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

Mitja SKUDNIK

TEHNOLOGIJA IZDELAVE IN VZDRŽEVANJA KARTE GOZDNIH SESTOJEV

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2007

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

Mitja SKUDNIK

TEHNOLOGIJA IZDELAVE IN VZDRŽEVANJA KARTE GOZDNIH SESTOJEV

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

THE TECHNOLOGY OF CREATING AND UPDATING FOREST STAND MAPS

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija. Opravljeno je bilo na Gozdarskem inštitutu Slovenije v laboratoriju oddelka za načrtovanje in monitoring gozdov in krajine ter na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete je na seji dne 23. Junija 2006 za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Davida Hladnika, za recenzenta pa prof. dr. Andreja Bončino.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datuma 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.

Mitja Skudnik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dd

DK GDK 58:56+62(043.2)=163.6

KG sestoj/sestojne karte/fotointerpretacija/geografski informacijski sistem / GIS/gozdnogospodarsko načrtovanje/gozdnogojitveno načrtovanje

AV SKUDNIK, Mitja

SA HLADNIK, David (mentor)

KZ SI-1001 Ljubljana, Večna pot 83

ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

LI 2007

IN TEHNOLOGIJA IZDELAVE IN VZDRŽEVANJA KARTE GOZDNIH SESTOJEV

TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)

OP X, 103 str., 16 pregl., 40 sl., 4 pril., 72 vir.

IJ sl

JI sl/en

AI Predstavili smo tehnologijo izdelave sestojne karte z digitalnim stereoploterjem *Digital Images*, *Analytical Plotter* (DiAP). S stereoploterjem smo izdelali sestojni karti za testni območji in sicer na Pokljuki (173 ha) in v Leskovi dolini (187 ha). Izdelali smo fotointerpretacijski ključ (zgradba gozda, razvojna faza, mešanost, oblika mešanosti, sklep in zastornost), na podlagi katerega smo gozd razmejevali v sestoje. Pri kartiranju sestojev smo upoštevali minimalno površino 0,5 ha. V primeru mladovja predlagamo manjšo minimalno površino in sicer 0,1 ha. Obe novi sestojni karti smo primerjali z obstoječima kartama za omenjeni območji ter skladno s standardom ISO 19113 starim kartam ocenili kakovost prostorskega podatkovnega niza. Ugotovili smo, da je sestojna karta na Pokljuki ustrezne kakovosti. Pri sestojni karti Leskove doline smo opazili nekatere pomanjkljivosti predvsem pri tematski natančnosti, saj so gozdarski strokovnjaki po naših ocenah nekaj sestojev neutemeljeno uvrstili med posamično do šopasto raznomerne (tudi prebiralne). Pri 80 % sestojev manjka tudi ocena sestojnega sklepa. Izdelovanje sestojnih kart brez stereoskopskega opazovanja prostorskega modela je nezanesljivo, saj je uporabnost takšnih kart pogosto omejena. Z natančno izdelano prvo sestojno karto zagotovimo tudi njeno lažje in cenejše vzdrževanje. Pri vzdrževanju stare sestojne karte bi popravili le tiste linije, kjer so se meje sestojev v desetih letih spremenile, v nasprotnem primeru se po potrebi popravi le šifra sestoja. Uporabnost sestojne karte se bo z leti še povečala. Pomen se že kažejo pri načrtovanju v gozdarstvu, vse večje zahteve pa prihajajo tudi s strani varovanja okolja in spremljanja stanja različnih habitatnih tipov.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dd

DC FDC 58:56+62(043.2)=163.6

CX stand/stand mapping/fotointerpretation/geographical information system/GIS/forest management planning/silviculture planning

AU SKUDNIK, Mitja

AA HLADNIK, David (supervisor)

PP SI-1001 Ljubljana, Večna pot 83

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources

PY 2007

TI THE TECHNOLOGY OF CREATING AND UPDATING FOREST STAND MAPS

DT Graduation Thesis (University studies)

NO X, 103 p., 16 tab., 40 fig., 4 ann., 72 ref.

LA sl

AL sl/en

AB Forest stand mapping with digital stereoplotter Digital Images, Analytical Plotter (DiAP) is presented. Two forest stand maps were created with the stereoplotter for Pokljuka (173 ha) and Leskova dolina (187 ha) test areas. Forest was delineated into stands with the use of photo interpretation key, which was based on stand structure, development stage, type and form of stand mixtures, canopy closure and canopy cover. Minimal area of 0,5 ha was considered during the mapping of forest stands, but in the case of young growth smaller minimal area (0,1 ha) has been suggested. Newly made forest stand maps were compared to already existed maps for our test areas. Furthermore, the quality of spatial data set in the existent maps was estimated in accordance to ISO 19113 standard. The estimation revealed adequate quality for forest stand map for Pokljuka, while some deficiencies were noticed in the map for Leskova dolina. Numerous errors and reduced usage of forest stand maps are present when mapping is made without the stereoscopical observation of spatial model. Exact creation of the first forest stand map ensures easier and reasonable maintenance. We suggest the correction of those lines in older forest stand maps, where stand borders have been changed in the last ten years, in other cases just the code number of forest stand should be corrected when necessary. We expect that the applicability of stand maps will increase during the next years. The usefulness of stand maps has already been proved in the forest management and there are some possibilities of using them in terms of biodiversity monitoring.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA III
KAZALO VSEBINE V
KAZALO PREGLEDNIC VII
KAZALO SLIK VIII
KAZALO PRILOG X

1 UVOD 1
1.1 IZHODIŠČA 1
1.2 PROBLEMATIKA PROSTORSKE DELITVE 2
1.2.1 Splošno o členitvah prostora 2
1.2.2 Zgradba krajine – osnovni elementi 3
1.2.3 Hierarhije delitve prostora 4
1.3 GOZDNI SESTOJ IN SESTOJNO KARTIRANJE 7
1.4 OPREDELITEV PROBLEMA 15
2 DOSEDANJA RAZISKOVANJA 16
2.1 RAZVOJ GOZDARSKE FOTOINTERPRETACIJE V SVETU 16
2.2 RAZVOJ AEROFOTOGRAMETRIČNE OPREME 17
2.3 RAZVOJ FOTOINTERPRETACIJE IN SESTOJNEGA KARTIRANJA V SLOVENIJI 21
3 CILJI NALOGE IN DELOVNE HIPOTEZE 24
4 OBJEKTA RAZISKAVE 26
4.1 OPIS OBJEKTOV RAZISKAVE 26
4.1.1 Gozdnogospodarska enota Pokljuka 26
4.1.1.1 Splošni podatki 26
4.1.1.2 Značilnosti dosedanjega gospodarjenja in gozdnogojitveni problemi 28
4.1.2 Gozdnogospodarska enota Leskova dolina 30
4.1.2.1 Splošni podatki 30
4.1.2.2 Značilnosti dosedanjega gospodarjenja in gozdnogojitveni problemi 33
5 METODE DELA 35
5.1 VLOGA SESTOJNE KARTE V GOZDARSTVU IN NAČINI IZDELAVE 35
5.2 FOTOTERESTIČNI NAČIN IZDELAVE SESTOJNE KARTE 36
5.2.1 Priprava stereoskopskega modela 36
5.2.1.1 Opis digitalnega stereoploterja 36
5.2.1.2 Značilnosti letalskih posnetkov 38
5.2.1.3 Izdelava geokodiranega prostorskega modela (orientacija posnetkov) 39
5.2.1.4 Vektorizacija in izdelava sestojne karte 43

5.2.2 Fotointerpretacija 44
5.2.2.1 Fotointerpretacijski ključ 50
5.2.2.2 Postopek kartiranja sestojev za testni območji 63
5.2.3 Sestojna karta v okolju GIS 67
5.2.4 Ocena kakovosti prostorskih podatkov 67

6 REZULTATI 72

6.1 SESTOJNI KARTI ZA TESTNI OBMOČJI 72
6.1.1 Pokljuka 72
6.1.2 Leskova dolina 75

6.2 OPIS KVANTITATIVNIH ELEMENTOV KAKOVOSTI STARE SESTOJNE KARTE ZA TESTNI OBMOČJI 79
6.2.1 Pokljuka 79
6.2.2 Leskova dolina 82

7 RAZPRAVA IN SKLEPI 85

7.1 DOLOČITEV MESTA SESTOJA KOT NAJMANJŠE KARTIRNE ENOTE 85

7.2 POSTOPEK ZA IZDELAVO SESTOJNIH KART 89

7.3 RAZVOJ INDIKATORJEV ZA RAZMEJEVANJE SESTOJEV OB OPUŠTEVANJU RAZLIČNIH GOZDNOGOJITVENIH SISTEMOV 92

7.4 IZDELAVA SESTOJNIH KART NA DVEH TESTNIH PRIMERIH IN ANALIZA KAKOVOSTI OBSTOJEČIH SESTOJNIH KART ZA OBA TESTNA PRIMERA 93

7.5 VZDRŽEVANJE STARE SESTOJNE KARTE IN DODATNE MOŽNOSTI UPORABE 94

8 POVZETEK 96

9 VIRI 98

ZAHVALA 103

PRILOGE 104

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Različne definicije pojma regionalizacija in regija 4
Preglednica 2: Različni primeri ekoloških členitev prostora 7
Preglednica 3: Osnovni podatki o testnem območju Pokljuka 28
Preglednica 4: Osnovni podatki o testnem območju Leskova dolina 32
Preglednica 5: Značilnosti posameznih sestojnih elementov, obstoječi pisni viri 52
Preglednica 6: Primerjalni fotointerpretacijski ključ – zgradba sestoja 58
Preglednica 7: Primerjalni fotointerpretacijski ključ – razvojna faza 59
Preglednica 8: Primerjalni fotointerpretacijski ključ – mešanost 60
Preglednica 9: Primerjalni fotointerpretacijski ključ – oblika mešanosti 60
Preglednica 10: Primerjalni fotointerpretacijski ključ – sklep 61
Preglednica 11: Primerjalni fotointerpretacijski ključ – zastornost 62
Preglednica 12: Primerjava površin glede na oceno zastornosti in sklepa za testno območje Pokljuke v letu 2007 73
Preglednica 13: Primerjava površin glede na oceno zastornosti in sklepa za testno območje Leskove doline v letu 2007 77
Preglednica 14: Primerjava sestojne karte iz leta 2005 in 2007 na 167 kontrolnih točkah na testnem območju Pokljuka 80
Preglednica 15: Primerjava sestojne karte iz leta 2003 in 2007 na 167 kontrolnih točkah na testnem območju v Leskovi dolini 83
Preglednica 16: Povzetek prednosti in pomanjkljivosti obeh načinov sestojnega kartiranja 90

KAZALO SLIK

Slika 1: Možna umestitev sestoja med različne ravni načrtovanja v gozdarstvu in zahteve pravilnika … (1998) pri ocenjevanju sestojev 11

Slika 2: Sestoj in možnosti agregiranja podatkov o stanju na različne prostorske ravni .. 12

Slika 3: Dva primera starih stereoskopskih inštrumentov: W*ild B8 Stereomat* (leva slika) in G*estalt Photo Mapper* (desna slika) 19

Slika 4: Poenostavljen razvoj kartiranja v gozdarstvu – od preprostih enoslikovnih metod do današnjega dela z digitalnim stereoploterjem 20

Slika 5: Žepni stereoskop 21

Slika 6: Gozdnogospodarska enota Pokljuka 26

Slika 7: Testno območje Pokljuka v merilu 1 : 10.000, označeno z mejami oddelkov in odsekov 27

Slika 8: Gozdnogospodarska enota Leskova dolina 30

Slika 9: Testno območje Leskova dolina v merilu 1 : 10.000, označeno z mejami oddelkov in odsekov 31

Slika 10: DiAP v laboratoriju Gozdarskega inštituta Slovenije 37

Slika 11: Digitalna kamera DMC 110 in predstavitev letalskega snemanja 38

Slika 12: Primer razmestitve točk ujemanja po štirih pankromatskih posnetkih 39

Slika 13: Izhodišča in postopki pri notranji orientaciji s stereoploterjem DiAP 41

Slika 14: Izhodišča in postopki pri relativni orientaciji s stereoploterjem DiAP 41

Slika 15: Izhodišča in postopki pri absolutni orientaciji s stereoploterjem DiAP 42

Slika 16: Postopek digitaliziranja sestojev s stereoploterjem DiAP, kjer predstavljajo rdeče linije meje sestojev in bele linije meje oddelkov in odsekov 43

Slika 17: Vektorizacije sestojev po tehniki »špageti« s stereoploterjem DiAP 44

Slika 18: Fotointerpretacijski elementi 46

Slika 19: Razmejevanje gozdnih in negozdnih površin na izseku iz letalskega posnetka. Levo je primer na Pokljuki, kjer kartirna meja poteka po vrhovih krošenj. Desno je primer Leskove doline in meja je zaradi prevrnjenosti dreves na posnetku kartirana po dniščih dreves 47

Slika 20: Primer razmejevanje mladovja od debeljakov. Rdeča črta predstavlja kartiranje po vrhovih dreves in rumena črta, kjer poteka kartiranje zaradi nagnjenih dreves po dniščih 48

Slika 21: Oblike gozdnega roba: konveksna, konkavna in gozdni pas 49

Slika 22: Primer gozdnega roba, kjer je potrebno upoštevati širino in sklep dreves (rdeča linija predstavlja napačno in zelena linija pravilno razmejitev) 49

Slika 23: Primer fotointerpretacije – smrekov debeljak na Pokljuki 63

Slika 24: Primer fotointerpretacije – smrekovo mladovje na Pokljuki 64

Slika 25: Primer fotointerpretacije – smrekov drogovnjak na Pokljuki 64
Slika 26: Primer fotointerpretacije – vidna meja med debeljakom in pomladitveno površino v Leskovi dolini 65
Slika 27: Primer fotointerpretacije – meja med debeljakom in mladovjem v Leskovi dolini 66
Slika 28: Primer fotointerpretacije – meja med debeljakom in mladovjem v Leskovi dolini 66
Slika 29: Primer gridne mreže velikosti 100x100 metrov za ocenjevanje tematske natančnosti stare sestojne karte za testno območje Pokljuka 70
Slika 30: Površina sestojev po razvojnih fazah za testno območje Pokljuke v letu 2007 .. 72
Slika 31: Sestojna karta za testno območje Pokljuka (s črno so označene meje sestojev iz leta 2005 in z rdečo meje sestojev iz leta 2007) 74
Slika 32: Površina sestojev po razvojnih fazah za testno območje Leskova dolina v letu 2007 75
Slika 33: Površina sestojev glede na mešanost za testno območje Leskova dolina v letu 2007 76
Slika 34: Površina sestojev glede na obliko mešanosti za testno območje Leskova dolina v letu 2007 76
Slika 35: Sestojna karta za testno območje Leskova dolina (s črno so označene meje sestojev iz leta 2004 in z rdečo meje sestojev iz leta 2007) 78
Slika 36: Primer položaja digitalizirane linije gozdne ceste na sestojni karti iz leta 2005 in stanje na ortofoto posnetku na Pokljuki 79
Slika 37: Primer položaja digitalizirane linije gozdne ceste na sestojni karti iz leta 2003 in stanje na ortofoto posnetku v Leskovi dolini 82
Slika 38: Izsek iz sestojne karte za testno območje Pokljuka v letu 2007. Šifre sestoja se nanašajo na oceno razvojne faze, mešanosti in sklepa. 86
Slika 39: Možnosti uporabe sestojne karte in sicer primer agregiranja površin glede na razvojno fazo za namene gozdnogospodarskega načrtovanja (leva slika) in hipotetičen primer deljenja sestojev na manjše površine v primeru gozdnogojitvenega načrtovanja. 87
Slika 40: Poenostavljena shema umestitve sestojne karte v načrtovalski postopek in nadaljnje možnosti uporabe sestojne karte 88

KAZALO PRILOG

Priloga A: Sestojna karta Pokljuke; sestoji so združeni po razvojnih fazah (0 – neopredeljeno, 1- mladovje, 2 – tanjši drogovnjak, 3 – močnejši drogovnjak, 4 – tanjši debeljak, 5 – močnejši debeljak) 104

Priloga B: Sestojna karta Leskove doline; sestoji so združeni po razvojnih fazaH (0 – neopredeljeno, 1- mladovje, 2 – tanjši drogovnjak, 3 – močnejši drogovnjak, 4 – tanjši debeljak, 5 – močnejši debeljak) 105

Priloga C: Sestojna karta Pokljuke; sestoji so združeni po mešanosti (1 – iglavci, 2 – iglavci z listavci, 3 – listavci z iglavci, 4 – listavci) 106

Priloga D: Sestojna karta Pokljuke; sestoji so združeni po mešanosti (1 – iglavci, 2 – iglavci z listavci, 3 – listavci z iglavci, 4 – listavci) 107

1 UVOD

1.1 IZHODIŠČA

Slovensko gozdarstvo je eno redkih v Evropi, ki v praksi že desetletja udejanja načela trajnostnega, mnogonamenskega in sonaravnega gospodarjenja z gozdovi. Ker vsa tri načela zahtevajo dobro poznavanje in razumevanje stanja, sprememb in razvoja gozdov na različnih prostorskih (npr. sestoj, odsek, oddelek, RGR[1], GGE[2], GGO[3], država) in časovnih ravneh, je zagotavljanje kakovostnih podatkov in informacij o gozdovih nujno. Čeprav je zahteva upravičena in se zdi enostavna, je zaradi zapletenega agregiranja informacij na različnih prostorskih ravneh težavna in v praksi težko uresničljiva.

V tehnologiji GIS, ki jo slovensko gozdarstvo uporablja že od konca osemdesetih let 20. stoletja (Hočevar in Hladnik, 2006), je vsak objekt interpretacije določen s prostorskimi podatki (koordinate točk, linij ali poligonov, ki lokacijo določajo oz. omejujejo) in z atributnimi podatki, ki opisno povedo, kaj na neki lokaciji dejansko obstaja. Če želimo ohraniti celovitost informacij, ne smemo ločevati obeh vrst podatkov, pač pa jih moramo obravnavati kot nedeljivo celoto.

Pri upoštevanju zgoraj omenjene zahteve se zastavlja vprašanje, ali je kakovostne prostorske podatke za vse prostorske ravni sploh mogoče zagotavljati v okviru enotnega sistema prostorske delitve, ali pa je problematiko zaradi zagotavljanja konsistentnosti delitve morebiti bolje reševati na vsaki prostorski ravni posebej. Vprašanje je tem bolj pomembno, ker je Slovenija danes že del mednarodne skupnosti evropskih držav in se torej mora vključevati tudi v meddržavne ravni in njej primerne sisteme (npr. FAO[4], MCPFE[5] (State of …, 2003), Corine Land Cover[6] itd.).

[1] Rastiščno gojitveni razred (Gozdnogospodarski razred).
[2] Gozdnogospodarska enota.
[3] Gozdnogospodarsko območje.
[4] Organizacija Združenih narodov za prehrano in kmetijstvo (*The Food and Agriculture Organization of the United Nations*).
[5] Ministrska konferenca o varstvu gozdov v Evropi (*Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe*).
[6] Raba zemljišč po projektu Corine Land Cover iz leta 1995 in 2000.

Nove izzive vnašajo tudi zahteve varstva narave. Tako je npr. Slovenija po določitvi območij Natura 2000[7] na podlagi 17. člena Direktive o habitatih (1992) dolžna vsakih šest let izdelati poročilo, ki vključuje zlasti informacije o ohranitvenih ukrepih iz 6. člena, vrednotenje vplivov teh ukrepov na stanje ohranjenosti naravnih habitatnih tipov iz Priloge I in vrst iz Priloge II, ter glavne rezultate spremljanja stanja iz 11. člena. V prihodnje se npr. lahko pojavi želja po preverjanju rezultatov ohranjanja med državami članicami, EU npr. že snuje hierarhično klasifikacijo gozdne vegetacije (karto gozdnovegetacijskih tipov Evrope »*European forest types - Categories and types for sustainable forest management reporting and policy*« (Barbati in sod., 2006) in sistem terenskih opazovanj, s katerim bo stanje habitatov mogoče preverjati tudi na ravni kontinenta.

1.2 PROBLEMATIKA PROSTORSKE DELITVE

1.2.1 Splošno o členitvah prostora

Različne členitve prostora so posledica različnih opredeljevanj prostorskih enot po določenih kriterijih oziroma načelih. Termin »klasifikacija« (oz. členitev, delitev) torej pomeni sistematično razvrščanje podobnih prostorskih enot v skupine ali kategorije glede na določene kriterije.

Sprva so členitve razvijali pod vplivom fizične geografije (Kladnik, 1996) in pri tem upoštevali fiziografske dejavnike (klima, relief, vodne razmere, tla). Leta 1939 je Troll (Naveh, 1984) z željo, da bi povezal horizontalen pristop proučevanja krajine, ki so ga uporabljali geografi, in vertikalni pristop, ki so ga uporabljali ekologi, vpeljal termin krajinska[8] ekologija. Krajino je opisal kot holistično celoto, ki je več kot le seštevek njenih delov. Po tem holističnem konceptu razmejujemo krajinske enote na podlagi značilnosti vegetacije, živalstva, abiotskih dejavnikov in človekovega vpliva (Hladnik, 1998).

[7] Projekt NATURA 2000 je namenjen ohranjanju območij mednarodno pomembnih habitatov, živalskih in rastlinskih vrst. Izhodišča za izločevanje posebnih območij so opredeljena na podlagi dveh direktiv, in sicer Direktive Sveta 79/409/EEC o ohranjevanju ptic in Direktive Sveta 92/43/EEC o ohranjanju naravnih habitatov in prostoživeče favne in flore. Natura 2000 območja so bila v Sloveniji vzpostavljena z Uredbo o posebnih varstvenih območjih (2004).

[8] Termin krajina je prvič uporabil A. von Humbold v začetku 19. stoletja. Krajino je opisal kot »*Der Totalcharakter einer Erdgegend*« - celoto znakov zemeljskega površja.

Načela členitve v fizični geografiji in pokrajinski[9] ekologiji so sicer sorodna, vendar prva vidi regije kot celoto, pokrajinska ekologija pa kot splet ekotopov (Gams, 1986) oziroma po Formanu (1995, cit. po Hladnik, 1998) krajinskih elementov (zaplata, koridor in matica).

V času razvoja znanstvenih disciplin, ki raziskujejo krajino, so se oblikovale različne skupine raziskovalcev, lahko bi celo rekli šole. Zaradi tega je raba pojmov, s katerimi avtorji opisujejo določene elemente, dejavnike in prostorske celote pogosto neenotna (Hladnik, 1998).

Bistvene razlike med zgoraj omenjenimi različnimi skupinami raziskovalcev obstajajo predvsem pri pojmovanju zgradbe krajine in hierarhij delitve prostora.

1.2.2 Zgradba krajine – osnovni elementi

Zonneveld (1989, cit. po Hladnik, 1998) je kot temeljni delovni koncept in kartirno enoto hkrati utemeljil krajinsko enoto. Ekotop je zanj čista krajinska enota najnižjega ranga. Tudi Naveh (1984) je v modelu ekološke hierarhije določil ekotop kot temeljno enoto krajinsko ekološkega raziskovanja in najnižjo raven hierarhične zgradbe holističnih enot. Ekotop tako ni le prostorska oznaka ekološko homogenih enot, temveč predvsem koncept, način ponazoritve kompleksa oblikovalnih dejavnikov.

Za razliko od zgoraj navedenih avtorjev, ki navajajo, da je najnižja krajinska enota ekotop, pa je Forman (1995, cit. po Hladnik, 1998) svoj koncept krajinskega raziskovanja oblikoval na podlagi krajinskih elementov (zaplata, koridor, matica) in pojasnil, v čem se razlikujejo od pojma ekotop. Krajinski elementi so tako npr. cestni koridor, omejek, golosek, gozd določenega tipa. Po Formanovi (1995, cit. po Hladnik, 1998) razlagi so omejki na kmetijskih zemljiščih biotopi, vendar ne tudi ekotopi. So habitati za določene vrste, toda ker so ozki linijski elementi, nimajo razvitega notranjega okolja. Tako lahko gozdna zaplata obsega del ekotopa s homogenimi fiziografskimi dejavniki, lahko pa obsega enega ali več ekotopov, ki jih raziskovalci vegetacije označijo kot različne rastiščne

[9] V literaturi geografi uporabljajo izraz pokrajina, ki ima enak pomen kot izraz krajina (tudi SSKJ besedi z razlago ne loči).

ali vegetacijske enote. Pomladitvena površina ali golosek v gozdnem ekotopu sta krajinska elementa. Če bi izkrčeno zemljišče gozda izravnali, nanje navozili gramoz in pesek ter izdelali večje parkirišče, bi tak krajinski element postal nov ekotop.

1.2.3 Hierarhije delitve prostora

Pri naravnogeografskih členitvah prostora ločimo pomembnejša načina delitve, in sicer regionalizacijo (načelo individualnosti), med katere so uvrščajo tudi pokrajinskoekološke členitve in tipizacijo (načelo podobnosti) (Gams, 1984).

Regionalizacija v strokovni literaturi ni obravnavana enotno (preglednica 1). Ne glede na različne definicije je bistvo te delitve hierarhična členitev (homogenizacija) prostora po takih kriterijih (klima, litografija, vegetacija, družbene razmere itd.), ki odločilno vplivajo na razvoj in oblikovanje neke prostorske celote na neki prostorski ravni (Grossman in sod., 1999; Hirvonen in Lowe, 1996; Kilian in sod., 1994). Eden ključnih problemov regionalizacije je subjektivnost pri izbiri kriterijev (Natek, 1998, cit. po Plut, 1999). Zaradi tega je pomembno, da pri vsaki delitvi uvodoma točno označimo kriterije delitve ozemlja oz. za kakšna območja – področja, rajone ali regije gre (Gams, 1984).

Preglednica 1: Različne definicije pojma regionalizacija in regija

POJEM	**AVTOR**	**DEFINICIJA**
Regionalizacija	Vrišer, 1974, cit. po Kladnik, 1996	je specifično opravilo, katerega namen je oblikovanje regij, to je ozemelj, ki jih družijo podobne ali celo istovetne značilnosti. Kažejo torej določeno posebnost glede na prevladujoče naravne pojave oz. so odraz njihovega medsebojnega prepletanja, s čimer se razlikujejo od sosednjih ozemelj.
	Brewer, 1999	je dominantno orodje za klasificiranje in generaliziranje različnih pojavov. Regija je ozemlje, ki ima eno ali več značilnosti, po katerih se loči od ozemlja, ki ga obdaja.

se nadaljuje

nadaljevanje

	SSKJ	je delitev na regije. Regija je področje, območje: razdeliti državo na pet regij; koroška, obalna regija/turistična, zdravstvena regija/celjska regija.
	Gosar, 1999, cit. po Plut, 1999	je razmejevanje na regije, ki so večje ali manjše geografsko sklenjeno območje. Razmejitve se opirajo na fizične značilnosti (relief, rečna mreža, podnebje) ali na družbenogospodarsko zgradbo (navezanost okolice na mesta, tradicionalno politično-upravne tvorbe, gospodarska usmerjenost.
	Plut, 1977, cit. po Plut, 1999	je združevanje in ločevanje pokrajinskih enot na osnovi poznavanja čim večjega števila elementov naravnega in antropogenega okolja.
Regija	Gams, 1984	je družbenogeografski kompleks.
	Klemenčič, 2005, cit. po Draksler, 2006	je območje specifične lokacije, ki je na določen način različna od drugih območij in je tako obsežna, do kamor seže to razlikovanje.
	Vrišer, 1979, cit. po Gams, 1984	je določena pokrajina.
Rajonizacija	Ilešič, 1957, cit. po Gams, 1984	je regionalizacija.
Rajon	Gams, 1984	je homogeno ozemlje glede na celo geografsko panogo (geomorfologija, prebivalstvo itd.).
Pokrajina	Gams, 1984	je naravnogeografski kompleks.

V nasprotju z regionalizacijo, ki prostor oz. krajino člení po več dejavnikih, naj bi tipizacija členila prostor po eni sami krajinotvorni prvini (Kladnik, 1996). Tako bi torej obstajale reliefne, podnebne, vodne, pedološke in vegetacijske tipizacije (Anko, 1998).

Posebno področje naravnogeografske členitve ozemlja predstavlja fitogeografska delitev (Anko, 1998). Slednjo bi lahko glede na to, da člení prostor po eni sami pokrajinotvorni prvini (vegetaciji), uvrstili med tipizacije prostora, čeprav je rastlinstvo združb (potencialne naravne vegetacije) tudi kompleksen kazalec kamninskih, reliefnih, klimatskih, vodnih, talnih razmer. Po mnenju še drugih avtorjev (Grossman in sod., 1999) je vegetacijske sisteme mogoče deliti na tri načine: delitev, ki temelji predvsem na fiziognomskih dejavnikih kot so klima, geološka podlaga, tla, delitev po rastlinstvu (floristična), in

delitev, ki je kombinacija obeh (Howard in Mitchell, 1985, cit. po Grossman in sod., 1999):

- Fiziognomska delitev (*physiognomic classification*) je pogosto izraz različne makroklime, talnih razmer in vegetacije (Holdridge, 1947; Walter, 1985; Howard in Mitchell, 1985, cit. po Grossman in sod., 1999). Temeljna enota te delitve je definirana s prevlado rastnih oblik ali njihovo medsebojno kombinacijo v zgornjem najvišjem stratumu (Whittaker, 1962, cit. po Grossman in sod., 1999). Ta klasifikacija temelji na delitvi prostora od zgoraj navzdol (*top-down*) (Grossman in sod., 1999).
- Floristična klasifikacija (*floristic classification*) temelji neposredno na pojavljanju in popisu posameznih rastlinskih vrst. Kot najbolj poznana floristična enota je »asociacija«, ki sta jo leta 1910 definirala Flahault in Schroter. Od fiziognomske delitve se razlikuje po tem, da deluje na principu združevanja (aglomeriranja) od spodaj navzgor (*bottom-up*) (Grossman in sod., 1999). Pri nas se ta vrsta klasifikacije pogosto uporablja v fitocenologiji, kjer območja na podlagi fitocenoloških popisov utemeljujemo kot rastišča.
- Vmesna oblika med zgoraj navedenima sistemoma (fiziognomsko-floristični pristop) (*physiognomic-floristic classification*), ki temelji na dejstvu, da je vegetacija najpogosteje opisana tako z rastlinskimi vrstami kot z razprostranjenostjo teh vrst v prostoru (Grossman in sod., 1999).

Sistemi delitve se torej med seboj razlikujejo predvsem v načinu smeri delitve prostora (iz grobega v podrobno ali iz podrobnega v grobo) in v številu oz. tipu upoštevanih kriterijev. Rezultat vseh treh pristopov je sistematično urejen model zgradbe ali sestave vegetacije in povezava tega modela z ekološkimi procesi (preglednica 2) (Grossman in sod., 1999).

Preglednica 2: Različni primeri ekoloških členitev prostora

VIR	**DRŽAVA**	**PROSTORSKE ENOTE**
Bailey, 1981, cit. po Klijn in Udo Haes, 1990	VELIKA BRITANIJA	*LAND ZONE, LAND REGION, LAND DISTRICT, LAND SYSTEM, LAND TYPE, LAND PHASE*
	KANADA	*ECOREGION, ECODISTRICT, ECOSECTION, ECOSITE, ECOELEMENT*
	ZDA	*DOMAIN, DIVISION, PROVINCE, SECTION, DISTRICT, LANDTYPE ASSOCIATION, LANDTYPE, LANDTYPE PHASE, SITE*
	RUSIJA	*ZONE, PROVINCE, LANDSCAPE, UROCHISHCHA, FACIA*
	AVSTRALIJA	*LAND SYSTEM, LAND UNIT, LAND TYPE, SITE*
Klijn in Udo Haes, 1990	NIZOZEMSKA	*ECOZONE, ECOPROVINCE, ECOREGION, ECODISTRICT, ECOSECTION, ECOSERIES, ECOTOPE, ECO-ELEMENT*
Naveh, 1994, cit. po Hladnik, 1998		GLOBALNA EKOSFERNA KRAJINA, REGIONALNA KRAJINA (MAKROHORA), KRAJINSKI SISTEM (MEZOHORA), KRAJINSKA ENOTA (MIKROHORA), EKOTOP (RASTIŠČE)

1.3 GOZDNI SESTOJ IN SESTOJNO KARTIRANJE

Sestoj je prostorska enota, ki se po določenih znakih razlikuje od okolice. Gozdni ekologi se pri opredelitvi pojma naslanjajo predvsem na razlike v zgradbi in funkcioniranju posameznega dela gozda, medtem ko je v opredelitvah s področja gojenja gozdov in gozdnogospodarskega načrtovanja pogosto izražena tudi zahteva po enotnem gozdnogojitvenem ukrepu (Poljanec, 2005). Tako Kotar (2005) navaja, da je sestoj del gozda oz. kolektiv dreves, ki je enoten glede vrstne sestave, starostne zgradbe, vertikalne zgradbe, razvojne stopnje in ima izoblikovano sestojno klimo ter zahteva enotno gozdnogojitveno obravnavo.

