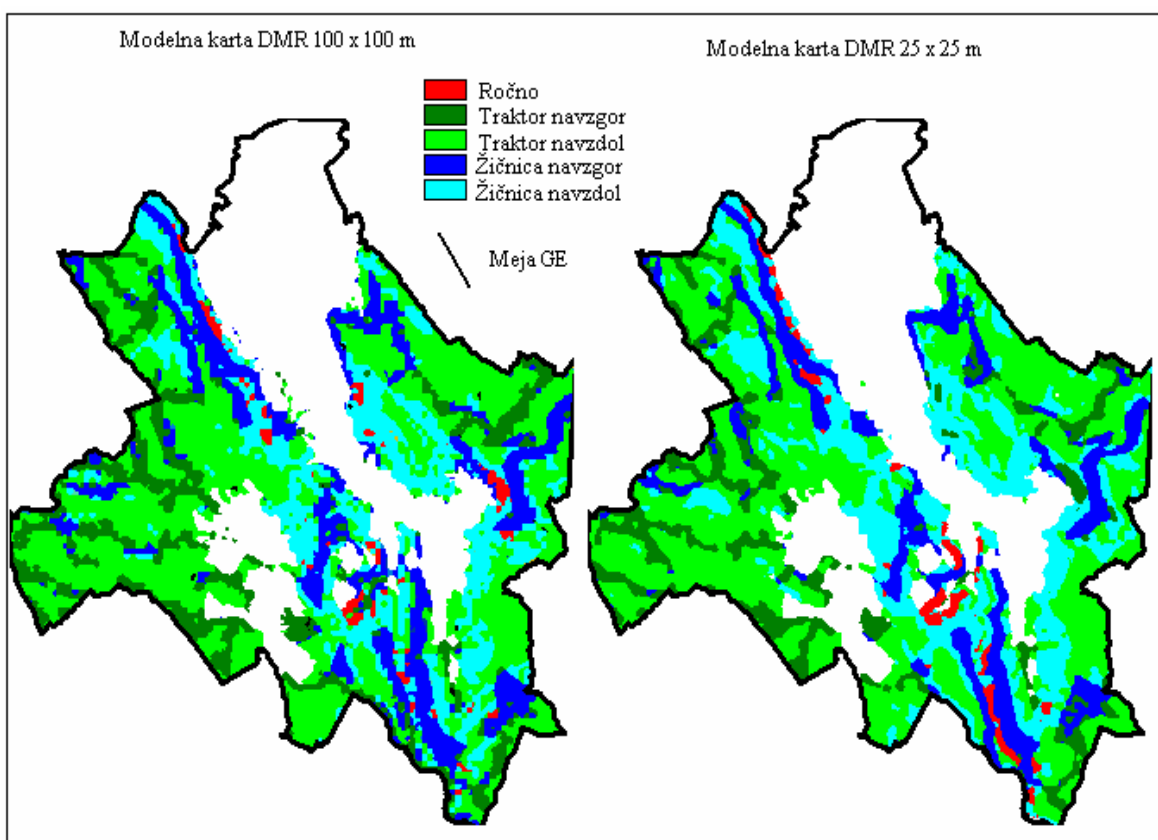
Glavni razlogi prekrivanja pa so, da modelna karta ni upoštevala zaprtega območja, ampak je predlagala različna pravila lesa, ki pa zaradi zgoraj naštetih stvari niso možna.

5.3.3 Modelna karta DMR 100 x 100 m : Modelna karta DMR 25 x 25 m

Naredili smo tudi primerjavo med modelno karto (DMR 25 x 25 m) oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica in modelno karto (DMR 100 x 100 m) oblik spravila lesa za GE Bistra-Borovnica.

V tej primerjavi bodo vidne razlike, ki jih dobimo med bolj natančnim digitalnim reliefom (DMR 25 x 25 m) ter manj natančnim reliefom (DMR 100 x 100 m). Videli bomo, kolikšne so razlike med oblikami spravila in kje prihaja do večjih razlik (prekrivanj) med modelnima kartama.

Primerjavo smo delali tako, da smo za osnovno karto določili modelno karto (DMR 25 x 25 m), ker je ta bolj natančna. Karti sta predstavljeni na sliki št. 13, prekrivanje pa v preglednici št. 13.