Z vidika ekoloških hierarhij bi lahko krajinsko enoto ekotop primerjali z gozdarskim pojmom rastišča (Zonneveld, 1989, cit. po Hladnik, 1998), saj je ta podoben konceptu krajinske enote, posebej če je jasno opredeljen v prostoru. Prav horološke povezave ali povezave med ekotopi (rastišči) oblikujejo mozaik ekotopov v funkcionalno enoto višjega reda – krajino (Opdam, 1984, cit. po Hladnik, 1998).

Na podlagi zapisov iz prejšnjega poglavja je sestojno kartiranje torej tipiziranje gozdnega prostora in je z vidika načina delitve vegetacije najbližja fiziognomskim delitvam. Takoj

ko pričnemo posamezne sestoje na podlagi dodatnih atributov (npr. karta vegetacije) združevati v višje prostorske enote, lahko začnemo govoriti o regionalizaciji gozdnega prostora.

Kot regionalizacijo gozdnega prostora bi lahko torej označili tudi prostorske členitve gozda za namene načrtovanja v gozdarstvu. Naloga načrtovanja je ustvariti ustrezno prostorsko urejenost gozda z namenom lažje identifikacije površin, uvedba prioritet za prostorske odločitve, določanje finančnih strategij za ohranjanje in izkoriščanje obnovljivih naravnih virov ali enostavno za namene določanja osnov za povzetek inventurnih podatkov v smiselno celoto (Gebhardt in sod., 2005).

Prostorske členitve gozdov v gozdnogospodarskem načrtovanju so številne in različne, saj pogosto niso odvisne le od značilnosti gozdov, ampak predvsem od namenov in potreb, zaradi katerih členimo gozd. Tako poznamo npr. ekosistemske, tehnološke, organizacijske, ekonomske in druge členitve gozdov (Bončina, 2006).

Za potrebe urejanja gozdov je bila celotna Slovenija po predlogu A. Žumra leta 1948 razdeljena na 14 gozdnogospodarskih območij in na enote nižjega reda – gozdnogospodarske enote, ki so sicer po nastanku starejšega izvora (Gašperšič, 1995). Slednje so z notranjo razčlenitvijo razdelili na oddelke in odseke.

Iz teženj po vedno bolj natančnem in učinkovitem načrtovanju v gozdarstvu so z leti postajale členitve gozdov bolj in bolj podrobne. Vse do sredine petdesetih let 20. stoletja je bil oddelek oz. odsek najnižja raven načrtovanja in zbiranja podatkov o značilnostih gozdov (Matijašič in Šturm, 2006). Danes postajajo vedno pomembnejša ekosistemska izhodišča, zaradi česar je gozdarstvo poleg zbiranja podatkov o značilnostih gozdov po oddelkih in odsekih vpeljalo še delne površine, ki so podlaga za inventuro, načrt, izvedbo in kontrolo načrtovanega.

Prvotno je bilo torej urejanje gozdov, če izvzamemo nekatere posameznike kot je bil npr. Schollmayer, usmerjeno izrazito »od zgoraj navzdol«; načrtovane količine na višji ravni (obrat, razredi) so togo razdelili na nižje prostorske enote (oddelke). Sredi 19. stoletja pa je

v Nemčiji Judeich (1871, cit. po Bončina, 2006) razvil podrobno načrtovanje na sestojni ravni (koncept je znan kot saško sestojno gospodarjenje). Pristop temelji na usmeritvi »od spodaj navzgor«. Tako postane skupen načrt v veliki meri zbir načrtov za posamezne sestoje (Bončina, 2006), sestoj pa postane osnovna enota za ugotavljanje stanja in načrtovanje.

Takšen pristop k urejanju gozdov se je v Sloveniji pojavil z uveljavitvijo skupinsko postopnega gospodarjenja z gozdovi v šestdesetih in sedemdesetih letih (Poljanec, 2005). Že takrat so pri posameznih načrtih gozdnogospodarskih enot poleg opisovanja sestojev lete pričeli tudi razmejevati in vrisovati v sestojno karto. Da bi prikaz, natančnost in kvaliteto podatkov o stanju gozda razširili na območje celotne Slovenije, je bil leta 1998 izdan Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih (v nadaljevanju Pravilnik …), ki predpisuje izdelavo sestojnih kart za vsa gozdnogospodarska območja (slika 1).

Ob uvedbi podrobnega gozdnogospodarskega načrtovanja so se pričele upoštevati sestojne posebnosti gozdov, odločitve o nadaljnjem ravnanju so prilagojene trenutnemu stanju gozdnih sestojev. Merilo načrtovanja se je spremenilo, prostorska enota načrtovanja (sestoj) je manjša, načrtovanje bolj podrobno (Baader, 1942, cit. po Bončina, 2006). Naloga tovrstnega podrobnega načrtovanja je predvsem v obliki kratkih napotkov podati usmeritve za gozdnogojitveno načrtovanje ter kvantificirati in locirati možni posek in gojitvena dela (Gašperšič, 1995). Pomembna novost pristopa je tudi v tem, da sta postala podrobno načrtovanje razvoja gozdov (smernice o ravnanju s sestoji) in načrtovanje poseka sestavna dela enotnega postopka, kar je prispevek k večji kakovosti gozdnogospodarskega načrtovanja (Baader, 1942, cit. po Bončina, 2006).

Tako je prednost podrobne tehnike gozdnogospodarskega načrtovanja prilagojenost sestojnim razmeram ter upoštevanje in uporaba pristnih informacij o stanju gozdov. Kakovost okvirnega načrtovanja pa je pregled nad celoto, na podlagi katerega lahko določamo tudi prioritete in ukrepanje v detajlu, ki prispeva k dobremu gospodarjenju na večji prostorski ravni (Bončina, 2006).

V petdesetih letih se je vzporedno s pojavom sonaravnega gospodarjenja z gozdovi pričelo uveljavljati gozdnogojitveno načrtovanje (Leibundgut, 1960, 1973; Mlinšek, 1968, cit. po Poljanec, 2005), ki je v primerjavi z gozdnogospodarskim načrtovanjem manj togo. Prostorska členitev pri gozdnogojitvenem načrtovanju omogoča prilagajanje rastiščnim razmeram in sestojni dinamiki.

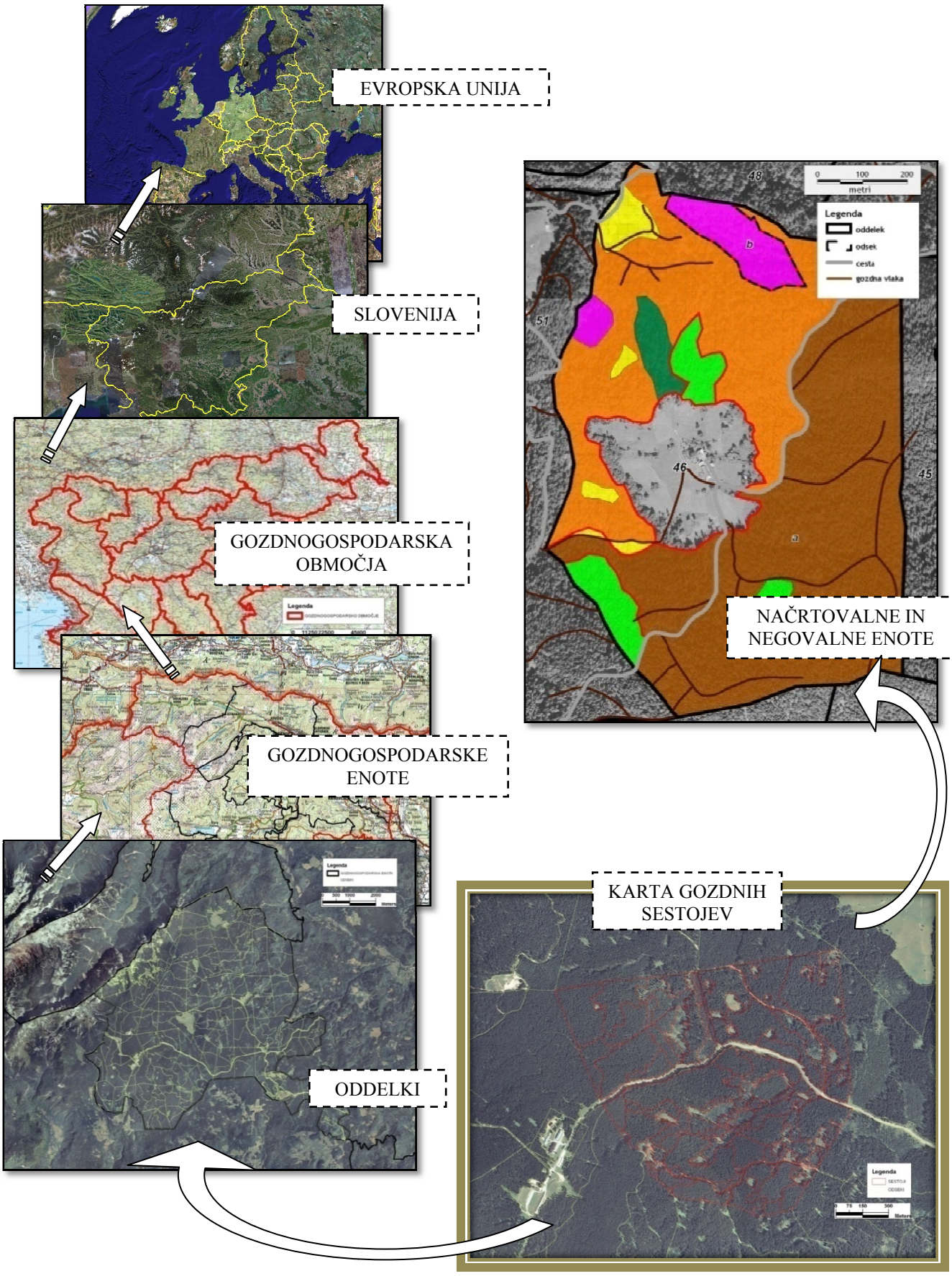
Notranjo členitev gozda nam tu narekujejo zelo konkretni cilji in ukrepi (Mlinšek, 1968, 1991; Kotar, 1994; Gašperšič, 1991b, 1995, cit. po Poljanec, 2005). Za oblikovanje notranje členitve si moramo najprej pridobiti pregled nad sestoji in rastišči in nato na podlagi inventure gozdnih sestojev oblikujemo negovalne enote.

V negovalno enoto tako zajamemo posamezne sestoje ali njihove dele, za katere lahko, upoštevajoč funkcije gozda, določimo enoten negovalni cilj in so predmet enotnega gozdnogojitvenega ukrepanja ter imajo relativno homogeno sestojno zgradbo, enotno razvojno fazo in drevesno sestavo (Mlinšek, 1968, 1991; Gašperšič, 1995; Pravilnik ... , 1998; Grecs, 2001, cit. po Poljanec, 2005). Po Kotarju (1996) je kriterij za oblikovanje negovalne enote negovalni cilj, ki se pojavlja na razvojni poti za dosego gozdnogojitvenega cilja. Negovalne enote so torej izrazito prehodnega značaja in se v času razvoja sestojev medsebojno zlivajo ali delijo in ni nujno, da se na koncu spojijo v eno samo negovalno enoto, ki se pokriva z načrtovalno enoto.

Posamezne negovalne enote nato združujemo v načrtovalne enote. Načrtovalna enota obsega tiste dele sestoja ali tiste sestoje, ki imajo glede na njihovo trenutno stanje (sestoja, sestojev ali delov sestoja) isti gozdnogojitveni cilj. Okvirne gozdnogojitvene cilje postavljamo v gozdnogospodarskih načrtih na ravni rastiščnogojitvenega razreda (gospodarskega razreda), ki združuje sestoje s podobno razvojno težnjo ter pogosto tudi podobnimi rastišči. Vendar pa so gozdnogojitveni cilji na ravni rastiščnogojitvenega razreda samo informacije pri določanju gozdnogojitvenih ciljev na ravni načrtovalne enote pri gozdnogojitvenemu načrtovanju (Kotar, 1996). V vsebinskem smislu načrtovalno enoto lahko primerjamo z rastiščnogojitvenim razredom pri gozdnogospodarskem načrtovanju, v

Skudnik M. Tehnologija izdelave in vzdrževanja karte gozdnih sestojev.
Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozd. vire, 2007

Slika 1: Možna umestitev sestoja med različne ravni načrtovanja v gozdarstvu in zahteve Pravilnika … (1998) pri ocenjevanju sestojev



Slika 2: Sestoj in možnosti agregiranja podatkov o stanju na različne prostorske ravni

smislu velikosti pa lahko načrtovalno enoto vzporejamo z velikostjo odseka. Ker oblikovanje načrtovalnih enot temelji na gozdnogojitvenem cilju, ki je v detajlu izpostavljen različnim vplivom, le-te niso stalne temveč se lahko v času in prostoru spreminjajo (Gašperšič in sod., 1993, cit. po Poljanec, 2005).

V začetku devetdesetih let so potekale obširne razprave glede smiselnosti in načina povezovanja obeh tehnik načrtovanja ter glede podvajanja zbiranja informacij (Gašperšič in sod., 1993, 1994; Veselič in sod., 1993; Golob, 1994, cit. po Poljanec, 2005). Razprava je tekla tudi o možnostih nadomestitve sestoja z negovalno enoto, s čimer bi se obe ravni načrtovanja popolnoma povezali. Golob (1992) navaja, da je negovalna enota temeljna ekološko-gospodarska celota v gozdu, ki jo je potrebno pojmovati kot ekosistem ter jo je mogoče povezovati v večje celote, ki so potrebne tudi višjim ravnem načrtovanja. Gašperšič (1995) pa opozarja, da sestojev ne moremo enačiti z negovalno enoto, saj členitev gozda na negovalne enote temelji na enotnem gozdnogojitvenem ukrepanju (Mlinarič, 2001; Baligač, 2001; Poljanec, 2005).

Omenjeno je že bilo, da danes slovensko gozdarstvo temelji na načelih mnogonamenskosti, trajnosti in sonaravnosti. Da bi se ta načela uspešno udejanjala v praksi, je pomembno, da poteka pridobivanje podatkov na večjih bioekoloških prostorskih enotah (stratumih), ki obravnavajo gozd kot ekosistem. Zaradi podrobnega gozdnogospodarskega načrtovanja so postale nujne informacije, ki temeljijo na gozdnih sestojih. S tem se je zmanjšala pomembnost gozdnih odsekov kot osnovnih celic za zbiranje podatkov (Hočevar in Hladnik, 2006).

Dobro je, da so na ravni sestoja pridobljene informacije skladne s prostorskimi hierarhijami in inventuro, ki poteka na različnih prostorskih ravneh (slika 2).

Z vidika prostorske hierarhije naj bi bilo mogoče sestoj vključevati v tri ravni:

1. raven ekotopa,
2. raven krajine,
3. raven regije.

Za vsako od treh ravni so bile torej izbrane tehnologije in metodološke osnove za zbiranje, shranjevanje, iskanje, povezovanje, preoblikovanje, analiziranje in prikazovanje prostorskih podatkov. Temelji za celotno zbirko vseh teh tehnoloških orodij pa so bili postavljeni z geografskim informacijskim sistemom (Hočevar in Hladnik, 2006).

S prevzemom te hierarhične strukture gozdne sestoje prepoznamo kot osnovne kartirne temeljne enote. V nasprotju z gozdnimi odseki so torej sestoji bolj homogeni in bolje prostorsko in časovno opredeljeni (Hočevar in Hladnik, 2006).

Ta hierarhija je skladna tudi z gozdno inventuro, ki se v Sloveniji razvija že od leta 1980 (Hočevar, 1988, 1990, 1991, cit. po Hočevar in Hladnik, 2006).

Informacijski viri, na katerih sistem gozdne inventure temelji, so terenski opisi sestojev ter letalski in satelitski posnetki. Iz teh informacijskih virov z različnimi inventurnimi metodami pridobivamo prostorske podatke ter opravljamo opazovanja o prostorskih spremembah na različnih prostorskih ravneh (ekotop, krajina, regija) (Hočevar in Hladnik, 2006).

Inventurne metode pridobivanja podatkov vključujejo:

1. terenske popise,
2. ciklično gozdno inventuro,
3. fotointerpretacijo letalskih posnetkov,
4. uporabo digitalnih ortofoto posnetkov,
5. interpretacijo multispektralnih satelitskih slik.

Hočevar (1995) tako navaja, da je sestojna karta jedrnat in izjemno pregleden prikaz stanja gozdov v določenem trenutku, ki vsebuje bistvene informacije o prostorski in starostni strukturi sestojev in načinu gospodarjenja.

1.4 OPREDELITEV PROBLEMA

Kartiranje gozdnih sestojev s fotointerpretacijo letalskih posnetkov je v Sloveniji poznano že od sedemdesetih let 20. stoletja (Grilc, 1973, cit. po Hočevar in Hladnik, 2006). Razvoj tehnologije sestojnega kartiranja je potekal na Gozdarskem inštitutu in na Oddelku za gozdarstvo na Biotehniški fakulteti. Vsebinsko so problematiko sestojnega kartiranja predstavili Bogovič (1985), Brinovec (1988), Hladnik (1990), Zafran (1993) in Kušar (2000).

Leta 1998 je bilo s Pravilnikom ... (1998) predpisano izdelovanje sestojnih kart za celotno državo. Za izdelovanje sestojnih kart je zadolžen Zavod za gozdove Slovenije (v nadaljevanju ZGS).

Izdelovanje sestojnih kart v praksi najpogosteje poteka na podlagi ortofoto posnetkov. Ker pa se v naših gozdovih pogosto pojavljajo pestre zgradbe gozda in ker se na manjših površinah prepletajo različni sestoji ter meje med njimi niso izrazite, je gozdne sestoje težko razmejevati brez prostorskega opazovanja v stereoskopskem modelu, delo na terenu pa je zamudno in naporno.

Nerešeno je tudi vprašanje vzdrževanja obstoječih sestojnih kart in metodologije razmejevanja zaradi razvojnih sprememb sestojev. Treba je namreč upoštevati, da se bo sestojna zgradba zaradi gospodarjenja z gozdovi in zaradi naravnih procesov do naslednje obnove gozdnogospodarskega načrta gozdnogospodarske enote spremenila.

2 DOSEDANJA RAZISKOVANJA

2.1 RAZVOJ GOZDARSKE FOTOINTERPRETACIJE V SVETU

Prvi poskus sestojnega kartiranja na podlagi posnetkov oz. fotografij naj bi se pojavil v Nemčiji, ko je neznani gozdar iz balona fotografiral star sestoj iglavcev in opisal na kakšen način so drevesa razporejena po površini ter na kakšen način so temu sestoju primešane tudi druge drevesne vrste. To kratko poročilo je bilo objavljeno leta 1887 v časopisu *Berliner Tagelblatt* (Colwell, 1997).

Širši, vendar še vedno testni poskusi uporabe letalskih posnetkov v gozdarstvu so se pojavili po letu 1920. Uporabljati so se začeli z namenom, da bi izboljšali gospodarjenje in predvsem preglednost nad gozdnimi viri (Lund in sod., 1997). Večino zaslug za razvoj osnovnih konceptov, ki so še danes v uporabi pri fotointerpretaciji v gozdarstvu, bi lahko pripisali kanadskim in nemškim gozdarjem iz obdobja med I. in II. svetovno vojno (Colwell, 1997).

Načrtna raba stereoskopskega opazovanja se je pričela po II. svetovni vojni, ko so v ZDA in Kanadi mnogi vojaški specialisti za fotointerpretacijo le to pričeli razvijati v civilne namene (Avery in Berlin, 1985). Ti številni dobro izobraženi ljudje iz vojaških akademij so imeli veliko znanja o prednostih in omejitvah fotointerpretacije letalskih posnetkov za potrebe ocenjevanja točno določenih informacij, ki so jih potrebovali načrtovalci z naravnimi viri (Colwell, 1997). Pričeli so izdelovati karte gozdnih tipov, pri tem pa so že uporabljali številne steroinstrumente, ki jih vojska ni več potrebovala. Prvotno so se te karte uporabljale le kot pomoč pri gospodarjenju z gozdovi, le redko pa za preglede območij v velikih merilih (Lund in sod., 1997).

Prve aplikacije so obravnavale klasifikacijo gozdnih sestojev. Razmejevali so jih glede na različne atribute kot so raba tal (Aldrich, 1953, cit. po Lund in sod., 1997) in tipi gozdov (Sandor, 1955, cit. po Lund in sod., 1997). Poskusi so tekli tudi v smeri cenejšega ugotavljanja lesne zaloge sestojev (Aldrich in Norick, 1969, cit. po Lund in sod., 1997), pri čemer sta bili pomembni stratifikacija (Bickford, 1961; Moessner, 1963, cit. po Lund in sod., 1997) in zastornost sestojev (Moessner, 1949, cit. po Lund in sod., 1997).

Po letu 1950 so se pojavili na tržišču številni priročniki (Avery, 1957, cit. po Lund in sod., 1997) in terenska oprema (Moessner, 1960, cit. po Lund in sod., 1997), namenjeni izključno poučevanju interpretacije letalskih posnetkov za namene gozdarskega načrtovanja in inventure. Napisana so bila tudi številna dela z nekaterimi bolj zahtevnimi znanji, vključno z aplikacijami za odpravljanje paralakse, ki nastaja na strmejšem terenu (Moessner in Choate, 1964, cit. po Lund in sod., 1997), in opisi možnosti izmere drevesnih višin, ki so ključni člen ocene lesne zaloge sestojev (Moessner, 1957; Allison in Breadon, 1960; Pope, 1961; Haack, 1963, cit. po Lund in sod., 1997).

2.2 RAZVOJ AEROFOTOGRAMETRIČNE OPREME

Razvoj fotogrametrije v svetu bi lahko razdelili na pet obdobij (*The Center for Photogrammetric Training* … , 2006):

- zgodnji razvoj fotogrametrije (do leta 1850),
- obdobje preprostih instrumentov za razpačenje (od 1850 do 1900),
- obdobje analogne fotogrametrije (od 1900 do 1960),
- obdobje analitične fotogrametrije (od 1960 do 2000) in
- obdobje digitalne fotogrametrije, katere razvoj poteka še danes.

Razvoj fotogrametrije sega vse do časa Leonarda da Vincia, ki je leta 1480 kot prvi opisal različne perspektive videnja objektov skozi steklo. Tako je temelje fotogrametričnih teorij postavila matematika (projekcijska geometrija). Povezavo med geometrijo in fotogrametrijo sta leta 1883 razvila nemška znanstvenika Sturms in Haick.

Obdobje preprostih instrumentov za razpačevanje se je pričelo, ko je leta 1849 A. Laussedat kot prvi uporabil terestično fotografijo za izdelavo topografske karte in s tem postal »oče fotogrametrije«. Leta 1867 je predstavil prvi fototeodolit in z njim izdelal karto Pariza. V zgodnjih letih tega obdobja so se začele pojavljati prve fotografije, posnete iz balonov (npr. Nadar leta 1855). Tako so se prvi posnetki pričeli uporabljati predvsem za vojaške namene (npr. Napoleonove vojne, Ameriška državljanska vojna, Pruske vojne itd.). Za prenos točk iz fotografije na karto so najpogosteje uporabljali preproste mreže gridnih točk. Leta 1893 je A. Meydenbauer prvi uporabil izraz »fotogrametrija«. Leta 1865 sta I. Poro in C. Koppe odkrila postopek za odpravo distorzije leč. V tem času je raziskovanje

potekalo predvsem v smeri novih tehnologij širokokotnih fotoaparatov in kamer. Ostali pomembni znanstveniki iz tega obdobja so bili še: Chevallier, G. Eastman in F. Stolze (*The Center for Photogrammetric Training* … , 2006).

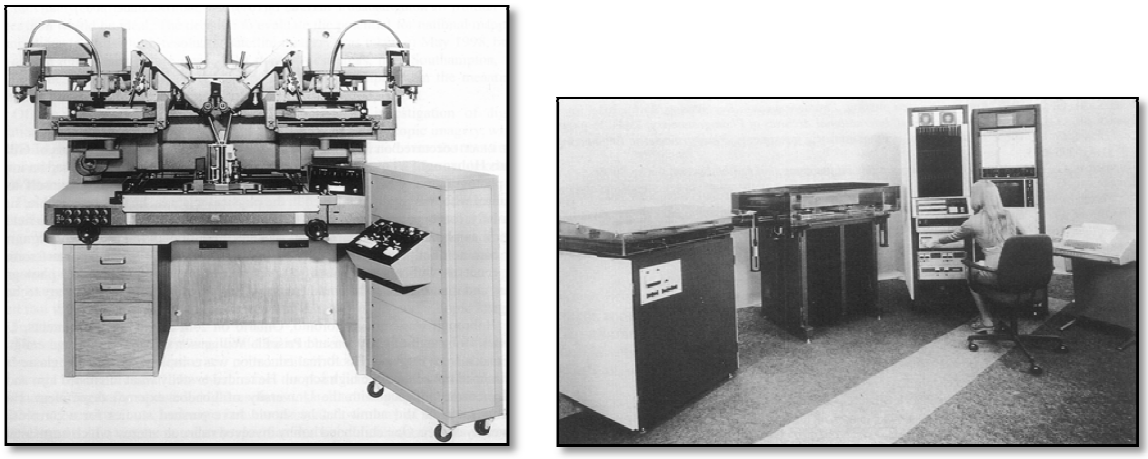
Na razvoj v obdobju analogne fotogrametrije sta pomembno vplivala predvsem razvoj stereoskopov in letal. Prvi stereoskopski instrument je izdelal Edouard Deville leta 1896 v Kanadi in ga je poimenoval Stereo-Planigraf. Da je lahko prenesel sliko na karto je uporabljal projekcijsko mrežo (kanadska gridna metoda).

Leta 1899 je S. Finsterwalder opisal principe moderne dvoslikovne fotogrametrije in metodologijo relativne in absolutne orientacije posnetkov. Leta 1901 sta C. Pulfrich v Nemčiji in neodvisno G. Fourcade v Južni Afriki izdelala podobna prva stereokomparatorja, ki sta že uporabljala ravninske koordinate točk. To je bil tudi prvi fotogrametrični instrument, ki ga je izdeloval Zeiss. Leta 1907 je R. Orel razvil prvi stereoavtograf, ki je prvi omogočal uporabo terestične fotogrametrije tudi v hribovitem svetu, saj je že upošteval višinsko koordinato. V nadaljevanju so se po svetu razvijali različni ploterji. Od vseh je bil najbolj množično uporabljen Kernov analogni stereoploter imenovan PG2 (700 izdelanih instrumentov) in leta 1921 izdelana Wildova stereoploterja aviograf A8 in B8 (2.000 izdelanih instrumentov) (slika 3). Kern in Wild sta se leta 1990 združila in ustanovila podjetje Leica. V tem obdobju analogne fotogrametrije sta predvsem O. Gruber in E. Church postavila tudi temelje analitični fotogrametriji. Razvila sta delne analitične rešitve orientacije, intersekcije, rektifikacije itd. (*The Center for Photogrammetric Training*… , 2006)

Leta 1947 je R. O. Andreson izdelal pol-analitičen pristop pri orientaciji stereopara, leta 1950 je E. Merritt izdal knjigo o analitični fotogrametriji, kjer že opisuje postopke za kalibracijo kamere, notranjo in zunanjo orientacijo, relativno in absolutno orientacijo. Po letu 1950 je razvoj računalniških sistemov močno pospešil razvoj analitične fotogrametrije, ki vodi vse do današnje digitalne fotogrametrije.

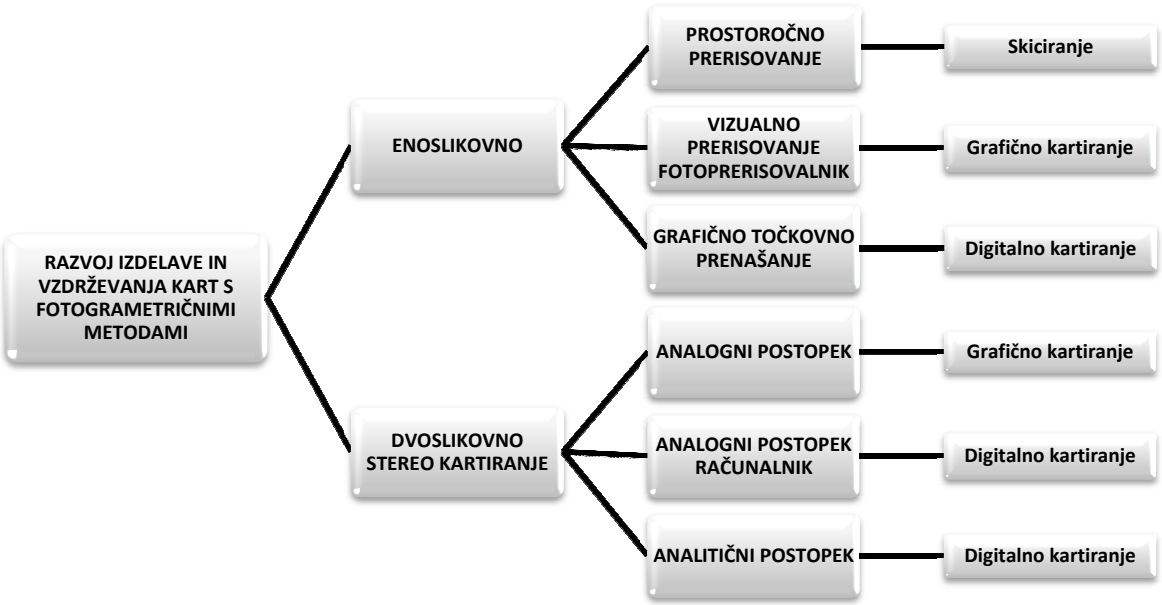
Pionir digitalne fotogrametrije je G. L. Hobrough, ki je skupaj z G. Woodom leta 1961 izdelal elektronski stereoskop (*Automatic Registration Electronic Stereoskope* - ARES). Ta

je omogočal natančne preglede letalskih posnetkov in s tem natančnejše meritve spremenljivih površinskih razmer. Leta 1967 je izdelal »*Gestalt Photo Mapper*« (GPM), ki je bil avtomatski ortofotografski sistem.



Slika 3: Dva primera starih stereoskopskih inštrumentov: *Wild B8 Stereomat* (leva slika) in *Gestault Photo Mapper* (desna slika) (*The Center for* Photogrammetric Training … , 2006)

Pri razvoju digitalne fotogrametrije je imel pomembno vlogo tudi U. Helava, ki je pri podjetju NIMA razvijal digitalne fotogrametrične delovne postaje. Hiter razvoj računalniške tehnologije pa omogoča vedno bolj natančne fotogrametrične delovne postaje, ki so v zadnjih letih večinoma že računalniški sistemi z dodatno strojno opremo in so vedno bolj dostopni posameznikom (*The Center for Photogrammetric Training* … , 2006) (slika 4).



Slika 4: Poenostavljen razvoj kartiranja v gozdarstvu – od preprostih enoslikovnih metod do današnjega dela z digitalnim stereoploterjem (Hočevar, 1995)

Vzporedno z razvojem stereoavtografov so se razvijali tudi stereoskopi, ki so uporabljali leče ali kombinacije leč, ogledal in prizem (Lillesand in Kiefer, 1994). Skupno vsem stereoskopom je, da so omogočali vsakemu očesu ločeno zaznavanje slike in s tem tridimenzionalno opazovanje posnetega območja (Lillesand in Kiefer, 1994).

Fotointerpretacijsko in fotogrametrično opremo bi lahko glede na rabo razdelili v pet skupin (Teng in sod., 1997):

- instrumenti za opazovanje (pregledovalniki),
- instrumenti za merjenje razdalj/površin (stereokomparatorji),
- instrumenti za kartiranje ter prenos podatkov,
- instrumenti, v katerih so združeni vsi ali del zgoraj navedenih instrumentov (integrirani instrumenti),
- digitalni računalniški sistemi.

Osnovna funkcija instrumentov za opazovanje je označevanje ali lociranje objektov na letalskih posnetkih. Te pregledovalnike lahko razdelimo na monoskopske pregledovalnike (npr. lupa), stereoskopske pregledovalnike (žepni stereoskop (slika 5), zrcalni stereoskop

Wild ST4, stereointerpretacijski sistem SIS in drugi), optične, elektronske in računalniške pregledovalnike (sistemi za skeniranje slik VX3000 in drugi).

Slika 5: Žepni stereoskop

Z instrumenti za merjenje pridobimo kvantitativne podatke z letalskih posnetkov. To vključuje štetje in merjenje točk za namene statističnih obdelav, izmere razdalj/višin in izmere površin.