Slika št. 15: Modelna karta DMR 25 x 25 m : modelna karta DMR 100 x 100 m

Preglednica št. 13: Prekrivanja med modelno karto (DMR 25x25 m) in modelno karto (DMR 100x100 m)

OBLIKA SPRAVILA		Ročno spravilo	Traktor navzgor	Traktor navzdol	Žičnica navzgor	Žičnica navzdol
Negozdna površina	ha	0,3	3,5	9,3	2,1	6,4
	%	0,2	0,7	0,4	0,3	0,6
Ročno spravilo	ha	49,8	1,1	0,6	6,1	26,8
	%	36,0	0,2	0,0	0,9	2,4
Traktor navzgor	ha	3,1	396,6	188,6	81,6	15,9
	%	2,3	73,5	8,9	12,0	1,4
Traktor navzdol	ha	7,8	73,3	1689,9	25,6	298,3
	%	5,6	13,6	80,0	3,8	26,8
Žičnica navzgor	ha	28,4	61,1	79,1	545,0	84,8
	%	20,5	11,3	3,8	79,9	7,6
Žičnica navzdol	ha	49,1	4,4	144,6	21,3	679,2
	%	35,4	0,8	6,9	3,1	61,1
Skupaj		ha	138,6	539,9	2112,0	681,8
						1111,3

Ročno spravilo predstavlja 3 % spravila lesa ali 138,56 ha površin.

Površine, ki so bile pri obeh modelih ocenjene kot ročno spravilo in se prekrivajo predstavljajo 36 % ročnega spravila, to je 50 ha.

Površin, ki se prekrivajo z negozdnimi površinami in s traktorskim pravilom, je malo, skupaj predstavljajo 11 ha, te površine pa so številne malopovršinske zaplate.

Površine, ki se prekrivajo z žičnico navzgor je 28 ha, medtem ko prekrivanje z žičnico navzdol predstavlja 49 ha. Tukaj so vsa prekrivanja v bližini ceste (javnih in gozdnih). Razlog temu pa je, da so bile razmere ob cestah zelo pestre in so bile prisotne krajše vzpetine in manjše vrtače, ki jih model DMR 100 x 100 m ne zazna.

Traktorsko spravilo navzgor predstavlja 12 % spravila lesa, to je 539,94 ha površine.

Površine, ki smo jih enako določili na obeh modelnih kartah, opredeljujejo 397 ha ali dobrih 73 % celotnega traktorskega spravila navzgor.

Prekrivanja je tukaj z negozdnimi površinami, ročnim spravilom ter žičnico navzdol samo 9 ha, kar predstavlja zelo malo gozdnih površin, pa še te so razdrobljene.

Prekrivanja s traktorjem navzdol je 73 ha. Do prekrivanja prihaja, večina na terenih, na katerih je skalovitost večja kot 50 % površine. Drugače pa so te površine skoraj vse v bližini cest. Površine prekrivanja so majhne, vendar številne. Vzrok je razgibanosti terena.

Prekrivanje z žičnico navzgor je na 61 ha. Tukaj pa prihaja do prekrivanja na pobočjih, ki so v neposredni bližini žičnega spravila, vendar jih je zaradi velike razgibanosti model izločil za traktorsko spravilo navzgor, saj so nakloni manjši.

Traktorsko spravilo navzdol predstavlja 46 % gozdne površine, to je 2.112 ha.

Površine, ki smo jo enako določili z obema modelnima opredelitvama, je 1.689,88 ha ali 80 % celotnega traktorskega spravila navzdol.

Površin, ki se prekrivajo z negozdnimi površinami, je zelo malo, skupaj predstavljajo 0,5 % traktorskega spravila navzdol.

Površine, ki se prekrivajo s traktorjem navzgor, je 189 ha. Tukaj so površine mnogoštevilne ter majhne. Vse površine, ki se prekrivajo, pa so poleg ceste. Vzrok prekrivanja pa so manjše vrtače in vzpetine, ki jih DMR 25 x 25 zazna in upošteva.

Površine, ki se prekrivajo z žičničnim spravilom navzgor, je 79 ha, te površine so razdrobljene in v neposredni bližini cest, ležijo pa med oblikama spravila lesa, ki sta pri obeh modelih enaka, to je med traktorskim spravilom navzdol na eni strani, na drugi strani pa žičnica navzgor.

Prekrivanje z žičnico navzdol se pojavlja na slabih 145 ha. Ti tereni pa ležijo globoko v gozdu in so bolj oddaljeni od ceste. Vzrok je v večji podrobnosti zaznavanja bolj strmih predelov na DMR 25x25m.

Žičnično pravilo navzgor predstavlja 15 % gozdne površine, to je 681,75 ha. Površine, ki smo jih enako določili z obema modelnima opredelitvama, je 545 ha ali 80 % celotnega žičnega spravila navzgor.

Prekrivanja je več kot 10 %, pri traktorskem pravilu navzgor. Posledica tega prekrivanja je ta, da imata obe oblike spravila podobne značilnosti, le pri naklonu terena se razlikujeta. Tukaj je nekaj manjših površin in ena dokaj velika površina, ki pa je poleg traktorskih spravil; DMR 100 x 100 m obravnava namreč tisto površino z nizkim naklonom, DMR 25 x 25 m pa z velikim naklonom.

Prekrivanje z ostalimi oblikami spravila predstavlja skupaj 8 % žičnega spravila navzgor.

Žičnično pravilo navzdol predstavlja 24 % gozdne površine, to je 1.111,25 ha. Površine, ki smo jih enako določili z obema modelnima opredelitvama, je 679,19 ha ali 61 % celotnega žičnega spravila navzdol.

Površine se prekrivajo s traktorskim pravilom navzdol na 298 ha površine. Tukaj prihaja do prekrivanja v manjših površinah, ki so zelo številne, večinoma se nahajajo v večji oddaljenosti od ceste. Vse pa ležijo na meji med traktorskim pravilom navzdol in žičnico navzdol.

Prekrivanja z ostalimi oblikami spravila je 12 % celotne površine žičnega spravila navzdol.

6 ZAKLJUČEK IN SKLEP

Rezultati naloge so pokazali, da je možno tudi na območju GE Bistra-Borovnica uporabiti model napovedovanja oblik spravila lesa. Predvideli smo, katere vhodne podatke bi bilo potrebno upoštevati za še bolj natančna napovedovanja oblik spravila lesa.

Za raziskovanje in preverjanje učinkovitosti modela napovedovanja oblik spravila lesa (Krč, 1995) na GE Bistra-Borovnica smo naredili tri karte oblik spravila lesa:

- modelna karta oblik spravila lesa na podlagi digitalnega modela reliefa 100 x 100 m,
- modelna karta oblik spravila lesa na podlagi digitalnega modela reliefa 25 x 25 m,
- terenska karta oblik spravila lesa.

Na podlagi treh kart smo naredili klasifikacije med njimi oz. razlike pri posameznem izboru oblik spravila lesa.

Pri primerjanju kart med seboj smo ugotovili posamezne razlike med njimi. Ugotovili smo, da je model, ki je narejen na podlagi DMR 25 x 25 m, bolj natančen od modela, narejenega na podlagi DMR 100 x 100 m in tako so tudi določitve oblik spravila lesa bolj natančne.

Najbolj pa nas je zanimala primerjava med karto oblik spravila lesa, ki smo jo naredili na terenu in med modelnima kartama, ker dobimo s tem rezultate, ki ugotavljajo učinkovitost modelnega napovedovanja oblik spravila lesa.

Pri teh primerjavah pa smo ugotovili, da bi bilo potrebno modelnemu napovedovanju dodati še nekaj vhodnih podatkov, ki so pomembni za obliko spravila lesa.

Predlagamo naslednje dopolnitve:

1.: GE Bistra – Borovnica je enota, ki ima veliko zasebnega lastništva, ostalih 73 % pa je državnih gozdov. To ni problem samo tega območja, ampak celotne Slovenije, saj je 71 % gozdov v zasebni lasti, 29 % gozdov pa je v lasti države in občin (Zavod za gozdove Slovenije, 2007). Z veliko zasebnega lastništva je povezana tudi oblika spravila lesa, saj

imajo zasebni lastniki večinoma samo traktorsko tehnologijo in tudi velika večina sami spravljajo les ali pa najamejo manjše izvajalce, ki tudi premorejo samo traktorsko tehnologijo.. Predvideli prednost za določene oblike spravila lesa, ki so v zasebnih gozdovih večkrat uporabljene. Na podlagi tega bi bilo potrebno dodati nov vhodni podatek, in sicer lastništvo. S tem pa bi predvideli prednost za določene, v zasebnih gozdovih pogostejše uporabljene oblike spravila lesa.