Kartirni instrumenti služijo prenosu kvalitativnih in kvantitativnih rezultatov fotointerpretacije na obstoječe karte (Camera Lucida, optični prerisovalniki, mehanski prerisovalniki) (Teng in sod., 1997). V kompleksnih instrumentih so integrirani vsi ali del zgoraj navedenih instrumentov (analitični ploterji, analogni ploterji in drugi) (Teng in sod., 1997).

Danes se z razvojem tehnologije razvijajo številna računalniška programska orodja namenjena stereofotointerpretaciji in razvoj poteka v smeri cenovno vedno bolj dostopnih metod digitalne fotogrametrije in visokozmogljivih računalniških sistemov.

Prav tako se je razvila tudi tehnologija fotografije. Namesto analognih kamer se vse pogosteje uporablja digitalna tehnologija, ki ima vrsto prednosti. Te so predvsem boljša kakovost fotografije, direktna uporaba v računalniških programih, nižja cena aerosnemanj in obdelave fotografij, lažje arhiviranje (Oswald, 2006).

2.3 RAZVOJ FOTOINTERPRETACIJE IN SESTOJNEGA KARTIRANJA V SLOVENIJI

V slovenskem gozdarstvu se je prvič pojavila interpretacija letalskih posnetkov skupaj s stalnimi vzorčnimi ploskvami pred tridesetimi leti z uporabo kontrolne vzorčne metode (Grilc, 1972, cit. po Hočevar in Hladnik, 2006). Leta 1973 je Grilc opisal, kako je letalske posnetke mogoče uporabiti v gozdni inventuri (Hladnik, 2000). Leta 1980 pa je bil v

sestavi Geodetskega zavoda Socialistične Republike Slovenije ustanovljen oddelek za fotointerpretacijo (Hočevar in Juvančič, 1982, cit. po Hladnik, 2000).

V osemdesetih letih 20. stoletja so v Sloveniji na posameznih GGO (npr. Bled, Celje) že izdelovali prve karte gozdnih sestojev. Zaradi težav s kartiranjem (problem geometrično pravilnega razmejevanja gozdnih sestojev in sicer predvsem zaradi napak radialne deformacije) sta leta 1985 Gozdarski inštitut Slovenije in Oddelek za gozdarstvo na Biotehniški fakulteti pričela razvijati digitalno monorestitucijo letalskih posnetkov (Hočevar in Hladnik, 2006).

Kasneje sta Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire na Biotehniški fakulteti in Gozdarski inštitut Slovenije leta 1993 prešla na tehniko digitalne fotogrametrije (*Desktop Mapping System*, Welch, 1989). Tako so ortofoto posnetki sprva nastali kot stranski produkt digitalne fotogrametrije. Deset let pozneje so začeli ortofoto posnetke, ki jih od leta 1994 sistematično izdeluje Geodetski zavod Republike Slovenije, redno uporabljati v gozdarskem načrtovanju (Hočevar in Hladnik, 2006).

Pomanjkanje strokovnega kadra in sprejemljive tehnologije je še vrsto let zadrževalo razvoj fotointerpretacije in sestojnega kartiranja v praksi. Razmere so se bistveno spremenile, ko sta računalniška in programska oprema postali dostopnejši. Tako je vrsto novosti v koncept sestojnega kartiranja prinesel razvoj tehnologije digitalnih ortofoto posnetkov in analitičnih stereoploterjev (Hočevar in Hladnik, 2006).

Od leta 1998 je izdelava sestojnih kart predpisana s Pravilnikom … (1998). Sestojne karte za celotno območje Slovenije izdeluje Zavod za gozdove Slovenije.

V Sloveniji sta fotointerpretacija in sestojno kartiranje predstavljena v številnih pisnih delih. Tako je Brinovec (1988) primerjal zanesljivost terenskih okularnih ocen z ocenjevanjem lesnih zalog na podlagi fotointerpretacije letalskih posnetkov. Na Biotehniški fakulteti so študentje gozdarstva s fotointerpretacijo in terenskim delom lahko izpeljali ocenjevanje sestojne zgradbe in lesne zaloge sestojev z metodo enoslikovnega računalniškega kartiranja (Cernatič, 1992, cit. po Hladnik, 2000). Zafran (1993) in

Černigoj (1993) sta prikazala zasnove prostorskega informacijskega sistema na ravni gospodarskih enot. Analizo dinamike gozdnih sestojev in gozdnega prostora s pomočjo zaporednih aerosnemanj je opisal Bogovič (1985). Fotointerpretacijo barvnih infrardečih letalskih posnetkov za namene ocenjevanja in spremljanja poškodovanosti gozdov sta predstavila Hočevar in Hladnik (1986) ter Hladnik (1991). Kušar (2000) je na raziskovalni ravni preizkusil stereoskopsko opazovanje z digitalnim stereoploterjem za namene fototerestične inventure gozdnih sestojev. Izdelavo gozdnogojitvenega načrta s pomočjo nekaterih sodobnih informacijskih orodij je predstavil Kopše (2001). Različne analize izločanja sestojev so v svojih delih opisali Baligač (2001), Mlinarič (2001), Poljanec (2005), Devjak (2006).

3 CILJI NALOGE IN DELOVNE HIPOTEZE

Glavni cilji raziskave so:

1. Utemeljitev pomena sestojnega kartiranja ter umestitev sestojne karte in sestoja v gozdnogospodarsko in gozdnogojitveno načrtovanje.
2. Izdelava fotointerpretacijskega ključa iz sestojnih elementov, ki nam ob upoštevanju različnih gozdnogojitvenih sistemov podajo podatke o stanju sestojev, ki jih potrebujemo za gozdnogospodarsko in gozdnogojitveno načrtovanje.
3. Izdelava sestojne karte s stereoploterjem *Digital Images Analytical Plotter* (DiAP), za testni območji na Pokljuki in v Leskovi dolini.
4. Predlaganje priporočil za izdelavo sestojnih kart (tehnologija izdelave in postopek fotointerpretacije).
5. Skladno s standardom ISO 19113 oceniti kakovost obstoječih sestojnih kart za obe testni območji ter primerjati obstoječi sestojni karti s kartama, izdelanima v diplomski nalogi.
6. Opisati postopek vzdrževanja stare sestojne karte in predstaviti dodatne možnosti uporabe sestojnih kart.

Na osnovi dosedanjih raziskav so bile izoblikovane naslednje raziskovalne hipoteze:

1. Po enotnih kriterijih izdelana sestojna karta lahko služi hkrati potrebam gozdnogospodarskega in gozdnogojitvenega načrtovanja ter predstavlja vez med gozdnogospodarskimi in gozdnogojitvenimi načrti.
2. Z ocenjevanjem dodatnih sestojnih elementov, ki so razpoznavni pri prostorskem opazovanju v stereoskopskem modelu, lahko sestojna karta služi tudi drugim, ne le gozdarskim namenom in strokovnjakom.

Vsebina diplomske naloge je glede na cilje in raziskovalne hipoteze razdeljena na več delov. V prvem delu so podane osnovne definicije sestojne karte in glede na predhodne raziskave poskus umestitve med različne ravni načrtovanja v gozdarstvu.

V drugem delu je opisan postopek fototerestične metode izdelave sestojne karte. Poglavje je razdeljeno na pripravo stereoskopskega modela in na fotointerpretacijo.

V zaključnem delu je opisana primerjava med kartama, ki sta bili izdelani v okviru naloge z obstoječima sestojnima kartama Zavoda za gozdove Slovenije. Predlagane so možnosti vzdrževanja ter nadaljnje uporabe sestojnega kartiranja.

4 OBJEKTA RAZISKAVE

4.1 OPIS OBJEKTOV RAZISKAVE

Testna objekta, za katera je izdelana sestojna karta, ležita v GGE Pokljuka in GGE Leskova dolina. Opisni in drugi podatki o testnih objektih so bili privzeti iz Gozdnogospodarskega načrta gozdnogospodarske enote Pokljuka (2006) in iz Gozdnogospodarskega načrta gozdnogospodarske enote Leskova dolina (2004).

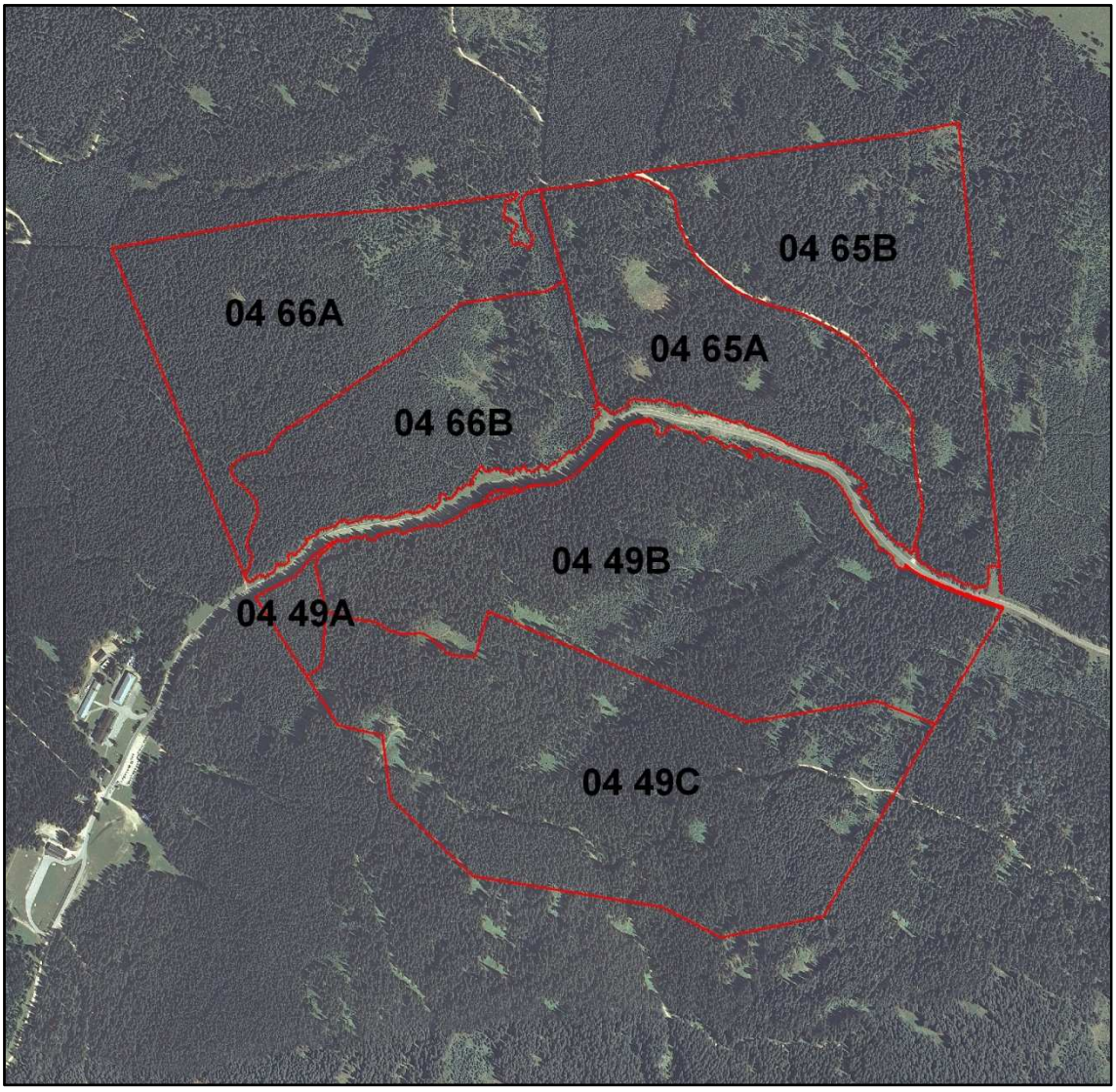
4.1.1 Gozdnogospodarska enota Pokljuka

4.1.1.1 Splošni podatki

Celotna površina GGE Pokljuka je 5.118,78 ha. Gozdovi poraščajo 4.835,25 ha, tako da je gozdnatost skoraj 95 % (slika 6).

Slika 6: Gozdnogospodarska enota Pokljuka (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006; Zavod za gozdove Slovenije)

Glavno gozdno združbo predstavlja predalpski gozd jelke in bukve (*Abieti-Fagetum praealpinum*) z različnimi subasociacijami (37,9 %). Pogosta je tudi združba alpskega gozda smreke z golim lepenom 29,2 % (*Adenostylo glabrae–Piceetum*) in subalpski smrekov gozd 22,9 % (*Piceetum subalpinum*). Pojavljajo pa se tudi *Adenostylo glabrae-Fagetum praealpinum, Anemone trifoliae-Fagetum, Dryopteridio-Abietetum, Rhodothamneto-Rhodoretum, Bazzanio-Piceetum, Luzulo-Fagetum in Sphagno-Piceetum* (Gozdnogospodarski načrt … , 2006).



Slika 7: Testno območje Pokljuka v merilu 1 : 10.000, označeno z mejami oddelkov in odsekov (preglednica 3) (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006; Zavod za gozdove Slovenije)

Preglednica 3: Osnovni podatki o testnem območju Pokljuka (slika 7) (Gozdnogospodarski načrt … , 2006)

RGR GGE	ODSEK	POVRŠINA (ha)
403 (smrekovja mrazišč)	49B	42,70
	65A	21,23
	65B	23,11
	66B	18,49
405 (subalpinska smrekovja)	49A	1,81
	49C	40,65
	66A	24,99
Skupna površina		172,98

Povprečna lesna zaloga v gozdnogospodarski enoti je 486,5 m^3/ha. Od tega je 481,8 m^3/ha iglavcev, tj. 99,0 %. Listavcev je le 4,7 m^3/ha (1,0 %).

V strukturi lesne zaloge po drevesnih vrstah močno prevladuje smreka s 97,0 %. Jelka je prisotna z 1,3 % deležem, vse ostale drevesne vrste skupaj pa so zastopane z manj kot 2 %. Macesna in bukve je po 0,8 %, mehkih listavcev je 0,1 %. Poleg glavnih drevesnih vrst smreke, jelke, macesna in bukve sta z malenkostnim deležem med mehkimi listavci prisotna še javor in jerebika.

V gozdnogospodarski enoti prevladujejo enodobni in enomerni sestoji. Raznomernih sestojev je 751 ha ali 15,5 %, vendar se ti večinoma nahajajo v varovalnih gozdovih.
V GGE prevladujejo debeljaki, ki jih je 38,2 % površine vseh gozdov, drogovnjakov in sestojev v obnovi je približno enak delež, tj. 15 %, medtem ko je mladovij najmanj in sicer 13,1 % (Gozdnogospodarski načrt … , 2006).

4.1.1.2 Značilnosti dosedanjega gospodarjenja in gozdnogojitveni problemi

Gozdnogospodarska enota Pokljuka leži v gozdnati krajini, kjer so ekološki pogoji zelo zaostreni. Gozdovi Pokljuke so od nekdaj predstavljali velik oddaljen, neposeljen gozdni kompleks in so najprej rabili predvsem lovu. Prebivalstvo je imelo v bližnjih gozdovih pravico do stelje, nabiranja gozdnih sadežev, drv in lesa.

Gozdove v GGE so upravičenci izkoriščali nenačrtno in potratno vse dokler ni prišlo do motene preskrbe zaradi pomanjkanja lesa. To je veljalo tako za servitutne upravičence kot za zakupnike in oglarje v 18. stoletju. Posebej paša v gozdu je bila vzrok za pogoste

krčitve, požare in poškodovanje mladih kultur smreke (Gozdnogospodarski načrt … , 2006).

Šele v sedemdesetih letih 18. stoletja so se nasprotja med koristniki dobrin gozda začela uravnavati, v končni stopnji so se rešile z odkupom servitutnih pravic in razdelitvijo nižinskih gozdov in gozdov na pobočjih planot pašnim upravičencem ali z denarno odškodnino.

Po letu 1945 so pokljuški gozdovi postali splošno ljudsko premoženje, po osamosvojitvi Slovenije pa državni gozdovi v upravljanju Sklada kmetijskih zemljišč in gozdov. Za potrebe obnove dežele so po letu 1945 posekali velike količine lesa, vzporedno pa so gradili mrežo gozdnih prometnic, ki danes predstavlja enega ključnih pogojev za sonaravno gospodarjenje s temi, sedaj precej spremenjenimi in labilnimi gozdovi.

Za velik del današnjih sestojev je čas njihovega nastajanja obdobje po letu 1848. Zasnove teh sestojev niso bile prav dobre, v precejšnjem delu zanesljivo slabe. V naravnih mladovjih naj bi po načrtu opravljali čiščenja vsega slabega drevja, večinoma so izsekali tudi vso bukev. Starejših sestojev aktivno niso izboljševali, odstranjevali so le polomljeno, poškodovano in bolno drevje. Gospodarjenje je bilo usmerjeno na čim bolj čiste, enomerne sestoje smreke s čim krajšo proizvodno dobo (Gozdnogospodarski načrt … , 2006).

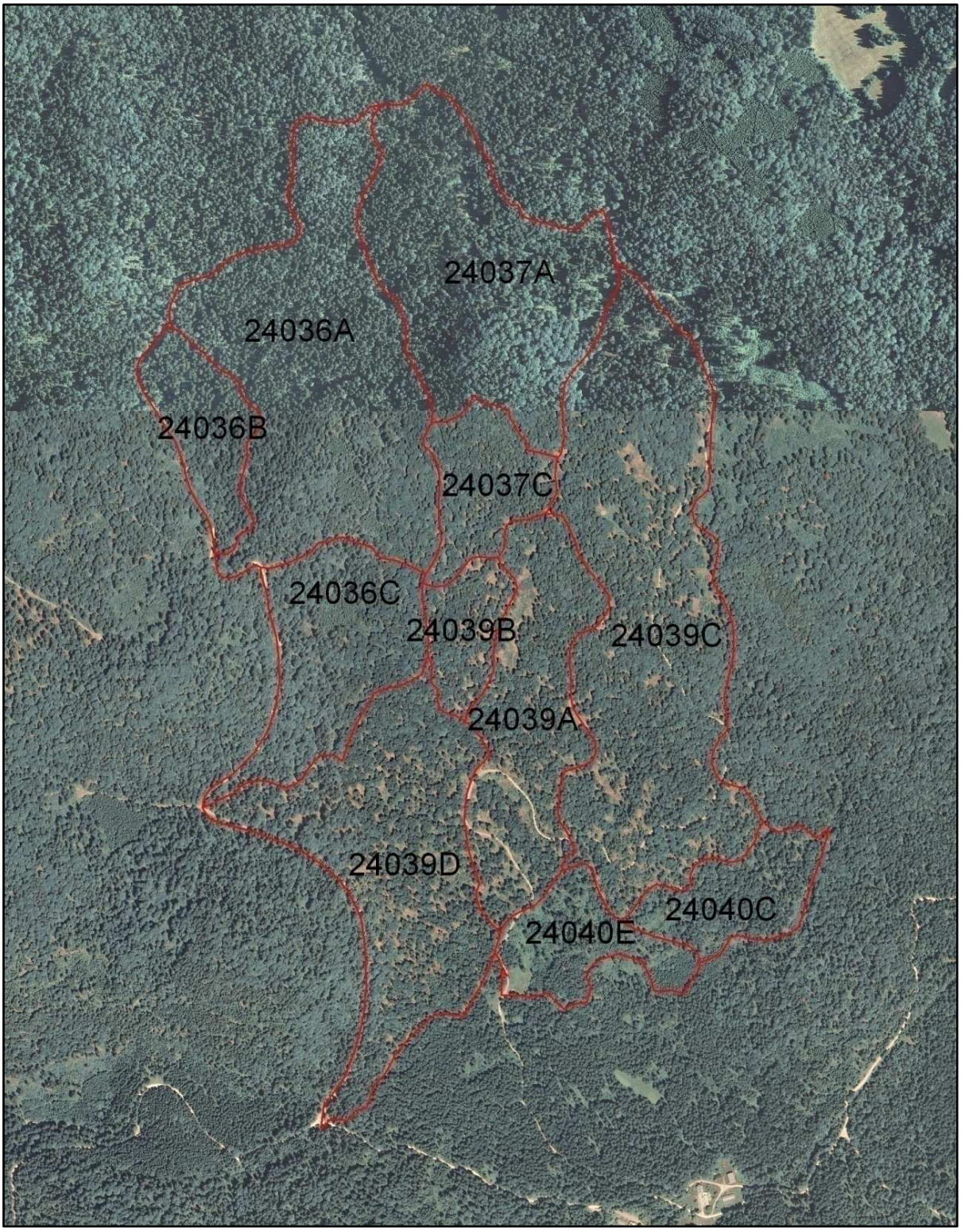
Tako je zadostovalo borih sto let, da se je podoba gozdov močno spremenila. Od naravne mešanosti se ni samo močno odmaknila le sestava in deleži vrst, spremenila sta se tudi naravna zgradba, uravnoteženost razvojnih stopenj in posledično so gozdovi gospodarske enote postajali vse manj stabilni. Obenem pa so, zaradi ugodne prometne lege, ti gozdovi postopoma postali tudi vir različnih dobrin materialne in splošnokoristne narave (Gozdnogospodarski načrt … , 2006).

4.1.2 Gozdnogospodarska enota Leskova dolina

4.1.2.1 Splošni podatki

Gozdnogospodarska enota Leskova dolina sodi med večje gozdnogospodarske enote postojnskega območja in meri 3.062,37 hektarjev. Gozdovi poraščajo 3.011,23 ha, tako da je gozdnatost skoraj 98,3 % (slika 8) (Gozdnogospodarski načrt … , 2004).

Slika 8: Gozdnogospodarska enota Leskova dolina (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006; Zavod za gozdove Slovenije)



Slika 9: Testno območje Leskova dolina v merilu 1 : 10.000, označeno z mejami oddelkov in odsekov (preglednica 4) (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006; Zavod za gozdove Slovenije)

Preglednica 4: Osnovni podatki o testnem območju Leskova dolina (slika 9) (Gozdnogospodarski načrt ... , 2004)

RGR GGE	ODSEK	POVRŠINA (ha)
407 (Mešani in raznomerni gozdovi na rastišču *Omphalodo-Fagetum mercurialetosum*)	40C	6,93
504 (Mešani in raznomerni gozdovi na rastišču *Omphalodo-Fagetum typicum*)	36A	32,98
	36B	6,76
	36C	13,68
	37A	25,78
	37C	7,05
	39A	16,76
	39B	4,61
	39C	39,91
	39D	25,21
	40E	7,11
Skupaj površina		186,78

Glavno gozdno združbo predstavlja dinarski gozd jelke in bukve (*Omphalodo-Fagetum*) z različnimi subasociacijami (73,9 %). Znotraj glavne združbe pa se lokalno pojavljajo še *Ulmo-Aceretum pseudoplatani* (0,8 %) in v mraziščih *Piceetum subalpinum dinaricum* (1,2 %). Proti vrhu Snežnika jelov-bukov gozd prehaja v čiste bukove sestoje (*Ranunculo platanifolii-Fagetum orvalaetosum* (6,7 %) in *Ranunculo platanifolii-Fagetum helleboretosum* (7,4 %). Nad zgornjo gozdno mejo pa v večjih površinah najdemo še združbo ruševja (*Pinetum mughi*) (Gozdnogospodarski načrt … , 2004).

Povprečna lesna zaloga v gozdnogospodarski enoti je 405 m^3/ha, od tega je 276 m^3/ha iglavcev tj. 68 % in 129 m^3/ha listavcev tj. 32 %.

V lesni zalogi prevladuje jelka s 50,0 %, sledi bukev z 28,6 % in smreka z 18,2 %. Te tri drevesne vrste zajemajo skoraj 97 % vse lesne zaloge, plemeniti listavci pa imajo v lesni zalogi 3,0 % delež. Ostale drevesne vrste oziroma skupine drevesnih vrst imajo delež manjši od 0,1 %.

Prevladujejo raznomerni sestoji in sicer pokrivajo 69,7 % površine GGE, mladovja je 1,2 %, drogovnjakov je 7,0 %, debeljakov 8,5 % in sestojev v obnovi 9,4 %. Podatki za grmičav gozd se nanašajo na rušje.

Kar 51 % lesne zaloge predstavlja drevje, ki je debelejše od 50 cm. Pri iglavcih ta delež znaša kar 64 %, medtem ko je pri listavcih ta delež 22 % (Gozdnogospodarski načrt … , 2004).

4.1.2.2 Značilnosti dosedanjega gospodarjenja in gozdnogojitveni problemi

Veliko razbremenitev za gozdove na Snežniku je po letu 1848 pomenila odprava fevdalizma in posledica tega tudi odprava servitutnih pravic v veleposestniških gozdovih. Tako je bila iz teh gozdov odstranjena paša domačih živali (krav, koz in ovc). Do leta 1874 so bile ukinjene vse služnostne pravice v gozdovih sedanje GGE Leskova dolina. Jelenjad na območju Snežnika je bila do leta 1868 praktično iztrebljena. Vse to; odprava paše in iztrebljenje jelenjadi, je izjemno ugodno vplivalo na regeneracijo in pomlajevanje gozdov v tistem času. Ker so bile odpravljene tudi druge služnostne pravice v gozdovih (uporaba lesa za gradnjo in kurjavo) in s tem stihijsko izkoriščanje gozdov, so bili torej sredi 19. stoletja vzpostavljeni osnovni pogoji, da se z gozdovi na Snežniku, kamor spada tudi GGE Leskova dolina, prične strokovno in načrtno gospodarjenje (Gozdnogospodarski načrt … , 2004).

Značilno za gozdove na Snežniku konec 19. stoletja je, da so opisani kot dvoslojni gozdovi z velikim deležem bukve; zgornji sloj je predstavljalo staro drevje bukve in jelke, spodaj pa je bil obilen jelov podmladek. Osnovni gospodarski cilj v teh gozdovih je bil doseči najvišjo zemljiško rento, to pa bi omogočili le enomerni sestoji s pretežnim deležem iglavcev. Predpisali so premeno v enomerne sestoje z večjim deležem iglavcev. Dosegli naj bi jo s hitrimi pomladitvenimi (oplodnimi) sečnjami in sečnjo na golo.

Preobrat v gospodarjenju z gozdovi na tem področju pomeni gozdnogospodarski načrt iz leta 1912. Kot ciljni gozd je ta načrt predstavil prebiralen jelov gozd in uvedel prebiralno gospodarjenje z gozdovi. Osnova za načrtovanje ukrepov je bilo podrobno poznavanje stanja v gozdovih na osnovi polne izmere gozdov in natančne evidence opravljenega poseka, torej načrtovanje ukrepov po načelih kontrolne metode, ki jo je snežniški gozdar H. Schollmayer utemeljil leta 1906 in prvič praktično obdelal leta 1912, prav v načrtu, v katerega so bili vključeni gozdovi sedanje GGE Leskova dolina.

Na nadaljnji razvoj gozdov je vplivalo natančno ugotavljanje prirastka in, izhajajoč iz tega, določitev etata ter realizacija sečenj. Pod Hufnaglovim vplivom, stanjem na terenu, kjer je bilo v sestojih obilno jelovega pomladka in spoznanju, da bi zaradi velikopovršinskih posekov zaradi kraške podlage prišlo do zakrasevanja, so snežniške gozdove proglasili za prebiralne (Gozdnogospodarski načrt … , 2004).

Prebiralno gospodarjenje se je nadaljevalo tudi po vojni. Pospeševali so jelko, hoteli so spremeniti razmerje jelke in bukve v prid jelke, zato so močno izsekovali bukev. Lesna zaloga je rasla predvsem v korist iglavcev. Z močnimi sečnjami so sestoje redčili, v spodnjem sloju pa se je začel pojavljati gost sloj bukve, zato so predpisali njen posek in poskušali doseči pomladitev jelke. Za to obdobje je značilen velik padec lesne zaloge bukve v vseh debelinskih razredih. Bukev se je ponovno močneje pojavila šele v letih 1954–64 in to v nižjih debelinskih razredih (Gozdnogospodarski načrt … , 2004).

Z močnim izsekovanjem bukve pa so dosegli ravno nasproten učinek od zaželenega. Porušena je bila vertikalna zgradba sestojev in ravnotežje med iglavci in listavci, ter jelka se je prenehala pomlajevati. Zaradi nastale sestojne zgradbe se načela prebiralnega gospodarjenja niso mogla več uveljaviti na celotni površini.

Z obsežno analizo starosti jelovega drevja in s statističnimi obdelavami je dr. Gašperšič v načrtu za GGE Mašun, ki je bil v veljavi od 1964 do 1973 dokazal, da snežniški gozdovi niso prebiralni gozdovi, ampak resnično izvirajo iz enodobnih, čeprav so se posamezni kompleksi pomladili v različnem časovnem intervalu (Gozdnogospodarski načrt … , 2004).

5 METODE DELA

5.1 VLOGA SESTOJNE KARTE V GOZDARSTVU IN NAČINI IZDELAVE

Sestojna karta je pregleden prikaz stanja gozdov v določenem trenutku, ki vsebuje informacije o prostorski razporeditvi sestojev, njihovi zgradbi in tudi o načinu gospodarjenja.

Področja gozdarstva, v katerih jo je mogoče uporabljati so (Hočevar, 1995):

1. **Gozdnogospodarsko načrtovanje:** kontrola trajnosti gospodarjenja z gozdovi in določitev etata. Iz analize sestojnih kart, izdelanih v različnih obdobjih, sta razvidna razvoj sestojev in način gozdnega gospodarjenja v preteklosti.
2. **Gozdne inventure:** pri vzorčni izmeri so sestojne karte lahko osnova za stratifikacijo podatkov. Iz sestojnih kart pridobivamo za izračun lesnih zalog in prirastka po stratumih točne površinske podatke.
3. **Gojenje gozdov:** poznavanje deleža razvojnih faz, strukture sestojev po drevesnih vrstah in sklepa krošenj ter njihove prostorske porazdelitve so pomembna osnova pri načrtovanju in kontroli gozdnogojitvenih ukrepov. To še posebno velja za skupinsko postopno gospodarjenje, ki zahteva prostorski red razvojnih faz in pomladitvenih ukrepov.
4. **Druga področja:** pri izdelavi sečno-spravilnih načrtov je za opredelitev tehnološkega postopka poleg konfiguracije terena pomembno poznavanje sestojnih tipov; v gozdovih z avtohtono vegetacijo so sestojne karte pomemben pripomoček pri kartiranju gozdnih združb.

Razmejevanje sestojev je torej namenjeno predvsem lažji orientaciji v prostoru, večji preglednosti, učinkovitemu pridobivanju informacij o stanju gozdov, analiziranju stanja in razvoja gozda, opredeljevanju ciljev in ukrepov v gozdu ter izvajanju in kontroli.

Poznamo različne metode izdelave sestojne karte:

1. terestične metode in
2. fototerestične metode.

Pri terestični metodi celotno sestojno karto izdelamo neposredno na terenu. Sestoje prehodimo in meje rišemo na letalske posnetke, ortofoto ali karto. Na terenu jim pripišemo tudi šifro atributov.

Pri fototerestični metodi sestojno karto izdelamo na podlagi letalskih posnetkov v pisarni, kjer razmejenim sestojem pripišemo tudi šifre atributnih podatkov. Pisarniško delo se razdeli na pripravo stereoskopskega modela in na fotointerpretacijo. Z izdelano sestojno karto se nato odpravimo na teren. Cilj terenskega dela je, da sestojno karto v nekaterih vzorčnih sestojih preverimo in jo, kjer je bila fotointerpretacija dvomljiva ali nemogoča, dopolnimo s šiframi atributnih podatkov. Tako lahko na terenu zelo dobro vsebinsko opredelimo posamezen sestojni tip, letalski posnetki pa nam omogočajo pregled nad celoto razmejenega območja.

5.2 FOTOTERESTIČNI NAČIN IZDELAVE SESTOJNE KARTE

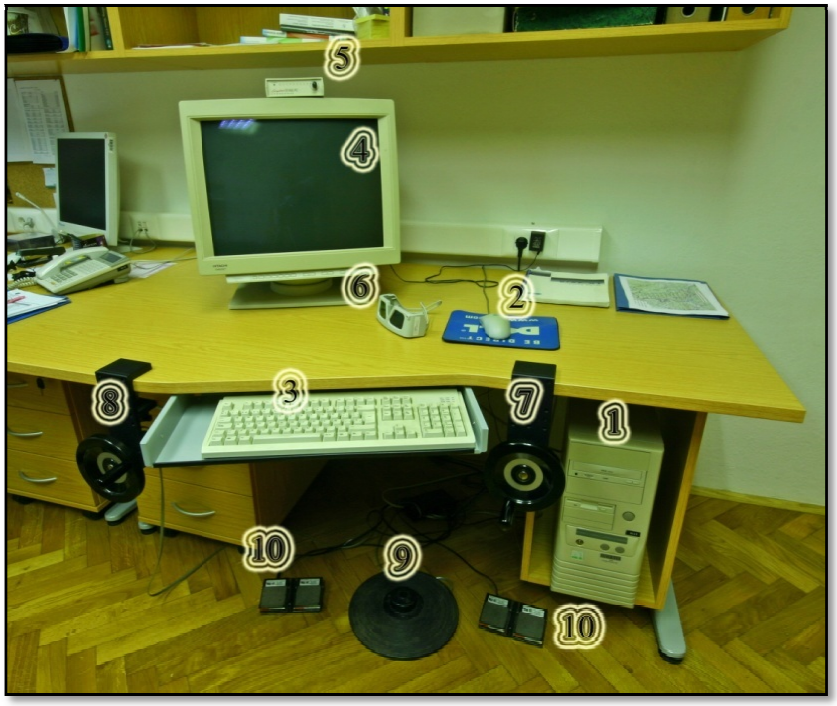
5.2.1 Priprava stereoskopskega modela

5.2.1.1 Opis digitalnega stereoploterja

Stereoploter kanadske družbe ISM – *Digital Images Analytical Plotter* (DiAP), ki dela v okolju *MicroStation*, omogoča neposredno opazovanje stereomodela in kartiranje na prostorski model posnetega terena. Interpretator lahko na digitalne letalske posnetke vrisuje meje sestojev in jih glede na predhodno postavljene kriterije (fotointerpretacijski ključ) poskuša tudi vsebinsko opredeliti.