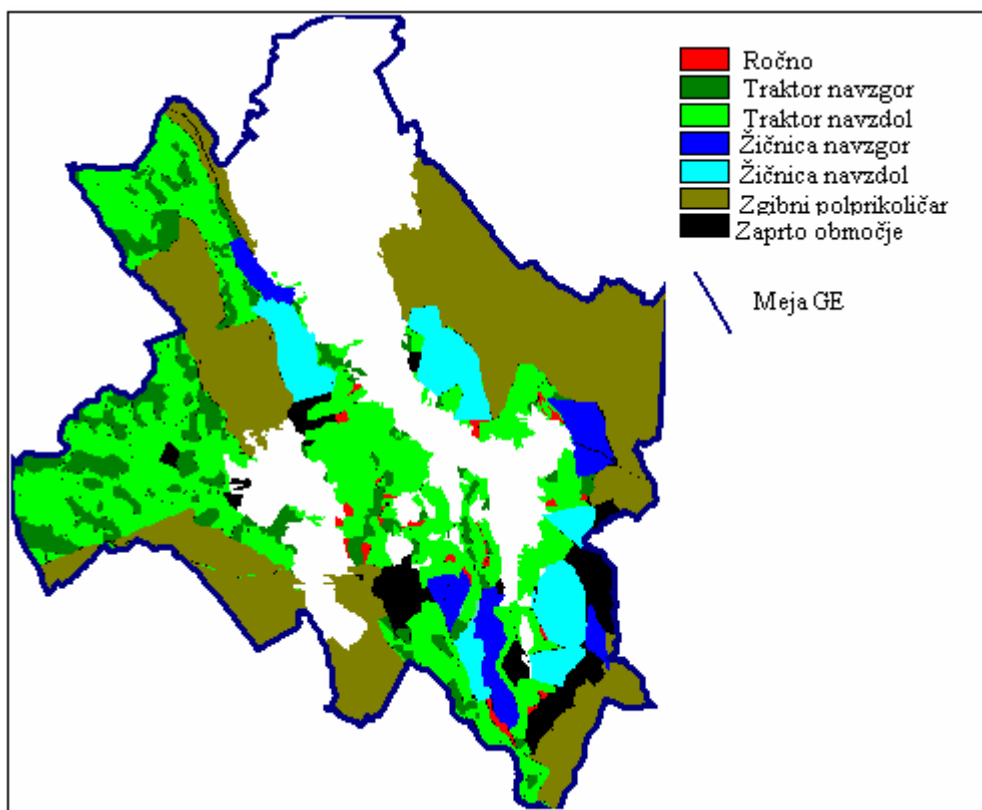
2.: Na terenski karti oblik spravila lesa smo določili, da je nedostopnih oziroma zaprtih območij nekaj manj kot 400 ha površine, kar je skoraj 8 % celotne gozdne površine. V ta območja spadajo: vojaška območja, turistično rekreativno območje (slapovi Pekel) ter preveč oddaljena in nedostopna območja.

Rešitev glede vojaškega območja in turistično-rekreativnega območja bi bila lahko podobna kot pri zasebnem lastništvu. Kot vhodni podatek pa se pri modelni obliki spravila lesa doda k istemu podatku, kjer je že zasebno lastništvo še podatek o določenih drugih vlogah gozda.