Prostorsko opazovanje omogoča stereoskopski efekt. Da lahko človeški možgani ustvarijo prostorsko sliko, je treba z vsakim očesom posebej istočasno gledati sliki istega objekta, posnetega z različnih stojišč. Zato potrebujemo dva zaporedna, navpična, z iste višine (enako merilo) posneta letalska posnetka (stereopar), ki se prekrivata vsaj na 60% površine. Stereoploter razdeli enotno sliko zaslona s stereoparom na dve polji, ki se

izmenjujeta s frekvenco 60 Hz. To izmenjevanje slik se prinaša preko signalizatorja na posebna očala *CrystalEyes*, ki torej ločeno predstavijo levemu in desnemu očesu ustrezno sliko. Ostalo opravijo človeški možgani in zato na zaslonu vidimo prostorski model gozda (Kušar, 2000).



Slika 10: DiAP v laboratoriju Gozdarskega inštituta Slovenije

Stereoploter sestavljajo (slika 10): računalnik (1), miška (2), tipkovnica (3), zaslon (4), signalizator (5), očala (6), kolesa za pomik v Y smeri (7), kolesa za pomik v X smeri (8), diska za pomik v Z smeri (9) in pedal za potrjevanje ukazov (10).

V tej diplomski nalogi smo pri izdelavi testnih sestojnih kart rabili naslednjo opremo:

a) sistem za stereo gledanje:
   - program DiAP verzija 2.99,
   - *MicroStation 95*,
   - očala (*CrystalEyes LCD Active*),
   - signalizator;
b) strojna oprema:
   - osebni računalnik Pentium P5 CPU,
   - monitor, 120 Hz.

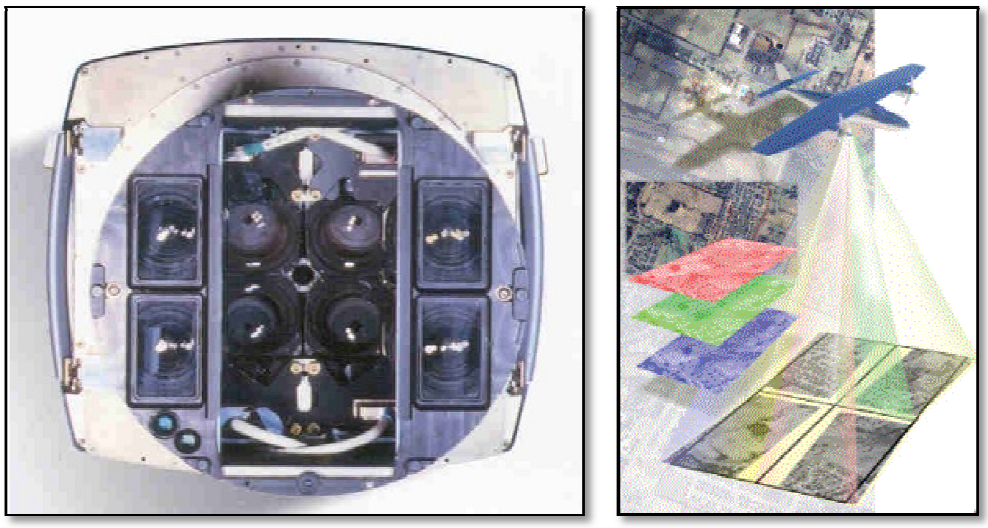
c) sistem za prostorsko premikanje:
   - kolesi za premikanje v X in Y smeri, disk za premikanje v Z smeri ter pedala za izvajanje ukazov;

d) programska oprema:
   - ArcGIS 9.2.

5.2.1.2 Značilnosti letalskih posnetkov

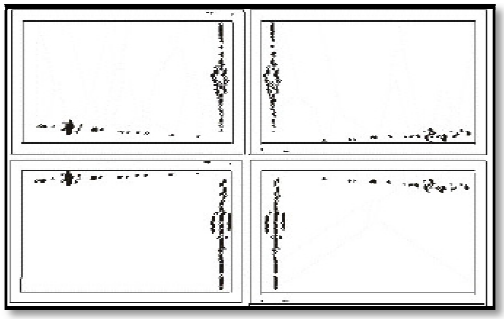
Uporabili smo letalske posnetke aerosnemanja iz leta 2006. Vsi posnetki so bili posneti z digitalno kamero *Intergraph* DMC (*Digital Mapping Camera*) 110, ki jo uporablja Geodetski zavod Slovenije.

Kamera ima štiri pankromatske in štiri multispektralne senzorje CCD. Pankromatski senzor ustvari črnobel posnetek, multispektralne kamere pa zajamejo frekvenčno območje v modelu RGB (rdeča, zelena in modra) in bližnjem infrardečem območju CIR. Vsi senzorji posnamejo fotografijo sinhrono v istem trenutku. Štirje pankromatski senzorji so veliki 4.000 x 7.000 pikslov in štirje multispektralni senzorji 2.000 x 3.000 pikslov. Pankromatski senzorji se nahajajo v sredini kamere (slika 11) in so nekoliko nagnjeni eden proti drugemu, kar povzroča prekrivanje robov posnetkov. Multispektralni senzorji se nahajajo v paru po dva levo in desno od pankromatskih senzorjev. Velikost piksla pri senzorjih je 12 µm. Goriščnica kamere za pankromatske senzorje znaša 120 mm in za multispektralne senzorje 25 mm (Oswald, 2006).



Slika 11: Digitalna kamera DMC 110 (Oswald, 2006) in predstavitev letalskega snemanja (www.intergraph.com)

Pri nadaljnji obdelavi se vsi štirje pankromatski posnetki sestavijo v enega. Najprej se določi skupni projekcijski center posnetkov in nato se na podlagi 30–50 ujemajočih se točk na dveh sosednjih posnetkih sestavijo v enega (slika 12) (Oswald, 2006). Ko je posnetek sestavljen, je velik 7.680 x 13.824 pikslov.



Slika 12: Primer razmestitve točk ujemanja po štirih pankromatskih posnetkih (Oswald, 2006)

Za leto 2006 so na razpolago torej barvni in IR posnetki za celotno ozemlje Slovenije. Ločljivost teh posnetkov je dvojna, in sicer v močneje poseljenih predelih obsega piksel na posnetku v naravi 0,25 metra, na manj poseljenih območjih pa 0,50 metra.

Vsi posnetki so že v digitalnemu zapisu in jih je bilo potrebno le pretvoriti v format, ki ga uporablja računalniški sistem *Microstation* 95.

5.2.1.3 Izdelava geokodiranega prostorskega modela (orientacija posnetkov)

Fotogrametrični del izdelave sestojne karte obsega naslednje faze:

- oblikovanje izhodišča projektne zbirke,
- notranja orientacija,
- relativna orientacija,
- absolutna orientacija.

Za vsako testno območje je potrebno oblikovati projektno zbirko (*design file*), kamor se beležijo vse osnovne informacije o prostorskem modelu in linije, ki jih kasneje digitaliziramo. K vsaki taki zbirki moramo izdelati še ustrezne datoteke, in sicer:

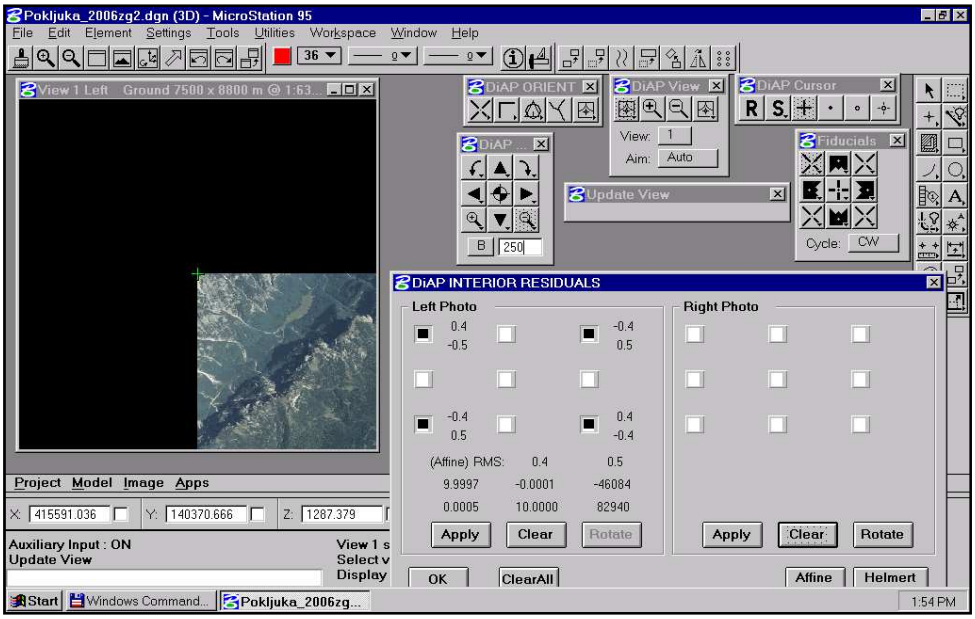
- **kontrolno datoteko** (*Control file*), ki se dopolnjuje skozi proces triangulacije in vsebuje znane točke koordinatnega sistema za določeno ploskev. Sem se torej

kasneje zapisujejo vsi podatki o kontrolnih točkah, ki se uporabljajo za vpenjanje modela v Gauss-Kruegerjev koordinatni sistem;

- **datoteko modela** (*Model file*), ki vsebuje podatke o modelu (opis modela, podatke o projektu, filmu in o digitalnih posnetkih);
- **datoteko kamere** (*Camera file*), kjer so zapisani podatki o digitalni kameri (velikost posnetka, goriščnica);
- **datoteko projekta** (*Project file*), ki vsebuje podatke o projektu (opis projekta, podatke o kontrolni datoteki in kameri).

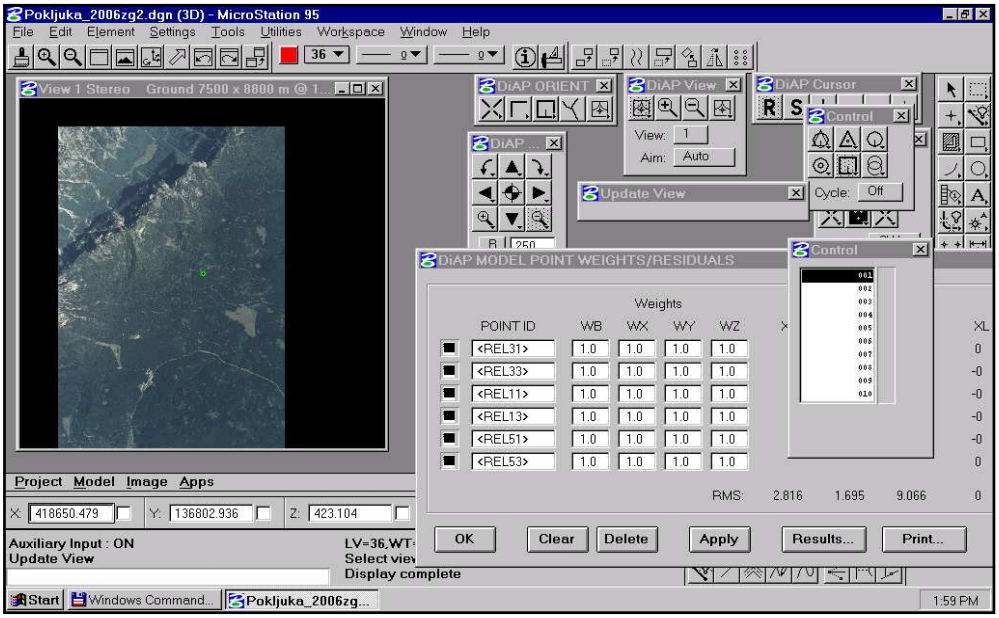
Da dosežemo stereoskopski efekt, je treba posnetka orientirati. S tem odpravimo paralakse, ki nastanejo zaradi nepravilne postavitve posnetkov. Obstajajo tri faze orientacije, ki morajo biti izvedene, da je stereo model v DiAP-u orientiran in jasen. Razdelimo jih na notranjo, relativno in absolutno orientacijo.

Za notranjo orientacijo na obeh posnetkih poiščemo štiri robne točke in jih čim bolj natančno označimo pod veliko povečavo (slika 13). Nato računalniški sistem avtomatsko na podlagi informacij o kameri (dolžina in širina posnetka) prekrije levi in desni posnetek, ki se nato pozneje izmenjujoče predstavljata levemu in desnemu očesu, kar povzroča stereoskopski efekt. Po končani notranji orientaciji je v modelu prisotna še Y paralaksa. Zaradi tega je slika meglena in neostra.



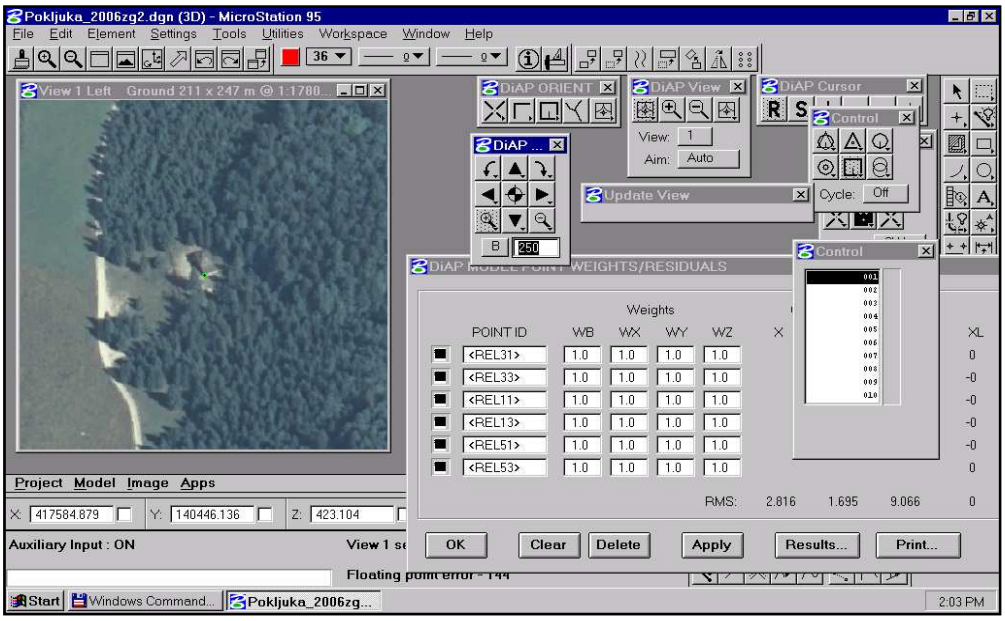
Slika 13: Izhodišča in postopki pri notranji orientaciji s stereoploterjem DiAP

S pomočjo relativne orientacije odpravimo Y paralakso, in sicer tako, da si nadenemo očala za opazovanje prostorske slike (*CrystalEyes*) in na relativnih točkah (v našem primeru 15), razporejenih po celem modelu, premikamo (v Y in X smeri) en posnetek preko drugega toliko časa, da je prostorska slika jasno vidna in da prostorska markica leži na tleh posnetega zemljišča (slika 14). Tako opravimo relativno orientacijo posnetkov in oblikujemo prostorski model v slikovnem koordinatnem sistemu.



Slika 14: Izhodišča in postopki pri relativni orientaciji s stereoploterjem DiAP

Prostorski model je treba transformirati v državni kartografski sistem, v času izdelave diplomske naloge Gauss - Kruegerjev koordinatni sistem. To dosežemo z absolutno orientacijo (slika 15). Preko celotne površine, ki jo prekrivata oba posnetka, si izberemo čim večje število oslonilnih točk, ki so na posnetkih jasno vidne in katerim lahko na podlagi temeljnih topografskih načrtov, podatkov GPS ali drugih natančnih prostorskih podatkov natančno določimo koordinate X, Y in nadmorsko višino Z. Te oslonilne točke nato poiščemo in jih označimo na našem stereomodelu ter ga s tem vpnemo v državni koordinatni sistem.

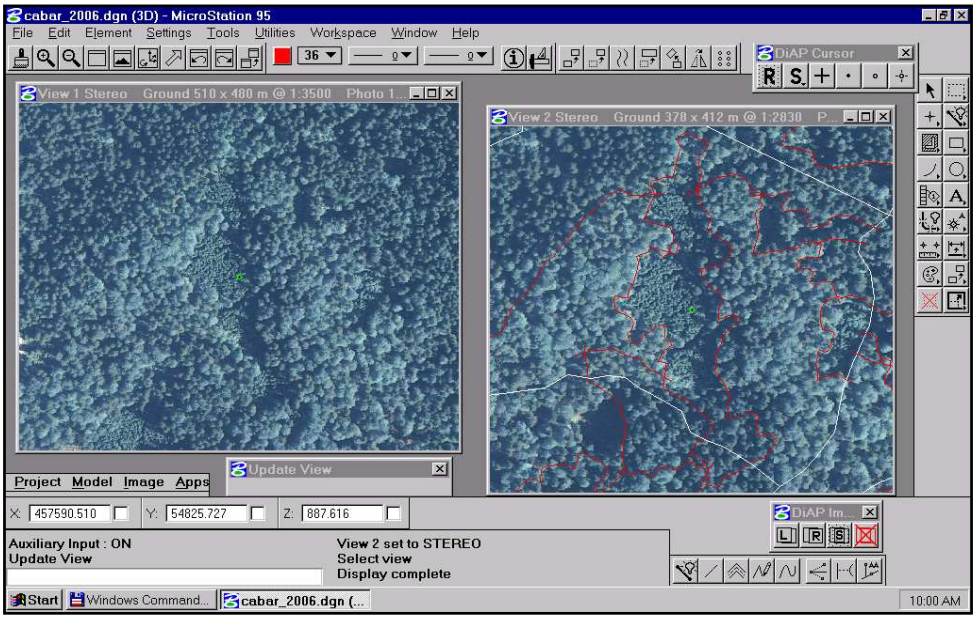


Slika 15: Izhodišča in postopki pri absolutni orientaciji s stereoploterjem DiAP

Po končani orientaciji smo preverili tudi napako modela RMSE. Napaka RMSE (*Root Mean Square Error*) nam računalniški sistem izračuna avtomatsko, in sicer je to kvadratni koren aritmetične sredine kvadratov ali odstopanje vrednosti določenega podatka od povprečja (Kosmatin Fras 2004). V našem primeru je šlo torej za odstopanje med koordinatami kontrolnih točk na stereomodelu in temeljni topografski karti. Vrednost RMSE za posnetka na Pokljuki je bila x = 2,82 m in y = 1,69 m, ter za Leskovo dolino x = 2,92 m in y= 1,72 m. Predvidevamo, da bi se vrednost RMSE z izkušenostjo fotointerpretatorja lahko še znižala. Model je sedaj pripravljen za kartiranje, razmejevanje sestojev, fotointerpretacijo ali za fotogrametrična merjenja.

5.2.1.4 Vektorizacija in izdelava sestojne karte

Da bi lahko kasneje podatke o sestojih združevali na ravni odsekov, smo za oba testna območja digitalno karto odsekov (vir: ZGS) vnesli v okolje stereoploterja. Te meje smo pri vektorizaciji sestojne karte upoštevali in so torej tudi sestavni del obeh končnih sestojnih kart (slika 16). V primeru testnega objekta na Pokljuki smo v okolje stereoploterja prenesli tudi obstoječo sestojno karto, ki jo je leta 2005 izdelal ZGS. S stereoploterjem smo tako v tem primeru le popravili spremenjene meje sestojev in nakazali na potencialne možnosti vzdrževanja starih sestojnih kart. Da smo lahko karto odsekov in staro sestojno karto prenesli v okolje stereoploterja, smo ju morali predhodno dopolniti s podatki o nadmorski višini in sicer smo za to uporabili digitalni model višin. V primeru Leskove doline smo za celotno testno območje izdelali novo sestojno karto.



Slika 16: Postopek digitaliziranja sestojev s stereoploterjem DiAP, kjer predstavljajo rdeče linije meje sestojev in bele linije meje oddelkov in odsekov

Sestoje smo vektorizirali s tehniko »špagetov« oz. linij, kar pomeni, da smo v presečiščih risali linije tako, da so ležale druga preko druge (slika 17). To je ena od slabosti programskega orodja, ker ne omogoča zaključevanja posameznih linij v vozliščih. Ta presečišča smo puščali, ker ima vsaka linija tudi določeno nadmorsko višino in ob projekciji vseh linij na isto horizontalno ravnino lahko povzroči, da se posamezne linije med seboj razmaknejo.

Slika 17: Vektorizacije sestojev po tehniki »špageti« s stereoploterjem DiAP (Vir podatkov: Letalski posnetek, Geodetska uprava RS, 2006)

V *MicroStation*-u digitalizirane linije smo izvozili v format DXF in ga uporabili v geografskem informacijskem sistemu ArcInfo. Z ukazom CLEAN smo počistili odvečne linije, ki so nastale pri kartiranju (tehnika »špagetov«) in oblikovali topologijo območij (poligonov). Sloj smo nato prenesli v program ArcMap. Potrebno je bilo počistiti nekaj odvečnih poligonov, ki so nastali zaradi npr. predolgih ali prekratkih linij na presečiščih, nato smo vsakemu poligonu v opisni del dodali šifre sestoja glede na fotointerpretacijski ključ.

5.2.2 Fotointerpretacija

Fotointerpretacija je miselni proces, ki zahteva izkušenega poznavalca z obsežnim poznavanjem gozdarske stroke, posnetega območja in obvladovanje interpretacijske tehnike (Hočevar, 1984, cit. po Zafran, 1993). Njena naloga je prepoznavanje in razmejevanje objektov in površin (osnova so tonski kontrasti na posnetku) ter prepoznavanje (identifikacija) le teh (Hočevar, 1995).

Za pravilen pristop k fotointerpretaciji je treba imeti predhodno jasno opredeljene cilje in zahteve. Pomembno je vnaprej določiti, katere podatke bomo zbirali, na kakšen način, kakšna naj bo njihova točnost in možnost predstavitve. Od vseh teh odločitev je odvisno, kakšne posnetke bomo rabili (barvne, infrardeče, merilo oz. ločljivost) ter katere metode in instrumenti nam lahko zagotavljajo želeno točnost.

Fotointerpretacija teče po načelu iz splošnega v podrobno in iz poznanega v nepoznano. Tako dobiva sprva groba sestojna karta vedno bolj podrobno strukturo. Podrobnost je odvisna od števila izbranih kriterijev in minimalne še izločene površine.

Pri izdelavi sestojnih kart na podlagi letalskih posnetkov Hočevar (1995) predlaga naslednji postopek.

1. **Pripravljalna dela**: nabava posnetkov, zbiranje kartnega materiala, elaboratov in drugega informacijskega gradiva o območju.
2. **Izbira in poskusna fotointerpretacija izbranega (testnega) območja**: zajema bistvene primere, s katerimi se bomo srečali. V tej fazi se naučimo na podlagi primerjave terenskega stanja objektov ali zemljišč s prikazom na aeroposnetku prepoznati objekte ter **izdelamo fotointerpretacijski ključ** (opis, tipični sestoji na aeroposnetkih z znano identifikacijo).
3. **Fotointerpretacija celotnega območja**: ob tem si mora interpretator označiti sestoje, pri katerih je imel probleme z identifikacijo objektov.
4. **Preverjanje na terenu**: s posnetki obhodimo vprašljive sestoje in, če je treba, popravimo identifikacijo (šifro). Razmejitve na terenu ne popravljamo, ker so zaradi boljšega pregleda pri fotointerpretaciji izrisane meje bolj točne kot imamo vtis na terenu. V tej fazi se karto tudi dopolni s podatki, ki jih pri fotointerpretaciji nismo mogli oceniti ali določiti.

Razmejevanje objektov temelji na prepoznavanju različnih fotointerpretacijskih elementov (slika 18). Tako značilnosti posameznega objekta, v našem primeru sestoja, ocenimo na podlagi različnih barvnih tonov, oblik, dimenzij (npr. višinske razlike med drevesi, ki jih je mogoče razpoznavati s stereoskopskim opazovanjem), senc, struktur (različni vzorci) in razporeditev v prostoru. Za identifikacijo sestojev uporabljamo več elementov hkrati. Pomen posameznih elementov pri fotointerpretaciji je od primera do primera različen, spreminja se glede na lastnosti interpretacijskih objektov, ločljivost in kakovost letalskih posnetkov (Hočevar, 1995). Tako npr. za ocenjevanje razvojne faze upoštevamo obliko krošenj, njihovo velikost in strukturo, pri mešanosti pa predvsem obliko krošenj in barvne odtenke. Poleg upoštevanja fotointerpretacijskih elementov mora imeti fotointerpetator tudi sposobnost asociativnega razmišljanja, kar mu omogoča identifikacijo nekaterih objektov na podlagi logičnega sklepanja.

Slika 18: Fotointerpretacijski elementi (prirejeno po Hočevar, 1995)

Faze razmejevanja gozdnega prostora delimo na:

- razmejevanje gozdnega in negozdnega prostora,
- razmejevanje gozdnih površin na podlagi sestojnih značilnosti.

Gozdni prostor definira 3. člen Zakona o spremembah in dopolnitvah Zakona o gozdovih (2007), ki pravi, da je gozd zemljišče, poraslo z gozdnim drevjem v obliki sestoja, ki lahko doseže višino najmanj 5 m in ima površino najmanj 0,25 ha. Gozd so po tem zakonu tudi vsa zemljišča v zaraščanju na površini najmanj 0,25 ha, ki se zadnjih 20 let ni uporabljalo v kmetijske namene in na katerem lahko gozdno drevje doseže višino najmanj 5 metrov ter je pokrovnost gozdnega drevja dosegla 75 odstotkov. Gozd so tudi vsi obrečni in protivetrni pasovi, širši od ene drevesne višine odraslega drevja, na površini najmanj 0,25 ha.

Drugi odstavek 3. člena navaja, da so druga gozdna zemljišča vsa zemljišča, porasla z gozdnim drevjem ali drugim gozdnim rastjem, na površini najmanj 0,25 ha, ki niso gozd in se zadnjih 20 let niso uporabljala v kmetijske namene. Med druga gozdna zemljišča se uvrščajo tudi obore v gozdovih za rejo divjadi in zemljišča pod daljnovodi v gozdu na površini najmanj 0,25 ha.

Tretji odstavek istega člena navaja, da je gozdna infrastruktura, ki ni odmerjena v samostojno parcelo, tudi sestavni del gozda.

Po zakonu ni gozd oz. gozdno zemljišče posamično gozdno drevje, skupine gozdnega drevja na površini do 0,25 ha, drevoredi, parki in plantaže gozdnega drevja.

Po 32. členu Pravilnika ... (1998), ki govori o ugotavljanju površin gozda, pa gozdni prostor uvršča tudi kmetijska zemljišča v zaraščanju, če se zadnjih 20 let niso uporabljala v kmetijske namene in je pokrovnost gozdnega drevja oziroma drugega gozdnega rastja na njih presegla 75 %, pri čemer se površine, ki so večje od 0,5 ha, obravnavajo po delih, velikih 0,5 ha.

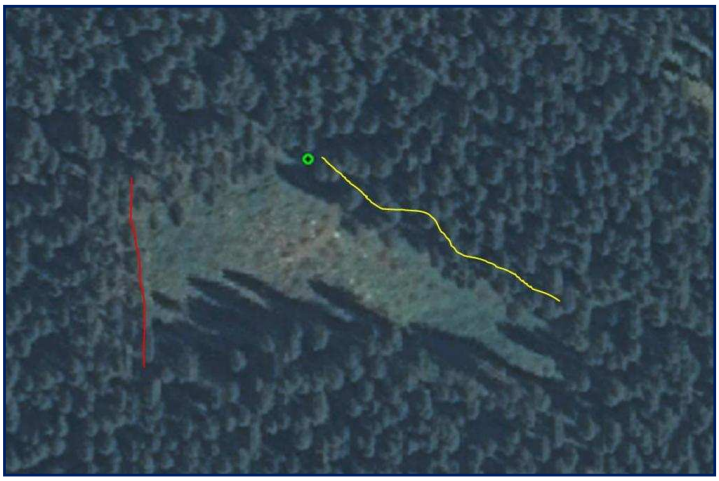
Razmejevanje gozdnega od negozdnega prostora na letalskih posnetkih poteka po dnišču dreves ali, če slednje ni vidno, po vrhovih krošenj. Katero izmed tehnik bomo uporabili, je odvisno od pozicije dreves na letalskem posnetku. Kjer so drevesa na posnetku postavljena navpično, digitaliziramo po vrhovih krošenj (slika 19 – rdeča linija). Slednje je najpogosteje mogoče le v središču posnetka in njegovi bližnji okolici. Bolj se od središča oddaljujemo proti robu posnetka, bolj so drevesa nagnjena (prevrnjena). V tem primeru poskušamo sestojno mejo digitalizirati po dnišču dreves (slika 19 – rumena linija).

Slika 19: Razmejevanje gozdnih in negozdnih površin na izseku iz letalskega posnetka. Levo je primer na Pokljuki, kjer kartirna meja poteka po vrhovih krošenj. Desno je primer Leskove doline in meja je zaradi prevrnjenosti dreves na posnetku kartirana po dniščih dreves (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006)

Pri kartiranju moramo biti posebno pazljivi na sence dreves. Posebno pozornost zahteva interpretiranje na severnih pobočjih v severni hemisferi in južnih pobočjih v južni

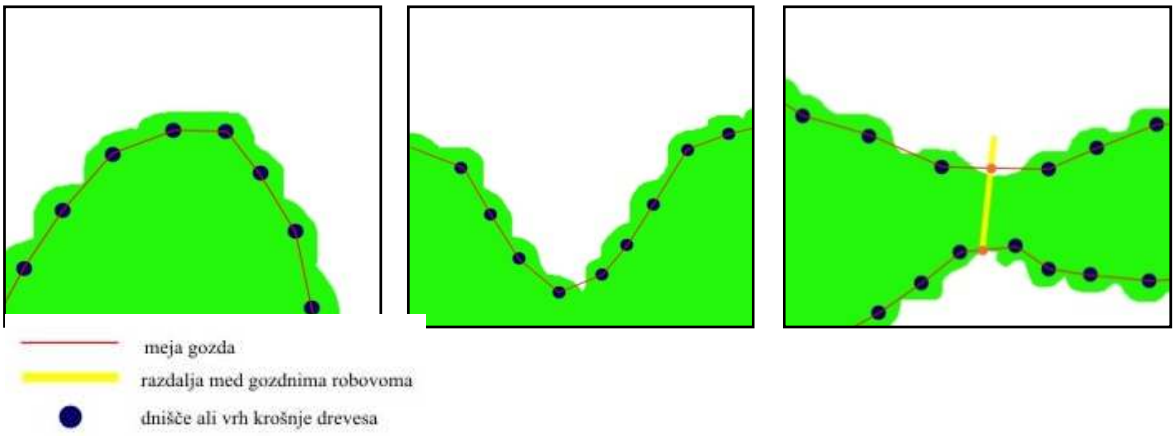
hemisferi. To predstavlja tudi enega izmed tehtnih razlogov, da je potrebno sestojno kartiranje izvajati stereoskopsko (Lund in sod., 1997).

Podobni problemi razmejevanja se pojavljajo tudi znotraj gozdnega prostora. Tako je tudi v primeru razmejevanja mladovja od starejših razvojnih faz gozda potrebno paziti na nagnjenost dreves in na njihove sence (slika 20).



Slika 20: Primer razmejevanje mladovja od debeljakov. Rdeča črta predstavlja kartiranje po vrhovih dreves in rumena črta, kjer poteka kartiranje zaradi nagnjenih dreves po dniščih (Vir podatkov: Letalski posnetek, Geodetska uprava RS, 2006)

Pri razmejevanju gozdnih od negozdnih površin lahko oblike gozdnega roba razdelimo na konveksne in konkavne. Ob konveksnih oblikah gozdnega roba (slika 21) pazimo, da kartiramo točno po vrhovih krošenj ali dniščih dreves in ne izpustimo nobenega dela gozdnega roba. V primeru konkavnih oblik gozdnega roba (slika 21) smo po Keller in sod. (2005) povzeli da, če je horizontalna razdalja med dvema, najbližjima drevesoma, ki predstavljata gozdni rob, krajša od 25 metrov, negozdni prostor priključimo gozdnemu prostoru. Isto mejno razdaljo predlagamo tudi za koridorje gozdnega drevja, vendar pa mora v tem primeru po Pravilniku ... (1998) pokrovnost gozdnega drevja, oz. drugega gozdnega rastja na njih presegati 75 % (slika 22).



Slika 21: Oblike gozdnega roba: konveksna, konkavna in gozdni pas

Slika 22: Primer gozdnega roba, kjer je potrebno upoštevati širino in sklep dreves (rdeča linija predstavlja napačno in zelena linija pravilno razmejitev) (Vir podatkov: Ginzler in sod., 2005)

Znotraj gozdnih površin se meje med sestoji vedno kartira po vrhovih ali dniščih starejših dreves. Tako npr. ko izločamo površine mladja, mejo kartiramo vedno po vrhovih/dniščih debeljakov in v primeru razmejevanja mladovij od drogovnjakov mejo vedno kartiramo po vrhovih/dniščih drogovnjakov.

Fotointerpretacija je v prvi vrsti sredstvo za poenostavljanje dela in prihranek časa. Zavedati pa se je treba, da fotointerpretacija ne izključuje terenskega dela, ampak ga le bolj ciljno usmeri na problematične sestoje (Hočevar, 1995). Ker nekaterih od lastnosti s stereoskopskim opazovanjem ni mogoče oceniti (prisotnost mladja pod drevesi, dvoslojni sestoj), ali pa je njihovo ocenjevanje nezanesljivo (npr. precenjevanje sklepa), s

stereoskopskim opazovanjem pridobljene ocene niso dokončne, ampak morajo biti preverjene na terenu in usklajene s terenskim popisom gozdnih sestojev.

5.2.2.1 Fotointerpretacijski ključ

Poznamo dve vrsti fotointerpretacijskih ključev (Hočevar, 1995):

1. primerjalni fotointerpretacijski (selekcijski) ključ, ki je lahko v različnih oblikah: kot opis, tabela, ilustracija;
2. izločilni (eliminacijski) ključ, kjer fotointerpretator izloča postopoma s pomočjo tabele napačne možnosti (npr. klasifikacija gozd – negozd).

Fotointerpretacijski ključ mora biti izdelan pred začetkom interpretacije in obsega:

1. določitev minimalne še izločene površine sestoja;
2. klasifikacijske kriterije (katere sestojne značilnosti bomo ocenjevali in kakšni bodo kriteriji razmejevanja).

Pri izdelavi fotointerpretacijskega ključa želimo spoznati, kako posamezni neposredni elementi (struktura, tekstura, barvni toni, dimenzije) in posredni elementi (odnos objekta do okolja) na posnetku opredeljujejo določen sestojni tip in ostalo rabo prostora. Razmejevanje gozdnih sestojev poteka na podlagi različnih značilnosti sestojev. Razvojno fazo določa interpretator na podlagi sestojne višine (stereoskopski efekt, ocena ali meritev), velikosti krošenj in odtenka barvnega tona. V nalogi je opisano ugotavljanje skupinske zmesi (iglavci, listavci). Mešanost in obliko mešanosti tako določajo oblike krošenj, sence in barvni toni. Slednje je enostavnejše kot prepoznavanje drevesnih vrst. Za prepoznavanje posameznih drevesnih vrst moramo zelo točno izbrati čas snemanja (npr.: trenutek olistanja, cvetenja spomladi ali rumenenja listja jeseni) in vrsto letalskih posnetkov (barvni (RGB) ali infrardeči (IR)). Stopnja zastornosti je bila v nalogi določena z ocenitvijo (okularno). Zastrtost je mogoče ocenjevati tudi z merjenjem projekcije krošenj (rasterska metoda). V praksi se je uveljavil tudi opisni interpretacijski ključ (Hočevar, 1995).

Sestoje opisujemo po njihovih vertikalnih in horizontalnih značilnostih. Pod vertikalno strukturo razumemo zgradbo glede na drevesne višine, glede na število različnih drevesnih plasti in tudi glede na starostno zgradbo dreves in porazdelitev prsnih premerov. Horizontalna zgradba predstavlja dvodimenzionalni mozaik gozdnih površin in vrzeli z različno gostoto in porazdelitvijo dreves (Hauk in Winter, 2007).

Z ocenjevanjem značilnosti gozdnih sestojev ugotavljamo stanje gozda za namene gozdnogojitvenega in gozdnogospodarskega načrtovanja. Ker pa je nekatere značilnosti sestoja relativno enostavno ocenjevati, so se v zadnjem času pojavile številne študije, ki so značilnosti gozdnih sestojev (preglednica 5) označile kot temeljne parametre, s katerimi bi lahko ocenjevali biodiverziteto gozdov (Ferris in Humphrey, 1999, cit. po Fischer in Pommerening, 2003; Newton in Kapos, 2002). Takšen pristop je že postal osrednjega pomena pri ocenjevanju biodiverzitete v projektu EU/ICP Level II in npr. v okviru projekta COST E43 že potekajo usklajevanja med državami članicami EU glede indikatorjev, ki se spremljajo pri nacionalnih gozdnih inventurah. V okviru projekta so tako informacije o gozdnih sestojih obravnavane tudi v posebnem poglavju pri ocenjevanju biodiverzitete gozdov.

Značilnosti gozdnih sestojev so postale zlasti pomembne tudi pri ugotavljanju trajnostnega razvoja gozdov. V okviru Ministrske konference o varstvu gozdov v Evropi (MCPFE) se številni kazalci za oceno trajnostnega gospodarjenja z gozdovi nanašajo na sestojne značilnosti (Fischer in Pommerening, 2003).

Preglednica 5: Značilnosti posameznih sestojnih elementov, obstoječi pisni viri (prirejeno po McElhinny in sod., 2005) in možnosti razločevanja pri fotointerpretaciji

SESTOJNI ELEMENTI	ZNAČILNOSTI	OBSTOJEČI PISNI VIRI	MOŽNOST INTERPRET.
Olistanost	Pestrost olistanosti po višinskih slojih	Sullivan in sod. (2001), Tanabe in sod. (2001), Berger in Puettmann (2000), Gove (1996), MacArthur in MacArthur (1961)	Ne
	Število slojev	Tanabe in sod. (2001), Van Den Meersschaut in Vandekerkhove (1998), Maltamo in sod. (1997), Uuttera in sod. (1997), Koop in sod. (1994), MacArthur in MacArthur (1961)	Ne
	Gostota olistanosti znotraj različnih slojev	Bebi in sod. (2001), Ferris-Kaan in sod. (1996)	Ne
Pokrovnost krošenj	Pokrovnost krošnje	Parkes in sod. (2003), Watson in sod. (2001), Van Den Meersschaut in Vandekerkhove (1998), Newsome in Catling (1979)	Da
	Velikost vrzeli (razredi)	Tyrrell in Crow (1994)	Da
	Povprečna velikost vrzeli in delež krošenj v vrzelih	Tanabe in sod. (2001), Ziegler (2000), Tyrrell in Crow (1994)	Da
	Delež krošenj dreves z odmrlimi ali zlomljenimi vrhovi	Spies in Franklin (1991)	Da
Premer drevesa	Prsni premer drevesa (dbh)	Tanabe in sod. (2001), Ziegler (2000), Ferreira in Prance (1999), Uuttera in sod. (1997), Acker in sod. (1998), Spies in Franklin (1991)	Ne
	Standardni odklon od dbh (koeficient variacije[A])	Zenner (2000), Acker in sod. (1998), Van Den Meersschaut in Vandekerkhove (1998), Spies in Franklin (1991), Franklin in sod. (1981)[A]	Ne
	Raznovrstnost prsnih premerov	Wikstrom in Eriksson (2000), Gove(1996), Buongiorno in sod. (1994)	Ne
	Horizontalna variacija dbh	Zenner (2000)	Ne
	Razporeditev premerov (dbh)	Bachofen in Zingg (2001), Uuttera in sod. (2000), Ferreira in Prance (1999), Maltamo in sod. (1997), Kappelle in sod. (1996), Tyrrell in Crow (1994), Koop in sod. (1994)	Ne
	Število debelejših dreves	Ziegler(2000), Acker in sod. (1998), Van Den Meersschaut in Vandekerkhove (1998), Tyrrell in Crow (1994), Koop in sod. (1994), Spies in Franklin (1991)	Deloma (enodobni in enomerni sestoji)
Drevesna višina	Višina zgornjega sloja dreves	Dewalt in sod. (2003), Bebi in sod. (2001), Means in sod. (1999), Spies (1998), Kappelle in sod. (1996), Koop in sod. (1994)	Da
	Standardni odklon od drevesne višine	Zenner (2000)	Ne
	Horizontalna variacija višin	Svensson in Jeglum (2001), Zenner (2000)	Deloma enodobni in enomerni sestoji)
	Številčnost višinskih razredov	Sullivan in sod. (2001)	Ne
Razporejenost dreves	Clark-Evans Index, Cox Index[B], procent dreves v skupinah[C]	Bachofen in Zingg (2001), Svensson in Jeglum (2001)[B], Zenner (2000), Pretzsch (1997), Bebi in sod. (2001)[C]	Ne
	Število dreves na hektar	Bachofen in Zingg (2001), Uuttera in sod. (2000), Ferreira in Prance (1999), Acker in sod. (1998), Kappelle in sod. (1996), Spies in Franklin(1991)	Deloma (enodobni in enomerni sestoji)
Sestojna biomasa	Temeljnica sestoja	Denslow in Guzman (2000), Ziegler (2000), Means in sod. (1999), Ferreira in Prance (1999), Kappelle in sod. (1996), Koop in sod. (1994)	Ne
	Volumen sestoja	Uuttera in sod. (2000), Means in sod. (1999), Ferreira in Prance (1999), Spies (1998)	Ne
Drevesne vrste	Vrstna pestrost in/ali bogatost vrst	Sullivan in sod. (2001), Uuttera in sod. (2000), Van Den Meersschaut in Vandekerkhove (1998), Maltamo in sod. (1997), Uuttera in sod. (1997)	Ne
	Relativna pogostost ključnih vrst	Berger in Puettmann (2000), Ziegler (2000), Wikstrom in Eriksson (2000), Spies in Franklin (1991)	Ne

se nadaljuje

nadaljevanje

Talna vegetacija	Pokrovnost zeliščnega sloja in/ali njegove variacije	Parkes in sod. (2003), Watson in sod. (2001), Van Den Meersschaut in Vandekerkhove (1998), Spies in Franklin (1991), Newsome in Catling (1979)	Ne
	Pokrovnost grmovnega sloja	Parkes in sod. (2003), Watson in sod. (2001), Berger in Puettmann (2000), Spies in Franklin (1991), Newsome in Catling (1979)	Deloma (odprte površine)
	Višina grmovnega sloja	Berger in Puettmann (2000)	Deloma (odprte površine)
	Skupna pokrovnost talne vegetacije	Spies in Franklin (1991)	Ne
	Pestrost talne vegetacije	Sullivan in sod. (2001), Van Den Meersschaut in Vandekerkhove (1998)	Ne
	Število stebel talne vegetacije na hektar (mladje[D])	Dewalt in sod. (2003), Van Den Meersschaut in Vandekerkhove (1998)[D], Spies in Franklin(1991)[D]	Ne
Mrtva biomasa	Število, volumen ali temeljnica[E] sušic/štrcljev (glede na stopnjo razkrojenosti[F], glede na debelinski razred[G])	Dewalt in sod. (2003), Bachofen in Zingg (2001), Svensson in Jeglum (2001)[G], Sullivan in sod. (2001), Van Den Meersschaut in Vandekerkhove (1998)[H], Tyrrell in Crow(1994)[E], Spies in Franklin (1991)[F], Franklin in sod. (1981)[F]	Da (število sušic v enodobnih in enomernih sestojih)
	Volumen večjih lesnih kosov	Sullivan in sod. (2001), Svensson in Jeglum (2001), Ziegler (2000), Wikstrom in Eriksson (2000), Tyrrell in Crow (1994)	Ne
	Volumen debla/hloda po stopnji razkrojenosti ali debelinskih[H] razredih	Dewalt in sod. (2003), Van Den Meersschaut in Vandekerkhove (1998)[H],Tyrrell in Crow (1994), Spies in Franklin (1991), Franklin in sod. (1981)	Ne
	Dolžina[I] ali pokrovnost debel/večjih lesnih kosov	Parkes in sod. (2003)[I], Watson in sod. (2001), Newsome in Catling (1979)	Ne
	Koeficient variacije pogostosti mrtvih debel/večjih lesnih kosov	Spies in Franklin (1991)	Ne
	Opad ali njegova pokrovnost	Denslow in Guzman (2000), Parkes in sod. (2003), Watson in sod. (2001), Newsome in Catling (1979)	Ne
Nadpisane črke od A do I kažejo povezavo med določenimi značilnostimi sestojnih elementov in avtorji, ki so jih navajali.			

V Sloveniji so s Pravilnikom … (1998) določeni kriteriji (katere sestojne značilnosti se ocenjujejo in minimalne površine) za izdelovanje sestojnih kart. Tako 31. člen Pravilnika … (1998) predpisuje, da površina sestoja praviloma ni manjša od 0,5 ha in 34. člen istega pravilnika določa, da se podatki opisov sestojev pridobivajo z neposrednim opisovanjem na terenu oz. iz gozdnogojitvenih načrtov ter iz letalskih posnetkov. Po Pravilniku … (1998) mora opis sestojev zajemati naslednje podatke o stanju sestojev: površino, lesno zalogo na hektar, delež drevesnih vrst glede na lesno zalogo, razvojno fazo oziroma zgradbo, delež pomladka, drevesno sestavo mladovja in pomladka glede na površino, sklep, zasnovo in negovanost.

V našem primeru smo klasifikacijske kriterije, ki jih določa Pravilnik ... (1998) nekoliko spremenili in jih dopolnili s kriteriji, ki jih predlagajo drugi tuji (Ginzler in sod., 2005; Keller in sod., 2005) in domači (Kovač in sod., 2007) viri. Dopolnili smo jih predvsem z namenom lažjega poročanja o stanju gozdnih sestojev ter večje terminološke usklajenosti in usklajenosti mejnih vrednosti za posamezne klasifikacijske kriterije med članicami EU. Vključili smo tudi nekatere kriterije, kot je npr. zastornost in oblika mešanosti. S podatkom

o zastornosti bi lahko ocenili velikost vrzeli, kar Noss (1999) predlaga kot enega izmed kriterijev s pomočjo katerega bi lahko ocenjevali biodiverziteto gozdnih sestojev. Podatek o obliki mešanosti pa nam poda, skupaj s podatkom o mešanosti, oceno drevesne sestave, ki jo Ruffini (2005, cit. po Golob, 2006) omenja kot enega izmed indikatorjev za ocenjevanje ohranjenosti habitatnih tipov.

Sprva smo s pomočjo začasnega fotointerpretacijskega ključa izločili nekaj glavnih sestojnih tipov in jih nato preverili na terenu. Na podlagi terenske kontrole in ponovne interpretacije teh sestojev smo dokončno določili različne sestojne tipe ter izdelali fotointerpretacijski ključ.

Kot prvi klasifikacijski kriterij smo določili zgradbo sestoja. Zgradbo sestoja določimo glede na način gospodarjenja, ki ga razberemo iz gozdnogospodarskih načrtov, ter glede na sestojne značilnosti, kot so npr. oblika zmesi, izmenjevanje razvojnih stopenj itd. Velikost površin pri različnih oblikah zmesi smo povzeli po Bončini (2006) in jih razdelili na posamezno zmes, šopasto zmes (premer šopov do 15 m), skupinsko zmes (premer skupin od 15–30 m), gnezdasto zmes (premer gnezd od 30–60 m) in sestojno zmes. Pri tem si pomagamo z naslednjimi kriteriji:

A. VISOKI GOZD (semenski gozd)

1. Prebiralna
   - način gospodarjenja je prebiranje,
   - na majhnih površinah se pojavljajo drevesa najrazličnejših razvojnih stadijev (Diaci, 2006),
   - zgradba gozda je raznovrstna na malih površinah: mlajša drevesca so v jedrih in v šopih, starejša drevesa se uveljavljajo v šopih in posamično (Ammon, 1951, cit. po Diaci, 2006),
   - v istem sestoju je prisotno drevje vseh združbenih kategorij in vseh starostnih, višinskih in debelinskih stopenj (Ammon, 1951, cit. po Diaci, 2006).

2. Kmečka prebiralna (netipično prebiranje v drobnoposestniških gozdovih)
   - način gospodarjenja je »drobnoposestniško prebiranje«,
   - zgradba gozda je raznovrstna na malih površinah: mlajša drevesca so v jedrih in v šopih, starejša drevesa se uveljavljajo v šopih in posamično (Ammon, 1951, cit. po Diaci, 2006),
   - je neurejena in zaostala oblika gojenja gozdov, ki je v povezavi s konservativnostjo nekaterih gospodarjev zapustila veliko lepih gozdov, velikokrat pa je gozd ostal »prebran« v slabem pomenu besede – zelena kulisa, še posebno ob gospodarskih krizah (Diaci, 2006).
3. Enodobna in enomerna
   - način gospodarjenja je sistem robnih sečenj, sistem zastornih sečenj, »golosečni sistem[10]«,
   - vertikalna zgradba sestojev je homogena,
   - meje med posameznimi sestoji so jasne in ostre.
4. Raznodobna in raznomerna (malopovršinska)
   - način gospodarjenja je skupinsko postopno gospodarjenje (v nadaljevanju SPG),
   - na skoraj celotni površini se posamično ali šopasto vrašča pomladek ali srednje staro drevje (Pravilnik … , 1998).
5. Raznodobna in raznomerna (velikopovršinska)
   - način gospodarjenja je SPG,
   - razvojne stopnje se izmenjujejo v velikosti skupin in gnezd (Pravilnik … , 1998).

B. SREDNJI GOZD (kombinacija semenskega gozda in panjevca)

1. Dvoslojna
   - Zgradbo sestoja določa način gospodarjenja. Semenovce v zgornji plasti prebiramo, odstranjujemo drevesa z različnimi ciljnimi dimenzijami. Obhodnja je sproščena in odvisna od individualne zrelosti (60–250 let). Panjevce v spodnji plasti v bistveno krajših obhodnjah sekamo na golo (10–30 let) (Diaci, 2006).

[10] Golosečni način gospodarjenja je v Sloveniji prepovedan od leta 1949, vendar se še vedno omenja v strokovni literaturi kot gojitvena zvrst v preteklosti.

- Pri fotointerpretaciji letalskih posnetkov to zgradbo težko ločimo, lahko pa jo razmejimo glede na podatke o odsekih v gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih.

C. NIZKI GOZD (panjevec)

1. Panjevec (nizki gozd)
   - sestoj nastaja z vegetativnim razmnoževanjem,
   - panjevski način gospodarjenja,
   - nižje sestojne višine.
2. Grmičast gozd
   - rušje in ostalo grmičevje višine do 5 m

D. PIONIRSKI GOZD V RAZLIČNIH STOPNJAH SUKCESIJSKEGA RAZVOJA

- nastajajo zaradi opuščanja kmetijske rabe in zaraščanja teh zemljišč (Bončina, 2006) ali se razvijejo na golih gozdnih površinah, ki so nastale po večjih naravnih motnjah (vetrolom, snegolom, insekti, ogenj itd.) (Leibundgut, 1996),

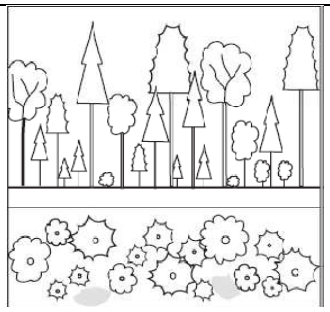
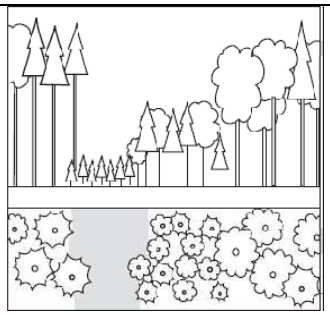
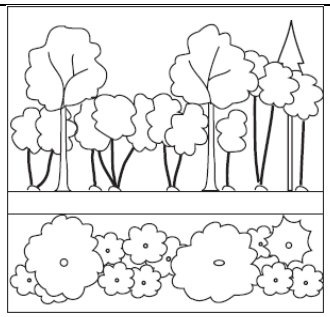
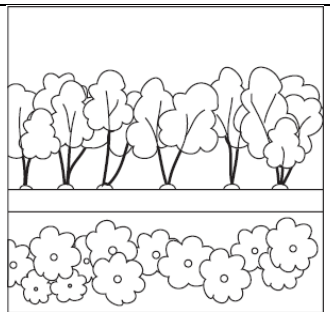
E. NEGOZDNA POVRŠINA

Poleg osnovnih kriterijev za razmejevanje je treba uporabiti tudi pomožne informacije in podatke. Eden izmed njih je način gospodarjenja. Njegova vrednost se pokaže v primerih interpretiranja strukturno pestrih gozdov, kjer se izmenjujejo malopovršinsko skupinsko postopno, kvazi-prebiralno in klasično prebiralno gospodarjenje, ki imajo vsi podobno višinsko zgradbo in jih na letalskih posnetkih ni mogoče ločevati. Če bi si npr. prebiralno gospodarjene površine s pomočjo karte oddelkov in odsekov na posnetkih označili pred začetkom kartiranja, bi se izognili zamenjevanju s preostalimi raznomernimi sestoji, v katerih se gospodari skupinsko postopno, torej z razvojnimi fazami. V primeru prebiralnih gozdov smo torej razvojno fazo ocenili kot raznomerno, sledila pa ji je ocena mešanosti, oblike mešanosti, sklepa in zastornosti.

V nalogi smo upoštevali, kot določa Pravilnik … (1998), da je najmanjša še izločena površina sestoja velika vsaj 0,5 ha, vendar predlagamo, da je minimalna površina razvojne faze mladovje 0,1 ha. Pri skupinsko postopnem gospodarjenju so namreč v naših razmerah jedra mladovja lahko pogosto manjša od 0,5 ha.

V razvojnih fazah drogovnjaka in debeljaka smo po fotointerpretacijskem ključu ocenjevali zgradbo sestoja, mešanost, obliko mešanosti, sklep in zastornost (preglednice od 6 do 11). V mladovju s fotointerpretacijo ni mogoče ocenjevati mešanosti in oblike mešanosti, ocenili pa smo, kjer je bilo mogoče, sklep in zastornost.

Preglednica 6: Primerjalni fotointerpretacijski ključ – zgradba sestoja (Vir: Kovač in sod. 2007, Keller in sod. 2005)

ZGRADBA SESTOJA		**Šifra**
Prebiralna		1 _ _ _ _ _
Kmečka prebiralna (netipično prebiranje v drobnoposestniških gozdovih)		2 _ _ _ _ _
Enodobna in enomerna		3 _ _ _ _ _
Raznodobna in raznomerna (malopovršinska)		4 _ _ _ _ _
Raznodobna in raznomerna (velikopovršinska)		5 _ _ _ _ _
Dvoslojna		6 _ _ _ _ _
Panjevec		7 _ _ _ _ _
Grmičast gozd		8 _ _ _ _ _
Negozdna površina		9 _ _ _ _ _

Preglednica 7: Primerjalni fotointerpretacijski ključ – razvojna faza (Vir: Kovač in sod. 2007, Keller in sod. 2005)

RAZVOJNA FAZA	**d_{dom}**	**H**	**Šifra**
Mladovje (mladje, gošča, letvenjak): • drobna točkasta struktura, • posameznih krošenj ne ločimo, • nizke drevesne višine, • svetlejši toni.	$d_{dom} < 10$ cm	$h < 6$ m	_ 1 _ _ _ _
Tanjši drogovnjak: • enakomerna struktura, • razvidne posamezne krošnje, • posamezna drevesa ne izstopajo po višini.	$10 \leq d_{dom} < 20$ cm	$6 \leq h < 15$ m	_ 2 _ _ _ _
Močnejši drogovnjak: • enakomerna struktura, • razvidne posamezne krošnje, • posamezna drevesa ne izstopajo po višini, • ločimo ovalne krošnje listavcev in stožčaste krošnje iglavcev.	$20 \leq d_{dom} < 30$ cm	$15 \leq h < 20$ m	_ 3 _ _ _ _
Tanjši debeljak: • jasno razvidne posamezne krošnje, • večje krošnje, • drevesa višjih višin	$30 \leq d_{dom} < 50$ cm	$20 \leq h < 30$ m	_ 4 _ _ _ _
Močnejši debeljak: • jasno razvidne posamezne krošnje, • največje krošnje, • drevesa najvišjih višin	$d_{dom} > 50$ cm	$h \geq 30$ m	_ 5 _ _ _ _
Raznomerna (vsi premeri) • razgibana vertikalna struktura • večje višinske razlike med drevjem na manjših površinah • krošnje različnih premerov			_ 6 _ _ _ _

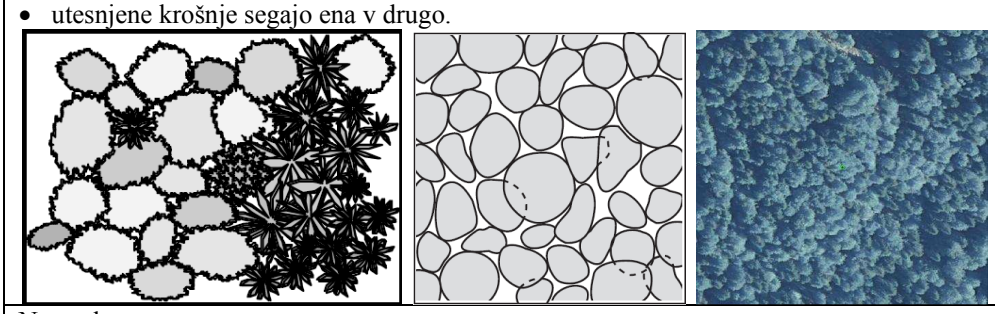
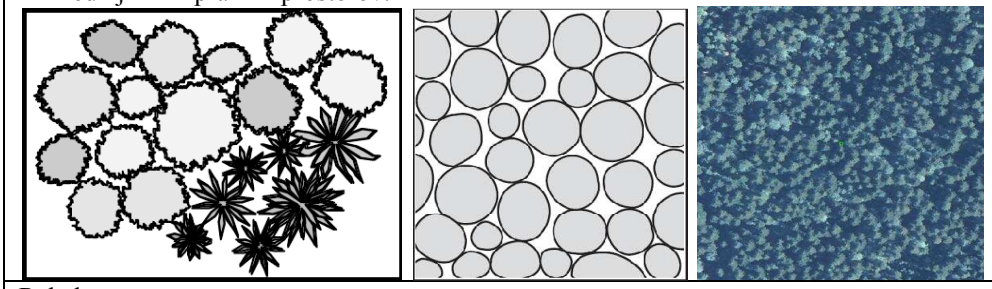
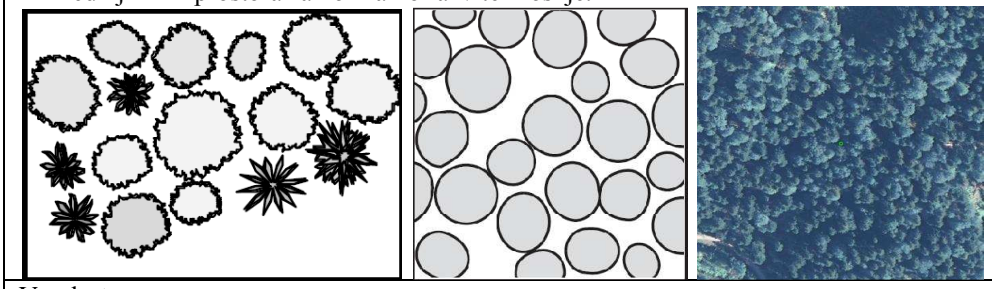
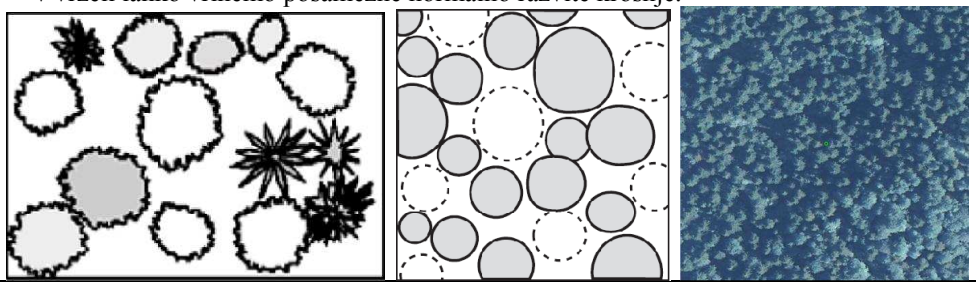
Preglednica 8: Primerjalni fotointerpretacijski ključ – mešanost (Vir: Kovač in sod. 2007)

MEŠANOST	**POVRŠINA KROŠENJ**	**Šifra**
Iglavci • temnejši toni, • stožčaste krošnje s koničastim vrhom, • sence na gozdnem robu ostre in koničaste.	$P_{igl} > 75$ % iglavcev	_ _ 1 _ _ _
Iglavci z listavci • med temnejšimi stožčastimi krošnjami so prisotne krošnje brez vidnih vrhov, ki so razporejene posamično ali v skupinah in so svetlejših in ovalnih oblik.	$50 \leq P_{igl} \leq 75$ % iglavcev	_ _ 2 _ _ _
Listavci z iglavci • med svetlejšimi ovalnimi krošnjami so prisotne krošnje z vidnimi vrhovi, ki so razporejene posamično ali v skupinah in so temnejših in stožčastih oblik.	$25 \leq P_{igl} < 50$ % iglavcev	_ _ 3 _ _ _
Listavci • svetlejši toni, • ovalne in kopaste krošnje brez izraženega vrha.	$P_{igl} < 25$ % iglavcev	_ _ 4 _ _ _

Preglednica 9: Primerjalni fotointerpretacijski ključ – oblika mešanosti (Vir: Kovač in sod. 2007)

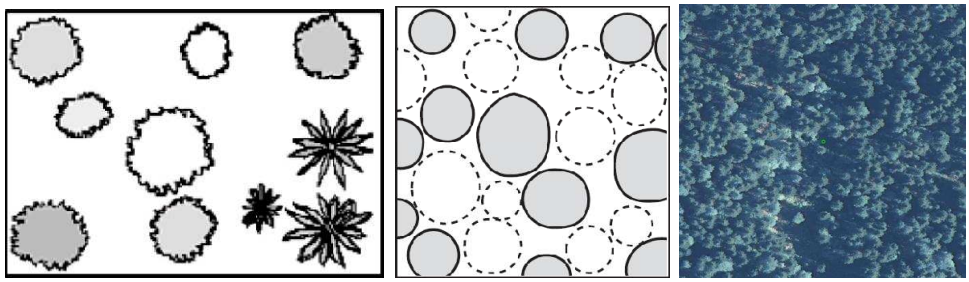
OBLIKA MEŠANOSTI		**Šifra**
Posamična • v sestoju se posamič izmenjujejo iglavci in listavci.		_ _ _ 1 _ _
Šopasta • v sestoju se v šopih izmenjujejo iglavci in listavci, • posamezni šop tvori od 5 do 15 osebkov iste skupine.		_ _ _ 2 _ _
Skupinska • v sestoju se v skupinah izmenjujejo iglavci in listavci, • posamezno skupino tvori najmanj 16 osebkov iste skupine.		_ _ _ 3 _ _
Homogen sestoj • v sestoju se na večji površini pojavljajo le iglavci oz. listavci.		_ _ _ 4 _ _

Preglednica 10: Primerjalni fotointerpretacijski ključ – sklep (Vir: Kovač in sod. 2007; Keller in sod. 2005, Ginzler in sod. 2005; Letalski posnetek, Geodetski zavod RS, 2006)

SKLEP	**Šifra**
Tesen • utesnjene krošnje segajo ena v drugo. 	_ _ _ _ 1 _
Normalen • krošnje se dotikajo, • med njimi ni praznih prostorov. 	_ _ _ _ 2 _
Rahel • krošnje se ne dotikajo, • med njimi ni prostora za normalno razvite krošnje. 	_ _ _ _ 3 _
Vrzelast • krošnje se ne dotikajo, • v vrzeli lahko vrinemo posamezne normalno razvite krošnje. 	_ _ _ _ 4 _

se nadaljuje

nadaljevanje

Pretrgan • krošnje se ne dotikajo, • v vrzeli lahko vrinemo več normalno razvitih krošenj. 	_ _ _ _ 5 _