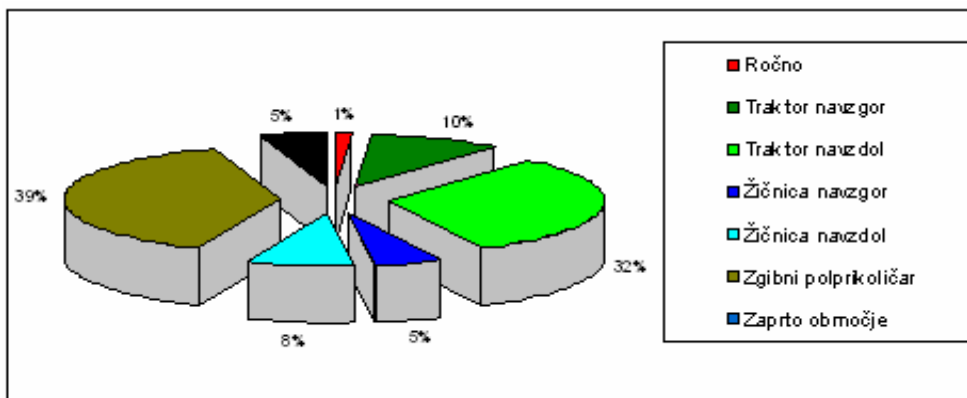
V model je potrebno dodati kategorijo zaprti gozdovi, ki bi bila določena z oddaljenostjo terena od kamionske ceste. Meja bi bila pri 1200 m oddaljenosti od kamionske ceste.

Nadalje ugotavljamo, da modelna karta ne upošteva vlak, zaradi česar sta bili dve težavi pri modelni obliki spravila lesa. Tam, kjer ni bilo vlak, je model določil traktorsko spravilo; poleg tega je bilo določeno, da se les spravlja s traktorjem do sicer bližje kamionske ceste, vendar do tja ni bila speljana vlaka. Vlaka je bila speljana na drugo malo bolj oddaljeno cesto. S tem je bilo namesto traktorskega spravila navzgor določeno spravilo navzdol ali pa obratno. Predlagamo, da se pridobijo digitalni podatki o traktorskih vlakih in se jih vključi v modelno napoved oblik spravila lesa.

Za zaključek smo naredili karto z vključenimi novimi oblikami spravila lesa za GE Bistra-Borovnica (slika št. 16). Pri tej karti nismo upoštevali lastniške strukture. Zraven pa je priložen površinski delež posameznih oblik spravila lesa (slika št. 17).



Slika št. 16: Karta z vključenimi novimi oblikami spravila lesa za GE Bistra-Borovnica



Slika št. 17: Površinski delež glede na terensko karto z vključenimi novimi oblikami spravila lesa za GE Bistra-Borovnica

Karta z vključenimi novimi oblikami spravila lesa za GE Bistra-Borovnica (slika št. 16), je narejena na podlagi terenske karte oblika spravila lesa za GE Bistra-Borovnica (slika št. 10, str. 27). Na tej terenski karti je zelo malo ročnega spravila 1 % vseh oblik spravila lesa, traktorskega spravila je 10 %, veliko manj je traktorskega spravila lesa, 32 % vseh oblik spravila lesa, kot ga je na terenski karti, 66 % spravila lesa, povečalo pa se je žičnično spravilo navzgor, 5 % spravila lesa, ter navzdol, 8 % spravila lesa, za polovico se je

zmanjšalo zaprto območje, 5 % spravila lesa, ostalo površino pa pripada zgibnem polprikoličarju, 39 % spravila lesa.

Žičnično spravilo je pridobilo na površini izključno zaradi neupoštevanja lastniške strukture. Medtem ko je novo uporabljena oblika spravila lesa – zgibni polprikoličar pridobil večinoma terene, ki so bili prej traktorsko spravilo in zaprto območje.

Za spravilo zgibnega polprikoličarja smo določili traktorske terene in zaprta območja. Glede naklonov je pri zgibnem polprikoličarju možno spravilo do 40 %. Glede skalovitosti in kamnitosti pa smo uporabili terene, kjer zavzema skalovitost in kamnitost do 30 % površine gozda.

Razlike med traktorskimi tereni in zgibnim polprikoličarjem so v tem, da traktorski tereni so možni do 50 % naklona terena, pri polprikoličarju pa do 40 % naklona. Za polprikoličarja smo določili terene s 30 % skalovitostjo oz. kamnitostjo površine, kar je bilo več smo določili traktorsko spravilo. Za spravilo s polprikoličarjem smo določili terene, kjer je bila nekaj manjša gostota vlak.