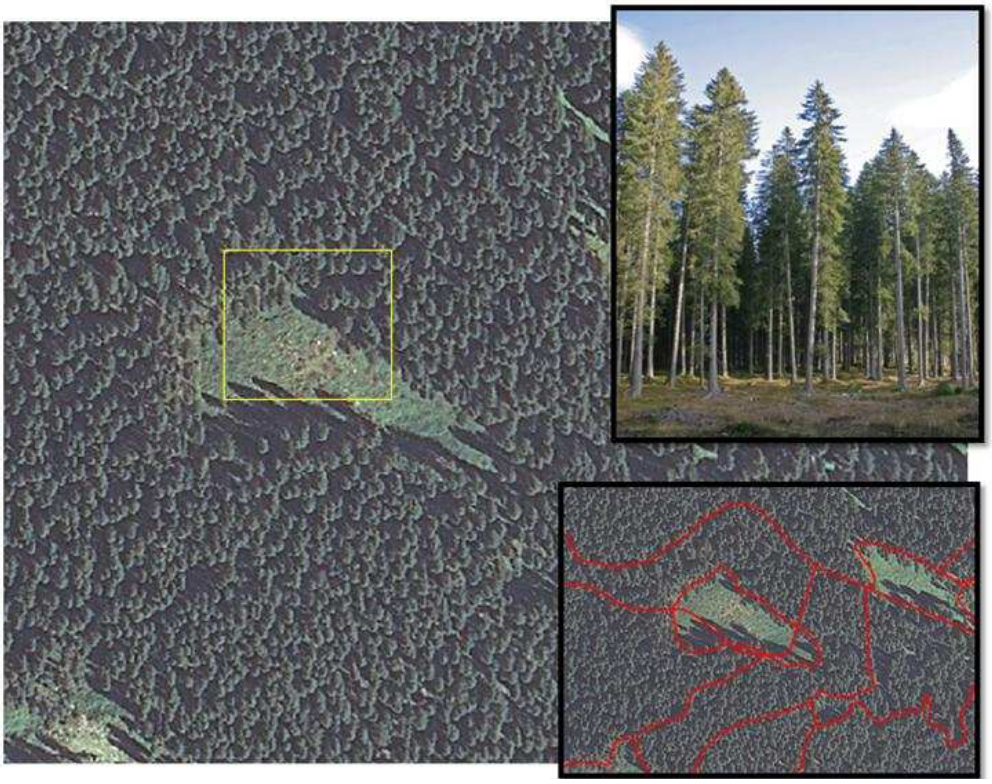
Preglednica 11: Primerjalni fotointerpretacijski ključ – zastornost

ZASTORNOST		**Šifra**
• ocena s krošnjami zastrte površine	100 ≥ Zast > 90	_ _ _ _ _ 9
	90 ≥ Zast > 80	_ _ _ _ _ 8
	80 ≥ Zast > 70	_ _ _ _ _ 7
	70 ≥ Zast > 60	_ _ _ _ _ 6
	60 ≥ Zast > 50	_ _ _ _ _ 5
	50 ≥ Zast > 40	_ _ _ _ _ 4
	40 ≥ Zast > 30	_ _ _ _ _ 3
	30 ≥ Zast > 20	_ _ _ _ _ 2
	20 ≥ Zast ≥ 0	_ _ _ _ _ 1

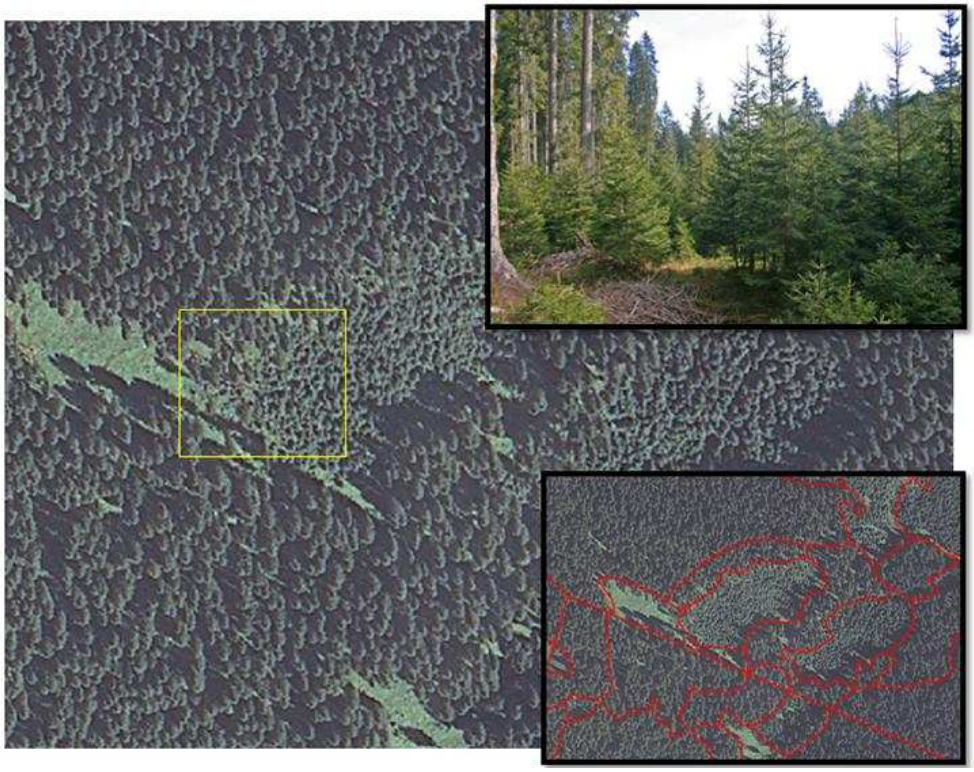
5.2.2.2 Postopek kartiranja sestojev za testni območji

V primeru Pokljuke, kjer prevladuje enodobni in enomerni gozdovi, je bil postopek razmejevanja gozdnih sestojev sledeč (slika 23, 24 in 25):

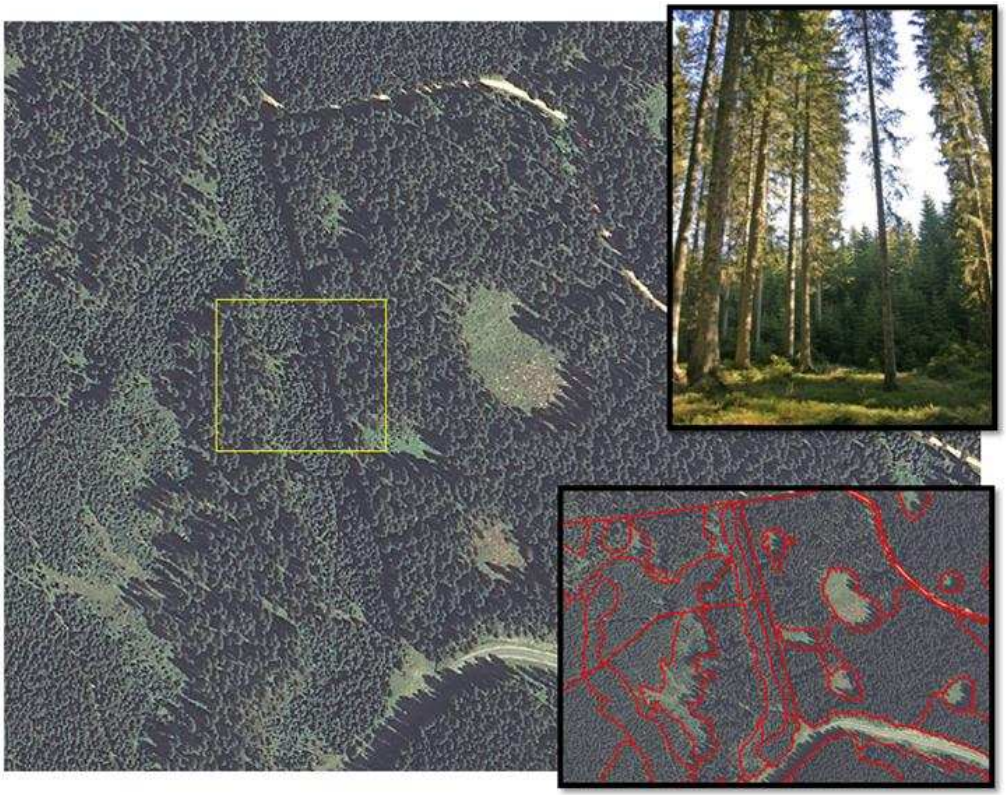
- razmejitev gozdnih površin od negozdnih in izločitev večjih jeder mladovja;
- razmejitev starejših razvojnih faz, kjer najprej ločujemo drogovnjake in debeljake in v naslednjem koraku te sestoje razmejimo na tanjši in močnejši drogovnjak ter na tanjši in močnejši debeljak;
- razmejitev glede mešanosti drevesnih vrst (iglavci/listavci);
- razmejitev glede na sklep in zastornost krošenj.



Slika 23: Primer fotointerpretacije – smrekov debeljak na Pokljuki (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006)



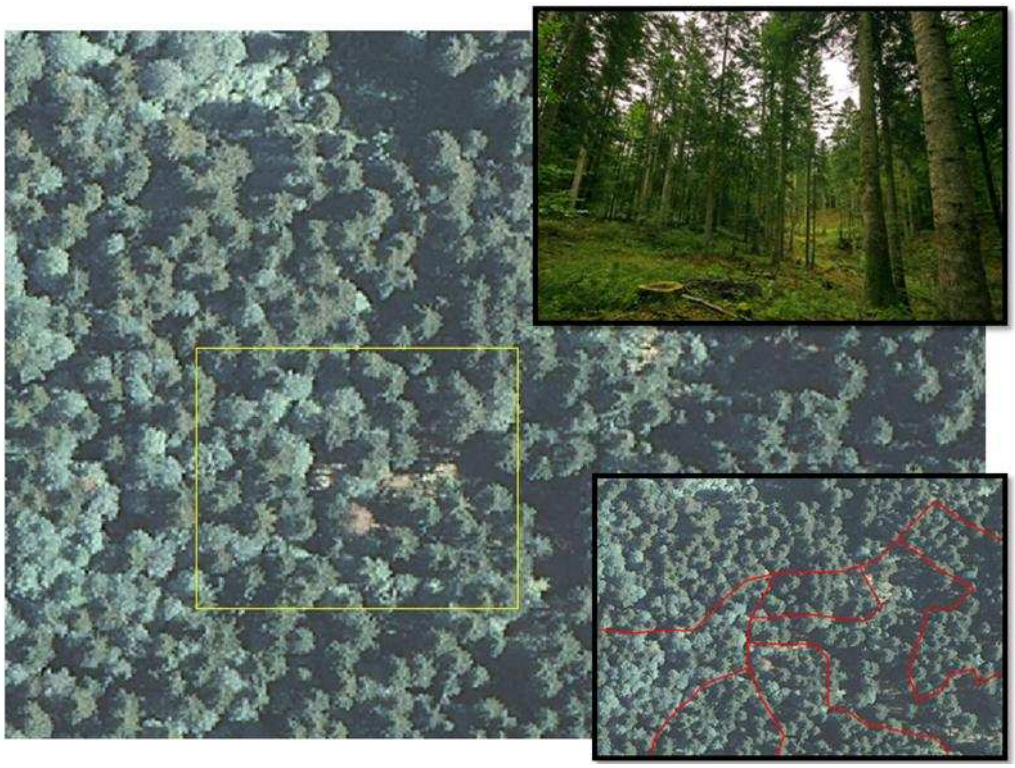
Slika 24: Primer fotointerpretacije – smrekovo mladovje na Pokljuki (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006)



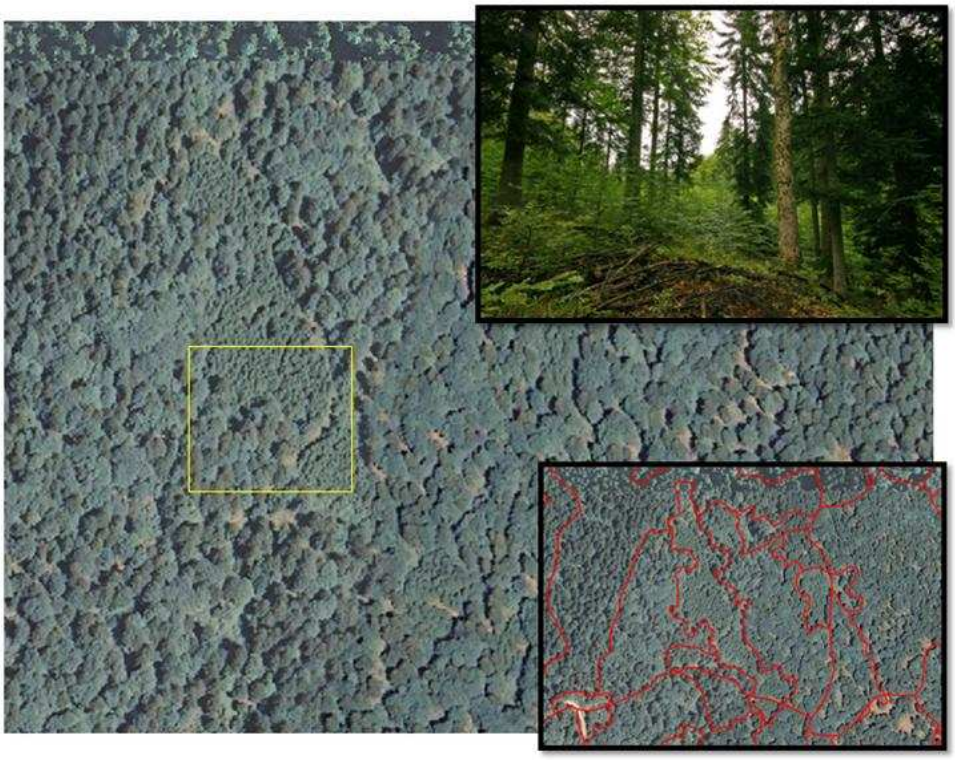
Slika 25: Primer fotointerpretacije – smrekov drogovnjak na Pokljuki (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006)

V primeru Leskove doline, kjer prevladujejo velikopovršinsko in malopovršinsko raznomerni gozdovi ter prebiralni gozdovi, je bil postopek razmejevanja sledeč (slika 26, 27 in 28):

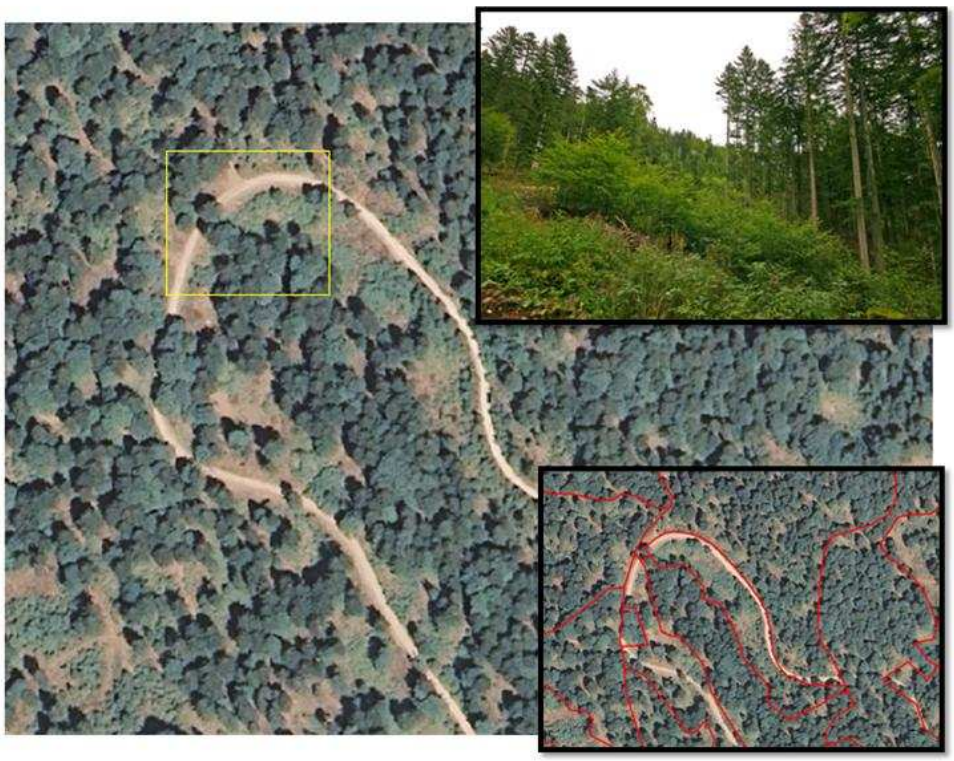
- razmejitev gozdnih površin od negozdnih. V primeru, da je bila ocenjena zgradba gozda kot velikopovršinsko raznomerna in se torej razvojne stopnje izmenjujejo v velikosti skupin in gnezd, izločimo jedra mladovja (mladje, gošča, letvenjak). Pri tem upoštevamo minimalno površino 0,1 ha;
- razmejevanje glede mešanosti drevesnih vrst (listavci/iglavci);
- razmejevanje glede na sklep sestojev in zastornost krošenj;
- v primeru, da je zgradba gozda velikopovršinsko raznomerna sledi razmejevanje po razvojnih fazah tanjšega in močnejšega drogovnjaka ter tanjšega in močnejšega debeljaka (upoštevaje minimalno površino). V primeru, da je zgradba gozda ocenjena kot malopovršinsko raznomerna ali prebiralna, razvojno fazo ocenimo kot raznomerno (vsi premeri).



Slika 26: Primer fotointerpretacije – vidna meja med debeljakom in pomladitveno površino v Leskovi dolini (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006)



Slika 27: Primer fotointerpretacije – meja med debeljakom in mladovjem v Leskovi dolini (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006)



Slika 28: Primer fotointerpretacije – meja med debeljakom in mladovjem v Leskovi dolini (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006)

5.2.3 Sestojna karta v okolju GIS

Sestojno karto smo iz okolja stereoploterja DiAP prenesli v okolje geografskega informacijskega sistema ArcMap, kjer smo dokončali tudi popis atributnih podatkov – sestavljen iz šestih šifer, ki opisujejo sestojne značilnosti po fotointerpretacijskem ključu. Vsaka sestojna značilnost (zgradba sestoja, razvojna faza, mešanost, oblika mešanosti, sklep in zastornost) se nahaja v svojem stolpcu baze podatkov, kar nam kasneje poenostavi prikazovanje in združevanje podatkov.

5.2.4 Ocena kakovosti prostorskih podatkov

V bazi podatkov geografskega informacijskega sistema se uporabljajo digitalni prostorski podatki. Ker slednji zaradi lahke vizualizacije in uporabnosti v orodjih GIS hitro izgledajo dovršeno, so potrebni objektivni in poenoteni pokazatelji glede njihove primernosti, uporabnosti in kakovosti.

Za ocenjevanje in določitev kakovosti prostorskega podatkovnega niza morajo biti na razpolago jasno opredeljena metodologija in postopki. V mednarodnem standardu ISO 19114:2003 so zato podana podrobna navodila in opisane metode za določanje in ocenjevanje kakovosti digitalnih prostorskih podatkovnih nizov. Ti standardizirani postopki so skladni s kakovostnim modelom in načeli, ki so opredeljena v mednarodnem standardu ISO 19113. Oba omenjena standarda ISO sta tudi privzeta slovenska standarda, in sicer kot SIST ISO 19113:2003 in SIST ISO 19114:2003 (Šumrada, 2005).

Kakovost prostorskih podatkov tvori niz sestavin ali elementov in nadalje podelementov, kot so razne natančnosti, popolnost in usklajenost, ki morajo biti poenoteno opredeljene s pokazatelji v standardnem modelu kvalitete. Vsaka sestavina ali element kakovosti prostorskih podatkov se lahko ocenjuje po prostorskih, časovnih ali opisnih značilnostih, ki tvorijo tri osnovne vidike prostorskih podatkov. Osnovna enota pri ocenjevanju prostorskih podatkov je podatkovni niz (Šumrada, 2005).

Standard ISO 19113 določa, da se kakovost prostorskega podatkovnega niza oceni na podlagi petih osnovnih elementov kakovosti (CEPP, 2007):

1. **Vir**, ki opisuje zgodovino obdelav – povzetek preteklih obdelav podatkov podatkovnega niza (npr.: seznam strokovnih podlag – kart in opisnih podatkov, iz katerih so zajeti podatki podatkovnega niza).
2. **Položajna natančnost** je opis geometrijske natančnosti podatkov podatkovnega niza (odstopanje med lego slike pojava v podatkovnem nizu in njegovo dejansko lego v naravi).
3. **Tematska natančnost** je opis pravilnosti razporeditve pojavov iz stvarnega sveta v podatkovni niz (pravilnost klasifikacij pojavov).
4. **Časovna natančnost** je opis pravilnosti razporeditve pojavov iz stvarnega sveta v podatkovni niz (pravilnost klasifikacij pojavov).
5. **Logična usklajenost prostorskih podatkov** je opis stopnje strukturne celovitosti podatkovnega niza glede na predpisano celovitost (razlika med dejansko strukturo in predpisano strukturo podatkov podatkovnega niza).
6. **Popolnost prostorskih podatkov**, ki je opis stopnje skladnosti prostorskega podatkovnega niza s stanjem v naravi (razlika med številom pojavov, evidentiranih v podatkovnem nizu in njihovim dejanskem številom v realnem svetu).

V diplomski nalogi smo po standardu ISO 19113 ocenili kakovost prostorskih podatkov sestojnih kart za testni območji, ki jih je izdelal ZGS. Nato smo te sestojne karte primerjali s sestojnima kartama, ki smo jih izdelali v okviru naloge.

Na podlagi informacij ZGS, Gozdnogospodarskega načrta … (2006) in Gozdnogospodarskega načrta … (2004) smo ugotovili leto, v katerem sta sestojni karti nastali ter katere karte in opisni podatki so bili pri izdelavi sestojnih kart uporabljeni.

Položajno natančnost obeh starih sestojnih kart smo ocenili izključno na objektih, ki jih je bilo mogoče v prostoru točno določiti in interpretirati (npr. gozdne ceste). Po pregledu celotne karte testnega območja smo ocenili, na katerem mestu je bilo odstopanje med vektorizirano linijo in robom ceste na ortofotu največje in to razdaljo izmerili.

Položajno natančnost bi lahko ocenjevali tudi pri razmejevanju mladovja in negozdnih površin od gozdnih, saj so tudi pri teh meje v naravi ostre in bi jih zaradi tega morali različni interpretatorji kartirati popolnoma enako. Vendar pa smo se odločili, da bomo slednje upoštevali pri ocenjevanju tematske natančnosti. Zavedamo se, da je linija, ki razmejuje npr. sestoj mlajšega debeljaka od starejšega ali npr. sestoj z rahlim sestojnim sklepom od pretrganega, do neke mere v prostoru določena subjektivno in njena položajna natančnost torej ni bistvenega pomena. Pomembno pa je, da ta isti sestoj različni interpretatorji na ortofotu ali letalskem posnetku prepoznajo, ga izločijo in opišejo z enakimi atributi.

ZGS izvaja vektorizacijo vsebine za sestojne karte skoraj izključno iz ortofota, zato se je potrebno zavedati, da je ortofoto, čeprav je v znanem merilu, še vedno samo fotografski prikaz. Vsebino, ki jo prikazuje, mora uporabnik znati pravilno interpretirati. Kosmatin Frasova (2004) navaja, da podatki zajeti direktno iz ortofota z gotovostjo nimajo geometrične natančnosti, ki je ekvivalentna grafičnemu merilu, saj je poleg pogreškov vira (ortofota) prisoten še dodaten pogrešek vektorizacije.

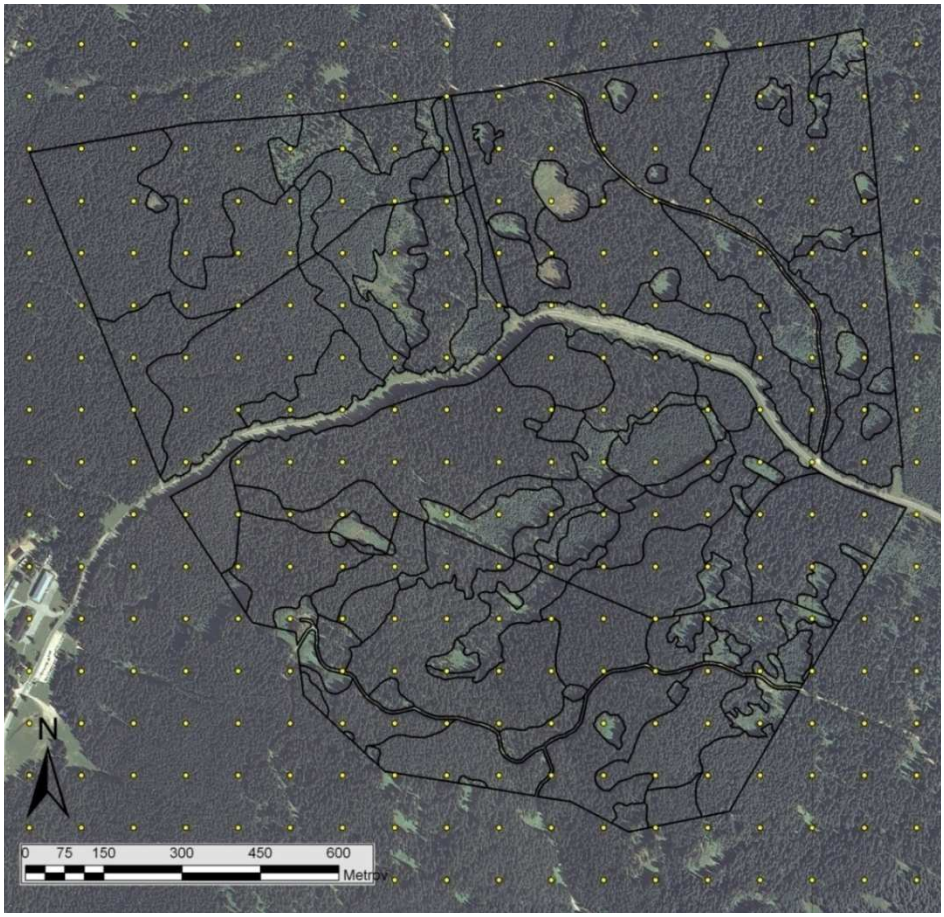
Na kakovost ortofota, ki je izdelan s postopkom diferencialnega redresiranja, vplivajo predvsem: kakovost vira (fotografije oz. podobe), natančnost parametrov orientacije (notranja in zunanja), kakovost digitalnega modela višin (v nadaljevanju DMV), uporabljene metode za geometrično in semantično transformacijo, časovna ažurnost vhodne slike (Kosmatin Fras, 2004).

Najbolj kritični element predstavlja DMV. Tako so Radovan in sod (2000, cit. po Kosmatin Fras, 2004) natančnost novejših podatkov digitalnega modela reliefa, ki nastane, če DMV nadgradimo z dodatnimi informacijami (kote, strukturne linije, robne linije idr.), v merilu 1 : 25.000 na odprtem terenu ocenili na 0,5 do 2 m, v gozdu pa zaradi težav z interpretacijo in vidnostjo tal na 3 do 5 m, lahko tudi 10 m ali več. Če bi želeli doseči enotno planimetrično natančnost ortofota ± 1 m v merilu 1 : 5.000, bi morali izpolniti zelo visoke zahteve natančnosti vhodnih višinskih podatkov. Tej natančnosti se torej najlažje približamo na pretežno ravnem in odprtem terenu. Zelo pa so problematična gozdna, gosto poseljena in gorata območja (Kosmatin Fras, 2004).

Zadnjih nekaj let se sicer izvaja sistemska kontrola izdelanih listov DOF 5 (Kosmatin Fras, 2003, cit. po Kosmatin Fras, 2004), ki pa ne vključuje kontrole pozicijske natančnosti. Edina takšna obsežna študija ocene planimetrične natančnosti DOF 5 ± 2,77 m je bila narejena na 27 km^2 v okolici Kopra (Lipej, 1997, cit. po Kosmatin Fras, 2004).

Pri ugotavljanju tematske natančnosti smo ocenjevali stare sestojne karte in jih primerjali z novimi na dva načina:

a) preko sestojne karte smo položili sistematično gridno mrežo velikosti 100 x 100 metrov in v vsakem presečišču mreže atributne podatke stare sestojne karte primerjali z novimi (slika 29),
b) primerjali smo število sestojev (poligonov), ki so bili pri stari sestojni karti opisani z atributnim podatkom razvojne faze 1 (mladovje), s številom sestojev mladovja pri naši sestojni karti.



Slika 29: Primer gridne mreže velikosti 100x100 metrov za ocenjevanje tematske natančnosti stare sestojne karte za testno območje Pokljuka (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006; Zavod za gozdove Slovenije)

Časovno natančnost sestojnih kart določa 15. člen Zakona o gozdovih (1993), ki določa, da se morajo gozdnogospodarski načrti za GGO izdelovati na 10 let. Iz tega sledi, da mora ZGS letno izdelati ali obnoviti 1/10 sestojnih kart za območje celotne Slovenije. Poleg Zakona o gozdovih (1993) se je potrebno prilagajati tudi času nastanka letalskih posnetkov, saj je nesmiselno, da so ti že ob izdelavi sestojne karte zastareli. Zaradi novejše tehnologije (digitalna kamera DMC 110) in torej manjših stroškov letalskega snemanja na Geodetski upravi Republike Slovenije navajajo, da se bodo letalski posnetki obnavljali na 4 leta, odvisno od sprememb v prostoru (Ortofoto, 2007).

Pri logični usklajenosti smo ugotavljali, ali so prostorski podatki (poligoni) ustrezno povezani z atributnimi podatki v bazi in ali sestojne karte vsebujejo vse klasifikacijske kriterije, ki jih določa Pravilnik … (1998).

Skladnost prostorskega podatkovnega niza za sestojni karti s stanjem v naravi smo ocenili na podlagi rezultatov sestojnih kart, ki so nastale po postopku, ki je opisan v nalogi, in terenskega pregleda nekaterih sestojev testnega območja. Ocenili smo tudi celovitost klasifikacijskih kriterijev za opis sestojnih elementov.

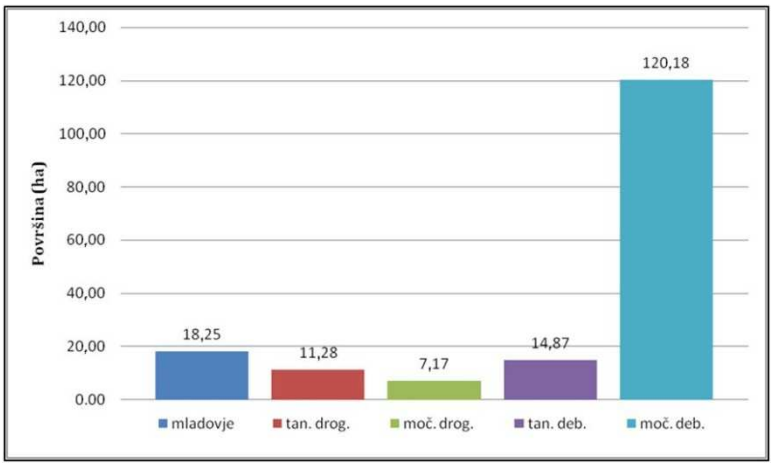
6 REZULTATI

6.1 SESTOJNI KARTI ZA TESTNI OBMOČJI

Na podlagi letalskih posnetkov iz leta 2006 smo prikazali možnosti vzdrževanja stare sestojne karte za testno območje na Pokljuki (slika 31) in izdelavo nove sestojne karte za testno območje v Leskovi dolini (slika 35).

6.1.1 Pokljuka

V primeru Pokljuke je bilo testno območje, na katerem smo prikazali možnosti vzdrževanja stare sestojne karte, veliko 172,98 ha. Od te površine moramo odšteti površino gozdnih cest, ki v sestojni karti niso upoštevane in tako skupna površina vseh sestojev za testno območje na Pokljuki znaša 171,75 ha. Gozdovi so glede na zgradbo enodobni in enomerni. Na 153,50 ha površine se nahajajo čisti iglasti gozdovi. Za 18,25 ha gozdov mešanosti nismo ocenjevali, ker so to mladovja. Glede na obliko mešanosti so to torej predvsem homogeni sestoji.



Slika 30: Površina sestojev po razvojnih fazah za testno območje Pokljuke v letu 2007

Za testno območje na Pokljuki je za stanje sestojev po razvojnih fazah značilno (slika 30), da prevladujejo močnejši debeljaki, ki pokrivajo 67 % celotne površine. Sledijo jim mladovja z 11 % (18,25 ha) površine in tanjši debeljaki z 9 % (14,87 ha). Tanjši in močnejši drogovnjaki skupaj se nahajajo na 18,45 ha, kar znaša 11 % površine.

Glede sestojnega sklepa lahko opazimo, da je na 76,26 ha (44 %) sklep rahel. Za 1,53 ha gozda je bilo sklep nemogoče oceniti s fotointerpretacijo. Razlog je predvsem pri ocenjevanju sklepa mladovij, ki bi jih bilo potrebno preveriti na terenu.

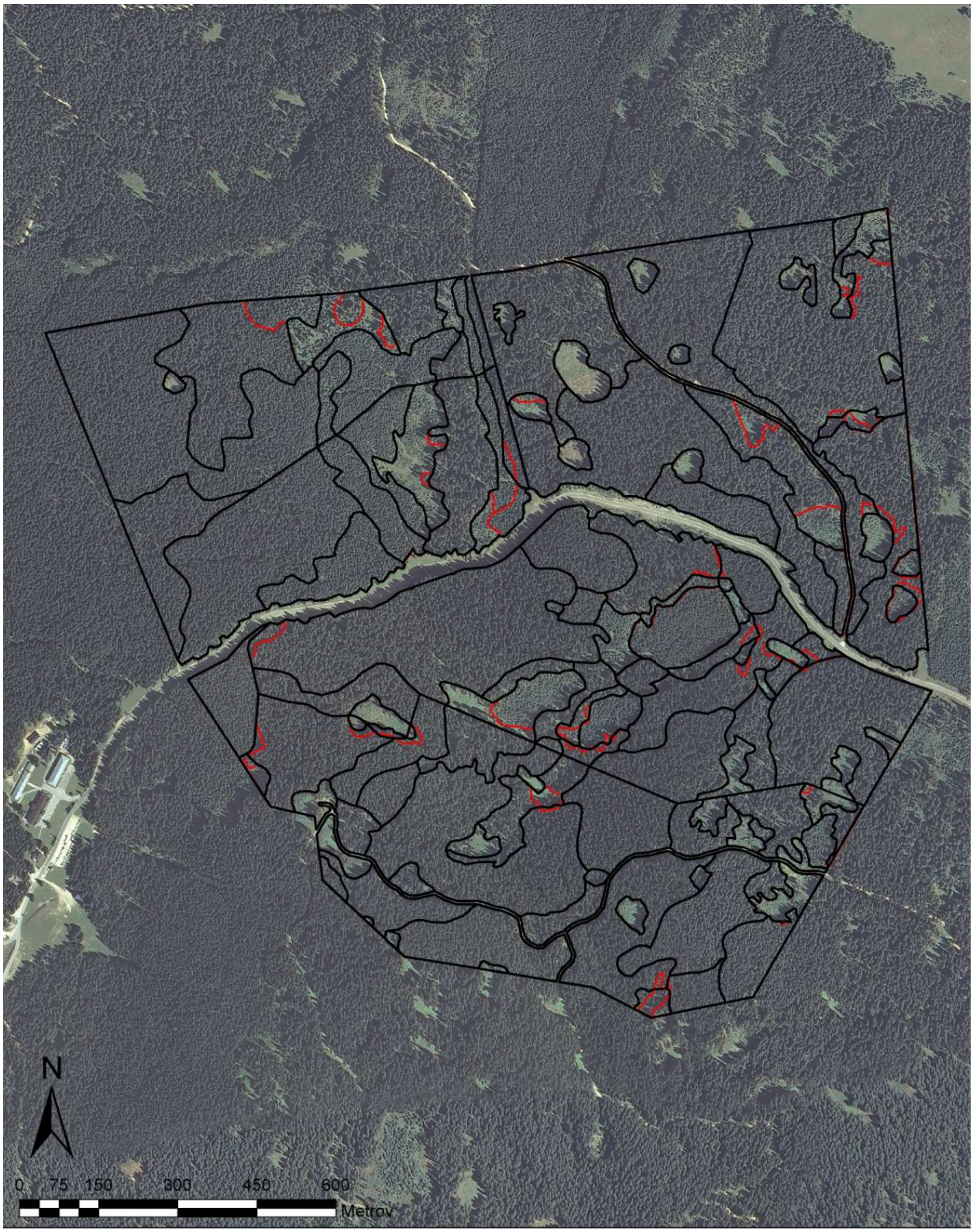
Ocena zastornosti je povezana z oceno sestojnega sklepa. Tesen, normalen in rahel sklep predstavljajo od 80 do 100 % zastornosti. Če je zastornost manjša od 60 % površine je sklep pretrgan (preglednica 12).

Preglednica 12: Primerjava površin glede na oceno zastornosti in sklepa za testno območje Pokljuke v letu 2007

Zastornost **Sklep**	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**Skupna površina (ha)**
Neopredeljeno	1,53										1,53
Tesen									0,81	7,41	8,23
Normalen									5,37	28,00	33,37
Rahel									76,26		76,26
Vrzelast							10,26	16,90			27,16
Pretrgan		8,28	2,40	3,54	0,28	10,70					25,20
Skupna površina (ha)	1,53	8,28	2,40	3,54	0,28	10,70	10,26	16,90	82,45	35,41	171,75

Na Pokljuki ima 48% (82,45 ha) sestojev zastornost med 80 in 90 % in kar 69% skupne gozdne površine ima s krošnjami zastrtih več kot 80 % tal.

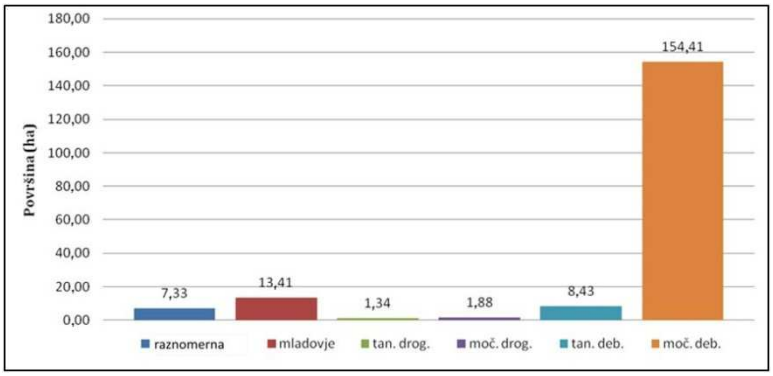
Na sliki 31 je predstavljena sestojna karta testnega območja na Pokljuki. Staro sestojno karto, ki jo je leta 2005 izdelal ZGS, smo preverili s stereoploterjem in odkrili le malo pomanjkljivosti. Tako smo v tem primeru staro sestojno karto samo dopolnili z atributnimi podatki po fotointerpretacijskem ključu, ki smo ga uporabljali v nalogi in popravili tiste meje sestojev, ki so se v teh nekaj letih spremenile ali so bile leta 2005 označene nenatančno. Slika 31 prikazuje obe sestojni karti, ki se med seboj prikrivata. S črno črto so označeni sestoji iz leta 2005 in z rdečo črto so označeni le tisti deli sestojne karte, ki smo jih dopolnili ali popravili v letu 2007. V vseh ostalih delih, kjer rdeča barva ne izstopa, se torej sestojni karti ujemata.



Slika 31: Sestojna karta za testno območje Pokljuka (s črno so označene meje sestojev iz leta 2005 in z rdečo meje sestojev iz leta 2007) (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006; Zavod za gozdove Slovenije)

6.1.2 Leskova dolina

V primeru Leskove doline je bila izdelana sestojna karta za območje 186,78 ha. Gozdovi so glede na zgradbo precej bolj pestri kot na Pokljuki, in sicer je 179,46 ha gozdov velikopovršinsko raznomernih, malopovršinsko raznomernih je 7,03 ha in 0,30 ha je prebiralnih gozdov.

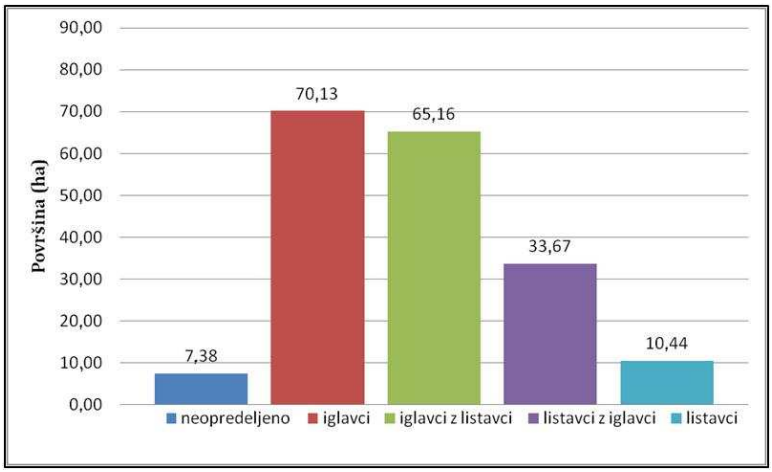


Slika 32: Površina sestojev po razvojnih fazah za testno območje Leskova dolina v letu 2007

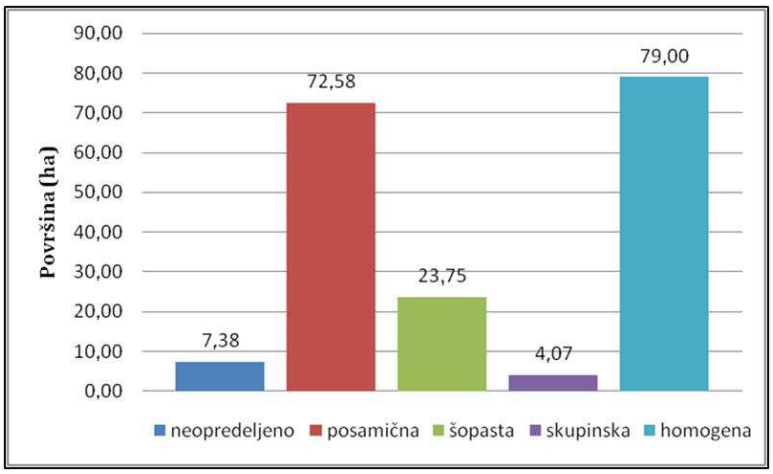
Podobno kot na Pokljuki tudi v Leskovi dolini prevladujejo močnejši debeljaki (slika 32). Slednji se razprostirajo na 154,41 ha (83 %) površine. Na 7 % površine je prisotno mladovje. Raznomernih sestojev pri ocenjevanju razvojniih faz je bilo 7,33 ha. To so prebiralni in malopovršinsko raznomerni sestoji, kjer razvojnih faz nismo ocenjevali, in gozdovi, kjer zaradi senc sosednjih dreves razvojne faze ni bilo mogoče oceniti in bi jo bilo potrebno preveriti na terenu.

Glede na mešanost (slika 33) prevladujejo iglasti gozdovi (38 %) in iglavci z listavci (35 %), kar pomeni, da je glede na pokrovnost krošenj prisotnih do 25 % listavcev. Listavci z iglavci so prisotni na 18 % površine in čistih listnatih gozdov je 6 %.

Glede na obliko mešanosti v Leskovi dolini prevladujejo homogeni sestoji (slika 34). Kjer se pojavljajo mešani sestoji je drevesna vrsta, ki se pojavlja v manjšini navadno primešana posamično, in sicer na 39 % testne površine.



Slika 33: Površina sestojev glede na mešanost za testno območje Leskova dolina v letu 2007



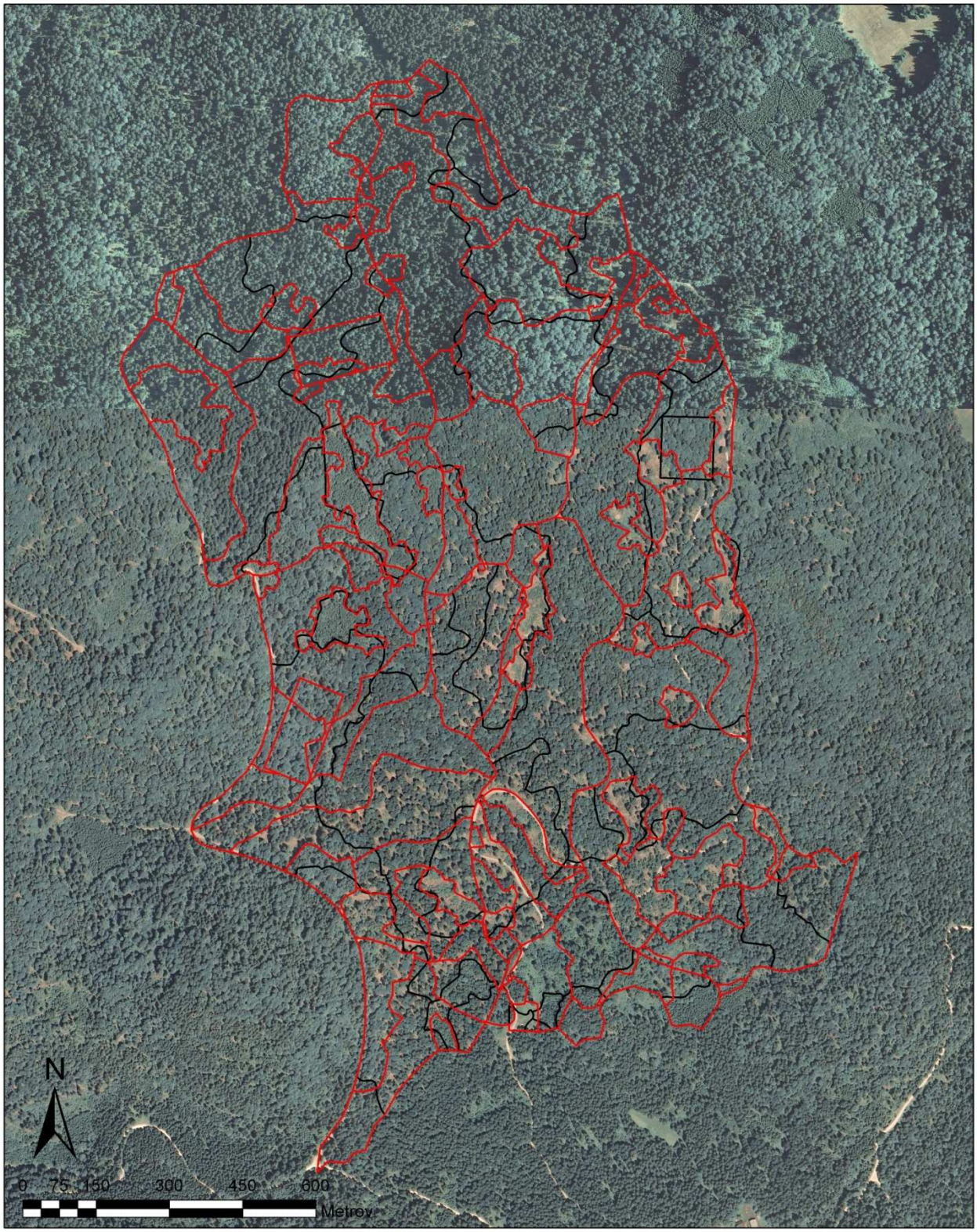
Slika 34: Površina sestojev glede na obliko mešanosti za testno območje Leskova dolina v letu 2007

V Leskovi dolini prevladuje normalen sestojni sklep na 47 % površine (preglednica 13). Opazimo lahko, da na 51 % površine krošnje zastirajo nad 90 % tal. V primerjavi s Pokljuko izstopa v Leskovi dolini pretrgan sklep z 28 % ali 32,26 ha površine. Tako ima 32,26 ha (17 %) površin s krošnjami zastrtih manj kot 60% tal.

Preglednica 13: Primerjava površin glede na oceno zastornosti in sklepa za testno območje Leskove doline v letu 2007

Zastornost **Sklep**	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**Skupna površina (ha)**
Neopredeljeno	3,53										3,53
Tesen										6,83	6,83
Normalen									0,20	87,50	87,70
Rahel								2,34	26,73		29,07
Vrzelast							6,40	21,00			27,39
Pretrgan		1,41	1,61	6,16	1,10	21,98					32,26
Skupna površina (ha)	3,53	1,41	1,61	6,16	1,10	21,98	6,40	23,34	26,93	94,33	186,78

Za testno območje v Leskovi dolini smo, podobno kot v primeru Pokljuke, staro sestojno karto, ki jo je leta 2004 izdelal ZGS, preverili s stereoploterjem. Vendar smo opazili nekatere neskladnosti med stanjem na stereomodelu in obstoječo sestojno karto in zaradi slednjega smo sestojno karto v celoti izdelali na novo. Upoštevali smo kriterije, ki jih določa fotointerpretacijski ključ, minimalne površine in meje oddelkov. Na sliki 35 je predstavljena z rdečo barvo sestojna karta, ki je nastala v letu 2007 in s črno barvo sestojna karta, ki je bila izdelana leta 2004.



Slika 35: Sestojna karta za testno območje Leskova dolina (s črno so označene meje sestojev iz leta 2004 in z rdečo meje sestojev iz leta 2007) (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006; Zavod za gozdove Slovenije)

6.2 OPIS KVANTITATIVNIH ELEMENTOV KAKOVOSTI STARE SESTOJNE KARTE ZA TESTNI OBMOČJI

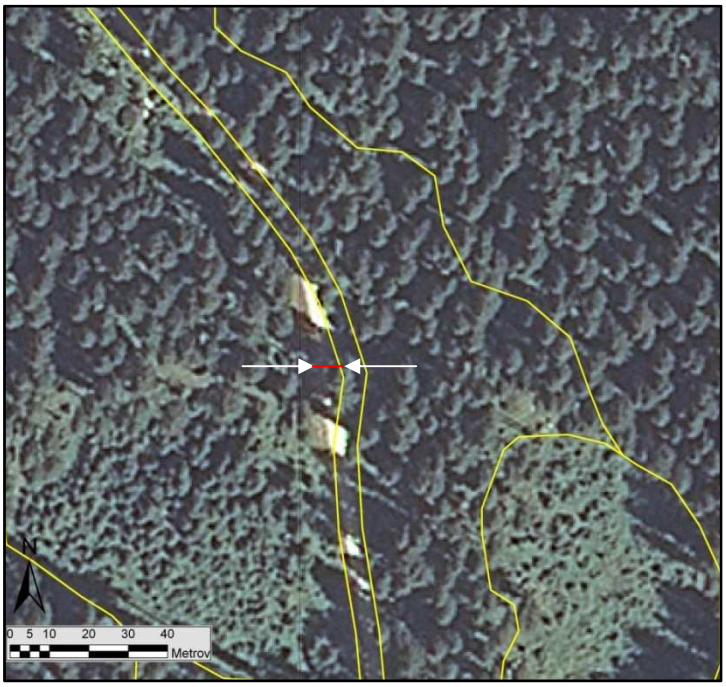
6.2.1 Pokljuka

A. Vir

Sestojna karta za območje Pokljuke je bila izdelana v letu 2005. Pri kartiranju je ZGS uporabljal dve vrsti ortofoto posnetkov in sicer ortofoto posnetke, ki so nastali v letu 1998 in digitalne barvne letalske posnetke, ki so nastali v posebnem snemanju samo za to območje jeseni leta 2004. Katere atributne podatke mora vsebovati baza, ki je del sestojne karte določa Pravilnik … (1998).

B. Položajna natančnost

V primeru Pokljuke smo primerjali položaj digitalizirane linije gozdne ceste na sestojni karti s položajem iste ceste na ortofoto posnetku (slika 36). Na testnem objektu Pokljuka se nahajata dve daljši gozdni cesti. Ob podrobnem pregledu obeh smo ocenili, da je največji odmik digitalizirane linije od roba ceste na ortofotu 4,5 metra.



Slika 36: Primer položaja digitalizirane linije gozdne ceste na sestojni karti iz leta 2005 in stanje na ortofoto posnetku na Pokljuki (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006; Zavod za gozdove Slovenije)

C. Tematska natančnost

Pri ocenjevanju tematske natančnosti smo najprej ocenjevali ujemanje števila poligonov mladovja in opazili, da je bilo na Pokljuki leta 2005 izločenih 52 poligonov mladovja in 53 v letu 2007. V tem primeru je ujemanje sestojnih kart 98 %.

Ob primerjavi atributnih podatkov, ki smo jih identificirali na presečiščih mrežnih črt, smo v primeru Pokljuke ugotovili, da je od 167 kontrolnih točk, ki so padle na testno območje, prišlo do razlike le pri 6-ih točkah (preglednica 14). Atributni podatki, ki smo jih primerjali, so se nanašali na oceno razvojne faze. V preglednici smo ohranili različna poimenovanja razvojnih faz med internim šifrantom OE Bled (Gozdnogospodarski načrt … , 2006) in šifrantom, ki smo ga uporabljali v diplomski nalogi. OE Bled tako loči tudi med starejšim debeljakom I in starejšim debeljakom II. Za lažje primerjanje podatkov smo obe razvojni fazi starejšega debeljaka združili v eno. Mejne vrednosti prsnih premerov dominantnih dreves med obema šifrantoma razvojnih faz so primerljive in se torej razlikujejo le v poimenovanju.

Preglednica 14: Primerjava sestojne karte iz leta 2005 (vir: ZGS) in 2007 na 167 kontrolnih točkah na testnem območju Pokljuka

RAZVOJNA FAZA	POKLJUKA 2005 (vir: ZGS)					
POKLJUKA 2007	Mladovje	Mlajši drogovnjak	Starejši drogovnjak	Mlajši debeljak	Starejši debeljak I in II	SKUPAJ
Mladovje	19	3				22
Tanjši drogovnjak		11				11
Močnejši drogovnjak			4			4
Tanjši debeljak				17	1	18
Močnejši debeljak	2				110	112
SKUPAJ	21	14	4	17	111	167

D. Časovna natančnost

Sestojna karta je nastala v letu 2005 in pri kartiranju je ZGS uporabljal ortofoto posnetke iz leta 1998 in delno digitalne barvne letalske posnetke iz leta 2004 (posebno snemanje po naročilu ZGS). Karta je bila izdelana za obdobje od leta 2006 do leta 2015. Glede na 15. člen Zakona o gozdovih (1993), ki določa, da se morajo gozdnogospodarski načrti za GGE izdelovati na 10 let, se morajo v tem obdobju dopolniti in obnoviti tudi stare sestojne karte.

E. Logična usklajenost

V primeru Pokljuke se karta gozdnih odsekov in sestojna karta ustrezno prekrivata, tako da lahko pridobimo informacije o gozdnih sestojih na ravni odseka. Tudi meje gozdnega roba se prekrivajo s karto gozdnih odsekov. Gozdne ceste so v sestojni karti ustrezno izločene in površina sestojev v testnem območju je zmanjšana za površino gozdnih cest.

Vsak objekt na sestojni karti je relacijsko povezan z atributnim podatkom. Vendar se ena šifra atributnega podatka v bazi (npr. mladovje/čisti iglavci/normalen sklep ima šifro 111) lahko nanaša na večje število poligonov (sestojev) znotraj enega odseka. Prisotnost dveh ali več sestojev z enakimi šiframi v istem odseku nam omejuje neposredno ugotavljanje velikosti posameznega sestoja iz baze podatkov. Tako smo za testno območje na Pokljuki ugotovili, da je na karti razmejenih 116 poligonov, v bazi pa je 57 atributnih podatkov. Kar 22 podatkov se tako nanaša na več kot en sestoj na karti.

F. Popolnost

V primeru sestojne karte na Pokljuki prostorski podatkovni niz prekriva celotno testno območje. Sestojna karta vsebuje vse atributne podatke, ki jih določa Pravilnik … (1998). Ti atributni podatki so razvojna faza in sklep ter dodatno, kar Pravilnik … (1998) ne določa, tudi podatek o mešanosti drevesnih vrst.

Šifrant, ki je uporabljen v sestojni karti, se v opisu razvojnih faz oz. zgradb sestojev razlikuje od šifranta, ki ga predpisuje Pravilnik … (1998) in je uporabljen interno na OE Bled. Šifrant bolj podrobno deli razvojne faze, ki jih je mogoče združiti v šifrant razvojnih faz, kot ga določa Pravilnik … (1998).

Šifre vseh treh atributnih podatkov so združene v enem stolpcu, kar otežuje nadaljnjo obdelavo podatkov ter možnosti prikazovanja sestojnih kart s kombinacijo različnih sestojnih znakov.

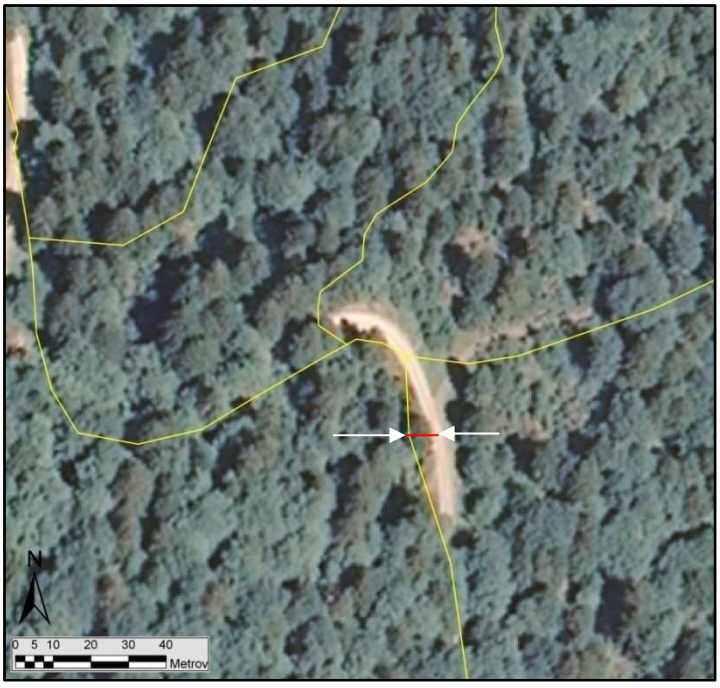
6.2.2 Leskova dolina

A. Vir

Za območje Leskove doline je bila sestojna karta izdelana v letu 2003. Pri kartiranju je ZGS uporabljal ortofoto posnetke, ki so nastali v letu 1999. Navodila o tem, katere atributne podatke mora vsebovati baza, ki je del sestojne karte, določa Pravilnik … (1998).

B. Položajna natančnost

Podobno kot za testno območje na Pokljuki smo tudi tukaj primerjali položaj digitalizirane linije gozdne ceste na sestojni karti s položajem iste ceste na ortofoto posnetku iz leta 2006 (slika 37). Na testnem objektu v Leskovi dolini se nahajata dve gozdni cesti, a potekajo meje sestojev v sestojni karti po gozdni cesti le v enem primeru. Ker cesta ni izločena kot samostojen poligon smo pozicijsko natančnost kartirane linije v sestojni karti primerjali s potekom sredine cestišča. V tem primeru je bil največji odmik digitalizirane linije na sestojni karti od osi ceste na ortofotu za 7,1 metra.



Slika 37: Primer položaja digitalizirane linije gozdne ceste na sestojni karti iz leta 2003 in stanje na ortofoto posnetku iz leta 2006 v Leskovi dolini (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006; Zavod za gozdove Slovenije)

C. Tematska natančnost

Za testno območje v Leskovi dolini smo pri ocenjevanju ujemanja poligonov mladovja ugotovili, da smo v letu 2007 s šifro razvojne faze 1 (mladovje) označili 24 poligonov. Leta 2003 so bili kot samostojni poligoni mladovja od 24 razmejeni 3 poligoni, kar pomeni 12 odstotno ujemanje.

Ujemanje atributnih podatkov med sestojno karto iz leta 2003 in sestojno karto iz leta 2007 smo v primeru Leskove doline ugotavljali na 167 kontrolnih točkah, ki smo jih določili na presečiščih gridne mreže 100 x 100 m (preglednica 15). Vendar pa so gozdarski strokovnjaki v Leskovi dolini večino sestojev uvrstili med posamično do šopasto raznomerne (tudi prebiralne) in teh sestojev po Pravilniku … (1998) ni potrebno ocenjevati po drugih sestojnih znakih npr. razvojnih fazah.

Preglednica 15: Primerjava sestojne karte iz leta 2003 (vir: ZGS) in 2007 na 167 kontrolnih točkah na testnem območju v Leskovi dolini

RAZVOJNE FAZE/ZGRADBA SESTOJEV		LESKOVA DOLINA 2003 (vir ZGS)					
LESKOVA DOLINA 2007		Mladovje	Drogovnjak	Debeljak	Sestoj v obnavljanju	Posamično do šopasto raznomerni (tudi prebiralni) sestoj	Skupaj
ZGRADBA SESTOJEV	RAZVOJNA FAZA						
Raznodobna in raznomerna (malopovršinsko) /prebiralna	Neopredeljeno					3	3
Raznodobna in raznomerna (velikopovršinsko)	Mladovje		4			10	14
	Tanjši drogovnjak	1				1	2
	Močnejši drogovnjak					3	3
	Tanjši debeljak					6	6
	Močnejši debeljak	2	9	2	1	125	139
Skupaj		3	13	2	1	148	167

D. Časovna natančnost

Sestojna karta je nastala v letu 2003 in pri izdelavi je ZGS uporabljal ortofoto posnetke iz leta 1999. Karta je bila izdelana za obdobje od leta 2004 do leta 2013. Gozdnogospodarski načrti za GGO se izdelujejo na 10 let in na deset let se morajo posodobiti tudi stare sestojne karte.

E. Logična usklajenost

V primeru Leskove doline se karta gozdnih odsekov in sestojna karta prekrivata. Informacije o gozdnih sestojih torej lahko združujemo na raven odseka. Gozdne ceste v sestojni karti niso izločene in površine sestojev niso zmanjšane za površino gozdnih cest, ki potekajo skozi sestoj. Za razliko od sestojne karte na Pokljuki je v Leskovi dolini vsak objekt na sestojni karti relacijsko povezan z atributnim podatkom. Tako je na karti za testno območje razmejenih 50 poligonov in v bazi podatkov je 50 atributov.

F. Popolnost

Pri sestojni karti v Leskovi dolini je celotno testno območje prekrito s prostorskimi podatkovnimi nizi. Sestojna karta vsebuje skladno s Pravilnikom … (1998) atributne podatke o razvojnih fazah oz. zgradbi sestojev. Pri 80 % sestojev manjka ocena sestojnega sklepa, ki jo prav tako določa Pravilnik … (1998). Šifrant, ki je uporabljen v sestojni karti, se v opisu razvojnih faz oz. zgradb sestojev ujema s šifrantom, ki ga predpisuje Pravilnik … (1998). Šifre obeh atributnih podatkov so razdeljene v dva stolpca, kar olajša nadaljnjo obdelavo podatkov ter možnosti prikazovanja sestojnih kart v kombinaciji različnih sestojnih znakov.

Ko smo v Leskovi dolini nekaj sestojev preverili na terenu, smo ocenili, da je sestojna zgradba velikopovršinsko raznomerna. Tako smo v sestojni karti, ki smo jo izdelali v diplomski nalogi kot malopovršinsko raznomerno, ocenili sestojno zgradbo le pri osmih sestojih in le v enem primeru smo sestojno zgradbo ocenili kot prebiralno. Pri tem pa je potrebno omeniti, da nismo imeli vpogleda v predpisane gozdnogojitvene ukrepe, ki navadno določajo nek gozd kot prebiralen.

Pri velikopovršinsko raznomernih sestojih predlagamo, da bi bilo potrebno oceniti poleg zgradbe tudi razvojno fazo sestojev. V slednjih se namreč gospodari skupinsko postopno in torej za pripravo modela trajnosti potrebujemo informacije o razvojnih fazah.

7 RAZPRAVA IN SKLEPI

7.1 DOLOČITEV MESTA SESTOJA KOT NAJMANJŠE KARTIRNE ENOTE

Sestojno kartiranje je tipizacija gozdnega prostora po točno določenih klasifikacijskih kriterijih, ki opisujejo posamezne značilnosti sestojev. Bogovič (1985) navaja, da sestojna karta (slika 38) predstavlja zgoščen in pregleden vir informacij v gozdarstvu in vsebuje bistvene podatke o prostorski in starostni strukturi sestojev, o njihovi zgradbi in vrsti ter o načinu gospodarjenja. Ko podobne sestoje po dodatnih kriterijih med seboj združujemo v višje prostorske enote, govorimo o regionalizaciji gozdnega prostora.