7 VIRI

- Eastman J.R. 1993. Idrisi update manual. Worcester, Massachusetts, USA, Clark University: 209 str.
- Fras Z. Rihtaršič M. 1994. Digital Terrain Models as relational Databases V: Mapping and Geographic Information Systems, ISPRS. Athens, Georgia, USA, CRMS, University of Georgia: 511–516.
- Gozdnogospodarski načrt za GE Bistra – Borovnica 2006 – 2015. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Ljubljana.
- Gozdnogojitveni načrti za GE Bistra – Borovnica. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Ljubljana.
- Hočevar M. 1992. Daljinsko pridobivanje podatkov v gozdarstvu. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 173 str.
- Hiller D. 1986. Modeling in soil physics a critical review. V: Feature developments in soil science research. Annual meeting soil science society of America, New Orleans, USA: s. 35–42.
- Košir B., Ledoux C.B. 1989. Perspektiva razvoja računalniške programske opreme za potrebe pridobivanja lesa. Gozdarski vestnik: 116–121.
- Košir B., Krč J. 1994. Razmerja med funkcijami gozdov z vidika omejitev pri opravljanju gozdnih del. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 45: 115–189.
- Košir B. 1996. Organizacija gozdarskih del. 2. izdaja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 223 str.
- Košir B. 1996. Pridobivanje lesa: študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 330 str..
- Košir B., Krč J. 1998. Možnosti računalniškega napovedovanja razvoja sestojev k rastiščno optimalnim strukturam. V: Gorski gozd: XIX gozdarski študijski dnevi: Logarska dolina, marec 1998: zbornik referatov. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: str. 465–478.
- Košir B., Krč J. 2000. Sensitivity of the model for estimating the technologies of wood extraction in mountainous areas of Slovenia. V: Formec 2000 : Stand und

- Entwicklung der forstlichen Verfahrenstechnik an der Wende des Jahrhunderts.
GROSSE, Werner (ur.). Warschau, Landwirtschaftliche Universität.
- Košir B., Krč J. 2004. Spravilo lesa po strojni sečnji: raziskovalni projekt. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: III, 43 str.
- Krč J. 1992. Izračuna katastrskega dohodka in gozdne takse na primeru gozdnogospodarske enote Jezersko: diplomska naloga. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 45 str.
- Krč, J. 1994. Primer optimalne izbire delovišč glede na tehnologijo spravila lesa. V: Simpozij iz operacijskih raziskav 1994 – SOR 1994. Portorož: 145–150.
- Krč J. 1995. Model napovedovanja oblik spravila lesa: magistrsko delo. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 110 str.
- Krč J., 1997. Multi-criteria evaluation in selection of wood skidding means. V: The 4th international Symposium on Operational Research in Slovenia, Preddvor, 1997: proceeding. Rupnik V. (ur.), Zadnik Stirn L. (ur.), Drobne S. (ur.). Ljubljana, Slovenian Society Informatika, Section for Operational Research: 267–282.
- Krč J. 1999. Modelni izračun vpliva ceste na povečanje vrednosti donosa gozda = The influence of a road on increasing the forest yield according to a computer model calculation. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 59: 121-139
- Krč J., Diaci J. 1999. Ocenjevanje nujnosti negovalnih del v mlajših razvojnih fazah gozda z metodo večkriterialnega vrednotenja. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 65: 59–81.
- Krč J. Application of forest inventory databases in computer simulations. Phytion (Horn), 36, 3; special issue: 175–180.
- Krč J. Vpliv velikosti posesti na strojno sečnjo v zasebnih gozdovih.
http://petelin.gozdis.si/posvet/POSVETPowerPoint_24_X_06/9_KRC.pdf
(28.01.2008).
- Lastništvo gozdov. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenija
<http://www.zgs.gov.si/slo/gozdovi-slovenije/o-gozdovih-slovenije/lastnistvo-gozdov/index.html> (15.12.2007).
- Mikulič V. 1975. Načrtovanje gozdne proizvodnje s pomočjo računalnika: gradivo za seminar. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 52 str..

Mikulič V. 1975. Oblikovanje in koriščenje skupnih zbirk podatkov: računalniška obravnava podatkov za potrebe izdelovanja gozdnogospodarskih načrtov: raziskovalna naloga. Ljubljana, IGLG: 240 str..

Minič M. 2002 Izdelava modelne karte oblik spravila lesa za GE Ravnik: diplomsko delo – univerzitetni študij = The proceeding of wood skidding model map for GE Ravnik: Graduation thesis- university studies. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: VIII, 61 str.