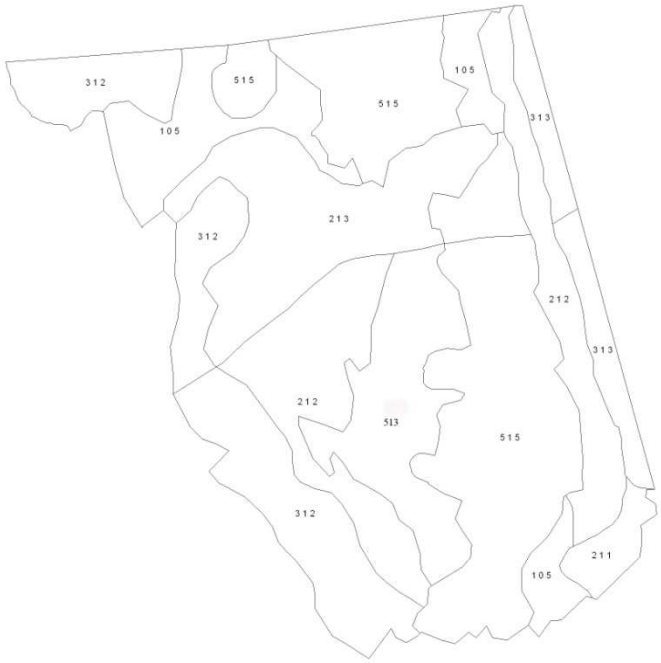
V gozdarstvu je sestoj najnižja prostorska enota, za katero zbiramo informacije pri opisovanju (inventuri) sestojev, načrtujemo ukrepe, višino etata ter vrsto in obseg gozdnogojitvenih del. Vse načrtovane vrednosti pa prikazujemo in evidentiramo na ravni odseka (Bončina, 2006). Sestoj torej predstavlja stično točko med gozdnogospodarskim in gozdnogojitvenim načrtovanjem (slika 40). Poljanec (2005) ugotavlja, da sta obe ravni načrtovanja (gozdnogospodarsko in gozdnogojitveno načrtovanje) organizacijsko in vsebinsko pomanjkljivo povezani, kar se med drugim odraža tudi v podvajanju nekaterih del na obeh ravneh načrtovanja.

Za gozdnogospodarsko načrtovanje je pomembno, da se pri kartiranju sestojev upoštevajo meje odsekov. S tem omogočimo gozdnogospodarskemu načrtovanju, da na ravni sestojev pridobljene podatke agregira na raven oseka, oddelka, rastiščnogojitvenega razreda (slika 39). Slednje je pomembno za izdelavo strateških ciljev in ukrepov, ki se nato prenašajo na nižje ravni načrtovanja, vse do podrobnega načrtovanja, kjer v obliki kratkih napotkov podamo usmeritve za gozdnogojitveno načrtovanje ter lociramo in kvantificiramo možni posek in gojitvena dela.

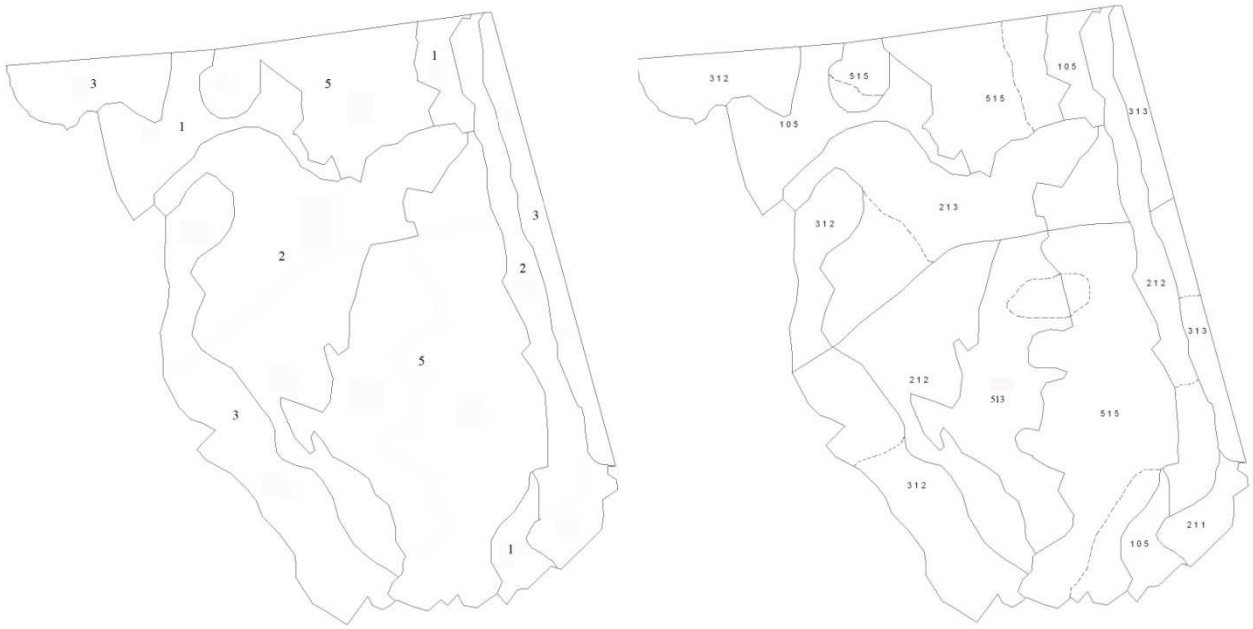
Kotar (1996) navaja, da je gozdnogojitveno načrtovanje nekakšen logičen podaljšek načrtovanja na ravni GGE. Gojitelj mora, ko določa konkretne negovalne cilje, ki se pojavljajo na razvojni poti za dosego gozdnogojitvenega cilja, smiselno upoštevati tiste, ki so bili določeni na ravni GGE in rastiščno gojitvenega tipa. V primeru gozdnogojitvenega

načrtovanja revirni gozdar razmejuje ali združuje sestoje v negovalne enote. Tako revirni gozdar npr. ne bo uvajal v obnovo celotnega sestoja starejšega debeljaka smreke s pretrganim sklepom, ampak bo uvedel v pomlajevanje samo del tega sestoja ali pa si bo npr. razmejil sestoj mladovja na manjše enote za časovno razporeditev nege znotraj obdobja desetih letih. V opisanih in podobnih primerih bo torej sestoj razdelil na več negovalnih enot. Hipotetičen primer razdelitve sestoja na negovalne enote je prikazan na sliki 39 (desno). V primeru enotnega gozdnogojitvenega ukrepanja na nekem območju pa bo posamezne sestoje združil v eno negovalno enoto.

Zaradi nadaljnjega vzdrževanja sestojne karte je pomembno, da ostanejo zunanje meje sestojev nespremenjene. Če gojitelj pri izdelavi karte negovalnih enot spreminja tudi zunanje meje npr. debeljakov pomeni, da je bila sestojna karta za namene gozdnogojitvenega načrtovanja izdelana premalo natančno.



Slika 38: Izsek iz sestojne karte za testno območje Pokljuka v letu 2007. Šifre sestoja se nanašajo na oceno razvojne faze, mešanosti in sklepa.



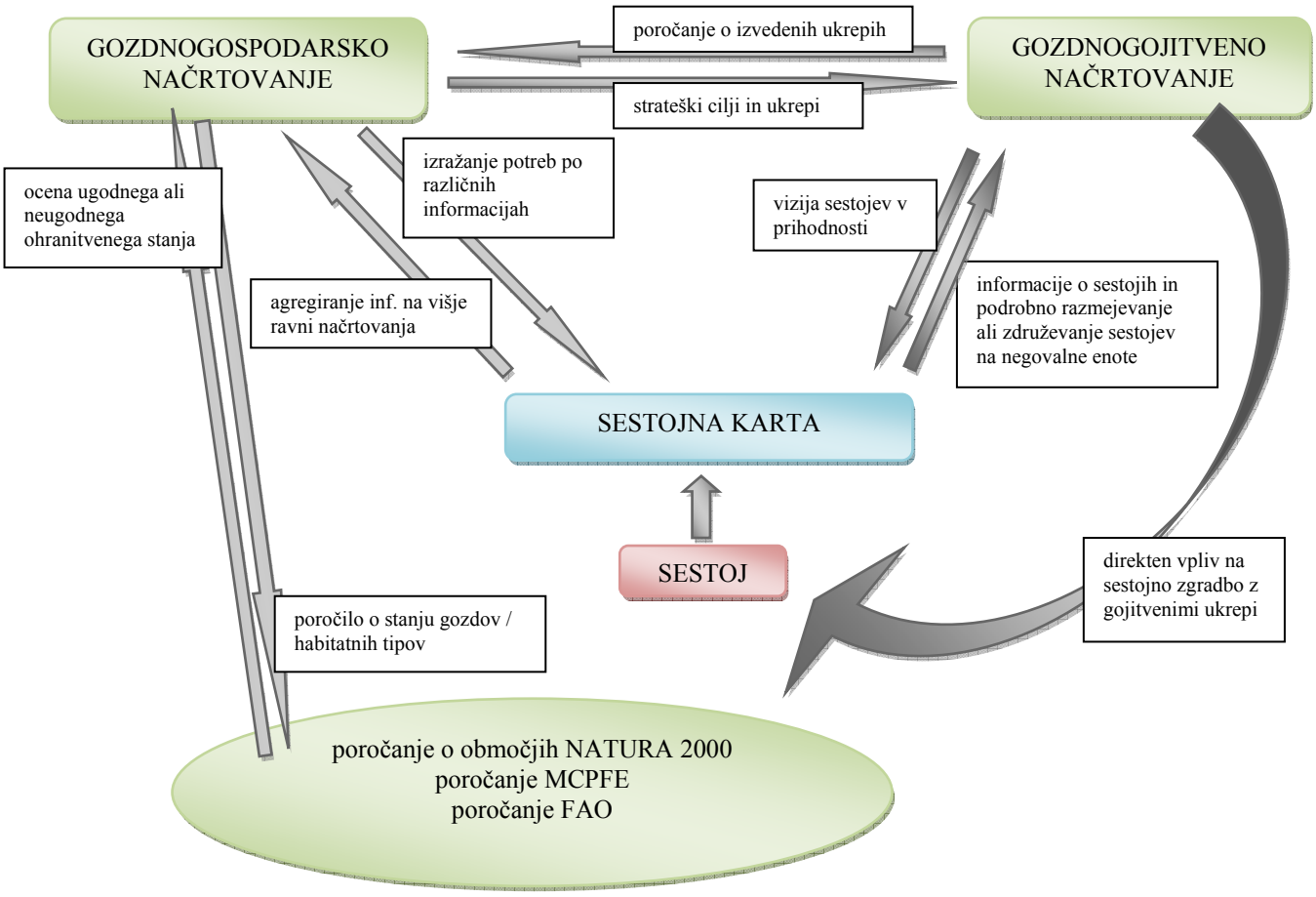
Slika 39: Možnosti uporabe sestojne karte in sicer primer agregiranja površin glede na razvojno fazo za namene gozdnogospodarskega načrtovanja (leva slika) in hipotetičen primer deljenja sestojev na manjše površine v primeru gozdnogojitvenega načrtovanja.

Sestojna karta mora biti izdelana na način, ki dopušča enostavno nadgradnjo. Tako bi lahko bila npr. ena od dodatnih možnosti uporabe sestojne karte tudi poročanje o trajnosti gospodarjenja z gozdovi (MCPFE in FAO), ki zahteva podajanje značilnosti gozdov po mešanosti (listnati, mešani in iglasti gozdovi), kar pa Pravilnik … (1998) ne zahteva. V primeru, da bi se pri izdelavi sestojnih kart ocenjevalo tudi mešanost, bi podatke enostavno združili na raven države in izpolnili zahteve poročila.

Sestojno kartiranje mora ob pravilno zastavljeni metodologiji dopuščati možnost, da bi z ocenjevanjem dodatnih elementov gozdnega prostora služilo tudi negozdarskim krogom.

Tako bi lahko npr. na dokaj enostaven način sestojno karto dopolnili z dodatnimi ocenami določenih kazalcev gozda. Ruffini (2005 cit. po Golob 2006) omenja 17 pomembnih znakov za ocenjevanje ohranjenosti habitatnih tipov. Ocenjujemo, da bi nekaj bistvenih kot so drevesna sestava (mešanost in oblika mešanosti), razvojne faze, fragmentacija površin idr. lahko ocenjevali s fotointerpretacijo letalskih posnetkov. S tem bi poenostavili poročanje o stanju ohranjenosti gozdnih habitatnih tipov NATURA 2000. S pomočjo indikatorskih bližnjic (npr. če ima gozdna združba dovolj mrtvega lesa bodo zelo verjetno

preživele vse vrste, ki so vezane na mrtvi les) bi lahko imeli pregled nad ugodnim ali neugodnim stanjem habitatnih tipov za vrste NATURA 2000.



Slika 40: Poenostavljena shema umestitve sestojne karte v načrtovalski postopek in nadaljnje možnosti uporabe sestojne karte

7.2 POSTOPEK ZA IZDELAVO SESTOJNIH KART

Številni učbeniki (npr. Hočevar, 1995), priročniki (npr. Avery, 1957; Lund, 1997; Keller, 2005) ter druga strokovna dela (npr. Hladnik, 1993; Bogovič, 1985; Zafran, 1993; Kušar, 2000) navajajo, da je potrebno pri fotointerpretaciji gozdnih sestojev opazovati prostorski model gozda. Slednje nam namreč nudi možnost vpogleda v vertikalno strukturo gozda in s tem razmejevanje ali združevanje gozda na podlagi različnih klasifikacijskih kriterijev v homogene sestoje.

Predlagamo, da bi izdelali navodila, ki bi jasno določala tudi tehnologijo izdelave sestojnih kart.

Fotogrametrični del, ki bi obsegal izdelavo geokodiranega prostorskega modela, bi zaradi specifike dela ostal v domeni geodetskih strokovnjakov (Hočevar 1995). Določiti bi morali opremo in postopke izdelave stereomodela (orientacija posnetkov).

S fotointerpretacijo prostorsko orientiranih stereomodelov bi se ukvarjali gozdarski strokovnjaki. Fotointerpretacijski ključ naj bi bil uporaben v vseh GGO in bo natančno ter nedvoumno opisal, kaj se v sestojnih kartah ocenjuje in na kakšen način. Enoten ključ bi omogočil primerjavo in združevanje podatkov med GGO. Vsebovati bi moral sestojne znake, ki so smiselni za ugotavljanje stanja gozda, in sicer za gozdarsko načrtovanje (gozdnogospodarsko in gozdnogojitveno) ter za agregiranje podatkov z namenom poročanja na ravni države. Poleg tega bi bilo potrebno fotointerpretacijski ključ poenotiti med državam članicam EU (npr. COST E43), kar bi bistveno olajšalo poročanje o stanju gozdov v prihodnje in bi omogočilo primerljivost z drugimi državami.

Predlagamo, da bi Pravilnik … (1998) ločeno obravnaval zgradbo sestoja in razvojno fazo. Tako bi lahko zgradba sestoja v fotointerpretacijskem ključu določala, katere sestojne parametre bi pri nadaljnjem kartiranju ocenjevali. Zgradba je namreč posledica gozdnogojitvenih ukrepov in je znak, preko katerega lahko sklepamo, kateri sestojni znaki bodo pri fotointerpretaciji razpoznavni. V pričujoči raziskavi smo poleg zgradbe gozda ocenjevali tudi razvojno fazo, mešanost, obliko mešanosti, sklep in zastornost.

Ker naj bi sestojna karta postala vez med gozdnogospodarskim in gozdnogojitvenim načrtovanjem, je nujno, da gojitelj s svojimi predlogi sodeluje pri izdelavi sestojne karte in tako predstavi želje lastnikov in svojo vizijo gozda v naslednjem ureditvenem obdobju. Devjak (2006) navaja, da bo uporabnost sestojne karte večja, če bo pri njeni izdelavi sodeloval tudi gozdar s krajevne enote. Le tako lahko gozdarski strokovnjak za fotointerpretacijo izdela takšno sestojno karto, ki bo vsestranska in bo služila tako podrobnemu kot tudi strateškemu načrtovanju. Obstajati bi morala navodila, ki bi vsebovala osnovna načela in načine potrebnega sodelovanja med fotointerpretatorjem (na ZGS so to svetovalci za gojenje in načrtovanje) in revirnim gozdarjem (usklajevanje med stanjem sestojev in možnostmi za razvoj teh sestojev do konca naslednjega ureditvenega obdobja). V primeru, da bi se odločili sestojno karto nadgraditi z dodatnimi parametri (npr. za potrebe varstva narave), bi moral gozdarski strokovnjak za fotointerpretacijo sodelovati tudi s strokovnjaki z drugih področij.

Preglednica 16: Povzetek prednosti in pomanjkljivosti obeh načinov sestojnega kartiranja

KARTIRANJE SESTOJNE KARTE S STEREOMODELOM	**KARTIRANJE SESTOJNE KARTE NA ORTOFOTO POSNETKIH**
Omogočeno je prostorsko opazovanje gozda, zaradi česar se izboljšajo možnosti interpretacije sestojnih znakov. Odpravljene so napake kartiranja, ki lahko nastanejo zaradi senc, presvetljenih krošenj, prevrnjenih dreves itd.	Napake zaradi slabše možnosti opazovanja vertikalne zgradbe gozdov (zamiki kartirnih linij zaradi senc dreves, prevrnjenih dreves, kartiranje vrzeli itd.).
Stereomodel orientiramo iz letalskih posnetkov, s tem dosežemo precej boljšo geometrično natančnost od ortofota (Kosmatin Fras 2004).	V primeru vektorizacije vsebin iz ortofota moramo upoštevati, da ti podatki nimajo geometrične natančnosti, ki je ekvivalentna grafičnemu merilu, saj je poleg pogreškov ortofota prisoten še dodaten pogrešek vektorizacije (Kosmatin Fras 2004).
Zaradi možnosti opazovanja vertikalne strukture gozda je omogočeno kartiranje tudi v raznodobnih gozdovih. S tem bi izenačili in standardizirali sestojne karte za celotno Slovenijo.	Kartiranje v malo in velikopovršinsko raznodobnih gozdovih je oteženo in večkrat tudi nemogoče.
Oprema je dražja, za pridobitev letalskih posnetkov je potrebno dovoljenje Geodetskega uprave Republike Slovenije, Geodetskemu zavodu Republike Slovenije pa moramo poravnati stroške za pripravo posnetkov.	Dodatne opreme ni, ortofotoposnetki so po 36. členu Zakona o dostopu do informacij javnega značaja (2006) brezplačni.

se nadaljuje

nadaljevanje

Za fotointerpretatorje bi bila potrebna dodatna izobraževanja o fotointerpretaciji in uporabi programske opreme.	Dodatno izobraževanje je usmerjeno v fotointerpretacijo ortofoto posnetkov.
Z dodatnimi atributnimi podatki (poleg razvojne faze in sklepa tudi mešanost, oblika mešanosti, pokrovnost krošenj, velikost vrzeli, višino zgornjega sloja dreves, fragmentacijo površin in v enomernih gozdovih tudi število debelejših dreves, horizontalno variacijo višin, število dreves na hektar) bi lahko na enostaven način prišli do informacij, s pomočjo katerih bi lahko izdelovali poročila o stanju naših gozdov (habitatov) (NATURA 2000, MCPFE)	Ocenjevanje značilnosti sestojev je omejeno. Treba je opraviti več terenskih dopolnitev in preverjanja podatkov.
Postopek izdelave sestojne karte v pisarni je dolgotrajnejši. Terenski ogled poteka po kontrolnih sestojih in sestojih, ki so bili problematični pri identifikaciji.	Postopek izdelave sestojne karte temelji na terenskem ogledu, kjer sestojna karta v večjem delu tudi nastaja.
Zaradi večje natančnosti in medsebojnega sodelovanja je delo gojitelja olajšano, saj mu sestojna karta nudi natančen pregled stanja gozdov.	Delo načrtovalca in gojitelja se pogosto podvaja.
Vzdrževanje stare sestojne karte je hitrejše in učinkovitejše. Zaradi zapisa vseh kartiranih linij in poligonov v 3D koordinatni sistem (x, y, z) lahko staro karto položimo na novi steromodel in popravimo samo tiste meje, ki so se spremenile. Pri vseh preostalih sestojih popravimo samo šifre atributnih podatkov.	Vektorizirano sestojno karto položimo na nov ortofoto in jo obnovimo.

Potrebno bi bilo pretehtati odločitev med stroški nove tehnologije in potrebno kakovostjo izdelanih sestojnih kart. Tehnologija je postala zaradi vse hitrejšega razvoja računalniške opreme cenejša in na tržišču se že pojavljajo številni računalniški sistemi, kot so npr. PuerView (http://www.mypurview.com), DATEM SUMMIT (http://www.datem.com), Leica (http://gi.leica-geosystems.com), ki omogočajo prostorsko opazovanje in kartiranje elementov prostora. S tem bi odpravili bistvene napake, kot so napačne meje sestojev zaradi senc dreves, prevrnjenih dreves in presvetljenih krošenj, ki sedaj nastajajo pri razmejevanju sestojev na podlagi ortofoto posnetkov, poleg tega bi razširili možnosti uporabe sestojnih kart in poenostavili vzdrževanje.

7.3 RAZVOJ INDIKATORJEV ZA RAZMEJEVANJE SESTOJEV OB UPUŠTEVANJU RAZLIČNIH GOZDNOGOJITVENIH SISTEMOV

V začetni fazi izdelave fotointerpretacijskega ključa natančno določimo kriterije, kako bomo sestoje razmejevali in katere parametre teh sestojev bomo ocenjevali. Na takšen način se metodologija izdelave karte standardizira in postane uporabna v različnih zgradbah gozdov.

Veliko enostavneje je izdelovati sestojne karte na območju bolj ali manj enomernih gozdov, kot so npr. pokljuški, veliko težje na vrstno in strukturno pestrih območjih, kjer se na majhnih površinah izmenjujejo malopovršinsko raznodobni, kmečki prebiralni in klasično prebiralni gozdovi. Rezultat takšnega načina gospodarjenja so sestoji, ki imajo na videz podobno višinsko zgradbo in jih je na letalskih posnetkih težko ločevati. Težavo rešimo, če si pred začetkom kartiranja sestojev na karti označimo odseke ali dele odsekov, v katerih na takšen način gospodarimo. Torej mora biti v gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih za te odseke predpisan ukrep prebiranje. V primeru, da gospodarimo skupinsko postopno, torej z razvojnimi fazami, moramo to pri sestojnih kartah tudi upoštevati.

Da pri kartiranju gozdnih sestojev ne bi prihajalo do prevelike razdrobljenosti, ki lahko vodi v slabo preglednost sestojnih kart in tudi prehitrega zastaranja karte, predpisuje Pravilnik … (1998) minimalno površino sestoja 0,5 ha. Devjak (2006) navaja, da je povprečna površina izločenih sestojev v vzorcu petnajstih GGE v gozdnogospodarskem območju Kočevje velikih 3,36 ha. Od tega je 15 % sestojev manjših od 0,5 ha, največji delež teh sestojev pripada razvojni fazi mladovja. Zaradi strukturne pestrosti naših gozdov in možnosti pri fotointerpretaciji predlagamo, da je za razvojno fazo mladovja minimalna še izločena površina sestoja 0,1 ha. To bi bilo torej jedro mladovja premera ene drevesne višine ali približno 30 metrov. Ob upoštevanju te minimalne površine bomo lahko na sestojni karti prikazali tudi pomladitvena jedra v raznomernih gozdovih. Minimalno površino pri izločanju mladovja je smiselno prilagoditi tudi intenzivnosti gospodarjenja. Kjer je intenzivnost gospodarjenja manjša, predlagamo upoštevanje 0,5 ha kot minimalno površino za vse razvojne faze.

7.4 IZDELAVA SESTOJNIH KART NA DVEH TESTNIH PRIMERIH IN ANALIZA KAKOVOSTI OBSTOJEČIH SESTOJNIH KART ZA OBA TESTNA PRIMERA

V nalogi smo opisali postopek izdelave sestojne karte s pomočjo računalniškega sistema DiAP, ki omogoča prostorsko opazovanje in kartiranje mej sestojev na stereoparu letalskih posnetkov. Iz okolja stereoploterja smo karto nato prenesli v okolje geografskega informacijskega sistema ArcMap. Sestojna karta, izdelana na podlagi stereopara, ima večjo pozicijsko in tematsko natančnost.

Do konca leta 2006 je Zavod za gozdove Slovenije izdelal sestojne karte za celotno gozdno območje Slovenije. Večji del teh kart je bil izdelan na podlagi opazovanja ortofoto posnetkov in ne prostorskih modelov gozda. Zaradi tega so lahko na kartah prisotne napake pri interpretaciji sestojev (sence dreves, presvetljene krošnje), katerim moramo prišteti še pozicijske napake ortofoto posnetka. Kosmatin Fras (2004) navaja, da ima na kakovost ortofota velik vpliv kakovost digitalnega modela višin. Tako so na ortofotu pozicijsko pravilno prikazani le tisti elementi slike, ki ležijo na uporabljenem višinskem modelu, pozicijsko pa so premaknjeni vsi grajeni objekti, vrhovi dreves, hitri višinski prehodi terena itd.

Izdelava sestojnih kart na podlagi opazovanja ortofoto posnetkov omejuje tudi kakovostno razmejevanje sestojev v gozdovih, kjer se gospodari skupinsko postopno. V teh sestojih je nujno, da ima interpretator možnost prostorskega opazovanja, saj lahko le na takšen način zanesljivo loči različne razvojne faze med seboj.

Ob ocenjevanju kakovosti obstoječe sestojne karte za testno območje na Pokljuki smo ugotovili, da je sestojna karta kartirana brez večjih pomanjkljivosti, kar je po naših ocenah mogoče predvsem zaradi dokaj preglednega sistema gospodarjenja, ki se tukaj pojavlja. Zaradi tega smo sestojno karto iz leta 2005 samo dopolnili z atributnimi podatki po našem fotointerpretacijskem ključu in kjer je bilo potrebno, smo popravili tudi meje sestojev. Glede na navodila Pravilnika ... (1998) so sestoji ustrezno opisani z atributnimi podatki. Pomanjkljivost karte je le v tem, da se lahko en atributni podatek v bazi nanaša na več sestojev znotraj enega odseka, kar nam omejuje neposredno ugotavljanje velikosti

posameznega sestoja direktno iz baze podatkov. Pri karti za območje Leskove doline smo opazili neskladnosti, ki se nanašajo predvsem na nedoslednost pri kartiranju (parametri, na podlagi katerih je bil posamezen sestoj izločen, so večkrat nejasni). Pomanjkljivost sestojne karte v Leskovi dolini je tudi, da za raznodobne in raznomerne sestoje gozdarski strokovnjaki niso ocenjevali drugih sestojnih znakov. Tega jim po Pravilniku … (1998) pač ni bilo treba.

7.5 VZDRŽEVANJE STARE SESTOJNE KARTE IN DODATNE MOŽNOSTI UPORABE

Z natančno izdelavo prve sestojne karte bi si zagotovili lažje in cenejše vzdrževanje. V primeru, da kartiramo meje sestojev v prostorskem modelu, je končni rezultat sestojna karta, katere poligoni imajo poleg koordinat X in Y še koordinato Z (nadmorsko višino). Podatek o nadmorski višini je pomemben predvsem pri vzdrževanju sestojne karte in pri njeni prostorski predstavitvi. S takšno karto lahko enostavno prekrijemo nov stereomodel (novejši letalski posnetki), saj imamo natančne podatke o nadmorskih višinah.

Sestojno karto, ki jo je izdelal ZGS, lahko dopolnimo s podatki o nadmorskih višinah s pomočjo digitalnega modela višin. S takšno karto lahko nato prekrijemo nov stereomodel, ter popravimo le tiste linije, kjer so se meje sestojev v desetih letih spremenile (najpogosteje bi se to pojavljalo na območjih, kjer smo starejše debeljake pričeli uvajati v obnovo). V vseh drugih primerih, kjer se meje sestojev niso spremenile, ampak se je spremenil samo kateri od sestojnih elementov, ki jih ocenjujemo, bi bilo potrebno le popraviti šifro sestoja. Na takšen način bi se večja poraba časa pri izdelovanju prve sestojne karte čez daljše obdobje izravnala. Rezultat pa bi bila boljša sestojna karta, ki bi služila svojemu namenu na vseh področjih (v gozdarski in tudi negozdarski rabi).

Eden od osnovnih namenov sestojne karte je stratificiranje podatkov, zbranih na stalnih vzorčnih ploskvah. Na podlagi sestojne karte oblikujemo homogene stratume, da bi zmanjšali vzorčno napako in dobili podatke ter parametre za prostorsko opredeljene dele gozda.

Sestojna karta bi lahko bila tudi v pomoč popisovalcem stalnih vzorčnih ploskev. Slednji bi se s pomočjo sestojne karte lažje orientirali v prostoru. Poleg tega bi lahko osnovne podatke o sestoju iz sestojne karte avtomatsko prepisali v opisne liste stalnih vzorčnih ploskev. Tako bi se postopek popisa nekaterih podatkov prenehal podvajati, ob tem pa bi popisovalci stalnih vzorčnih ploskev lahko natančnost sestojne karte preverjali na terenu.

Predvidevamo, da se bodo potrebe po sestojni karti v prihodnosti še povečale. Sestojna karta bo kmalu poleg potreb za namene načrtovanja v gozdarstvu postala pomembna tudi za ugotavljanje nekaterih kazalcev s katerimi bi lahko spremljali stanje habitatnih tipov. Tako v okviru projekta EUMON[11] že poteka vzpostavitev obsežne podatkovne zbirke s pregledom obstoječe zbirke monitoringov evropsko pomembnih vrst in habitatnih tipov in priporočenimi metodami (Eumon … , 2006). Perspektive sestojnih kart pa se kažejo tudi v ocenjevanju biotske pestrosti gozdov, saj se (Noss, 1999; Hauk in Winter, 2007) že razvijajo kazalci za ocenjevanje in spremljanje biotske pestrosti in v sklopu teh so izpostavljeni tudi kazalci sestojne zgradbe.

Slovenija ima že dolgoletno tradicijo trajnostnega, mnogonamenskega in sonaravnega gospodarjenja z gozdovi, ki ga lahko uresničuje le z načrtovanjem na različnih prostorskih ravneh. Zaradi vse večjih zahtev takšnega načina gospodarjenja z gozdovi je bilo v gozdarstvo vpeljano podrobno načrtovanje na sestojni ravni. Sestoj je tako postal najnižja prostorska enota za ugotavljanje stanja in načrtovanje, sestojna karta pa uporaben vir podatkov o gozdovih, ki jo je potrebno vzdrževati in izpopolnjevati.

[11] *EU-wide monitoring methods and systems of surveillance for species and habitats of Community interest*

8 POVZETEK

V diplomski nalogi smo predstavili tehnologijo izdelave sestojne karte z digitalnim stereoploterjem kanadske družbe ISM, *Digital Images, Analytical Plotter* (DiAP). Stereoskopski sistem omogoča izdelavo in opazovanje prostorskega modela gozda. Takšno opazovanje in kartiranje sestojev odpravlja bistvene napake, ki lahko nastanejo pri izdelavi sestojnih kart izključno na podlagi ortofoto posnetkov. S stereoploterjem smo izdelali sestojni karti za dve testni območji. Prvo testno območje se je nahajalo na Pokljuki, kjer smo zaradi dobrega ujemanja med stanjem na stari sestojni karti in stanjem na našim stereomodelom nakazali le na možnosti vzdrževanja sestojnih kart. Testno območje na Pokljuki je obsegalo 173 ha gozdov. Drugo območje je bilo v Leskovi dolini in je obsegalo 187 ha gozdov. V primeru Leskove doline se stara sestojna karta ni ujemala s stanjem na stereomodelu in sestojno karto smo izdelali v celoti na novo. Testni območji smo izbrali na različnih lokacijah zaradi različne zgradbe gozdov in s tem stereoskopsko kartiranje sestojev preizkusili v enomernih gozdovih na Pokljuki in raznomernih gozdovih v Leskovi dolini. Gozd smo razmejevali v sestoje na podlagi različnosti med zgradbo gozda, razvojno fazo, mešanostjo, obliko mešanosti, sklepa in zastornosti. Pri kartiranju sestojev smo upoštevali minimalno površino, ki jo določa Pravilnik … (1998) in je 0,5 ha, le v primeru mladovja smo predlagali manjšo minimalno površino, in sicer 0,1 ha.

Obe novo nastali sestojni karti za omenjeni območji smo primerjali z obstoječima kartama Zavoda za gozdove Slovenije in skladno s standardom ISO 19113 ocenili kakovost prostorskega podatkovnega niza na podlagi petih osnovnih elementov kakovosti. Ugotovili smo, da je sedanja sestojna karta na Pokljuki ustrezne kakovosti, medtem ko ima sestojna karta Leskove doline nekatere pomanjkljivosti, saj so gozdarski strokovnjaki večino sestojev uvrstili med posamično do šopasto raznomerne (tudi prebiralne) in teh sestojev po Pravilniku … (1998) ni potrebno ocenjevati po razvojnih fazah. Pravilnik … (1998) pa predpisuje oceno sestojnega sklepa, ki v primeru Leskove doline manjka pri 80 % sestojev.

V raznomernih gozdovih je razmejevanje gozda v gozdne sestoje na podlagi sestojnih znakov brez stereoskopskega opazovanja skoraj nemogoče. V primeru, da se to izvaja, so lahko napake prevelike in uporabnost takšnih kart je pogosto omejena.

Če bi tehnologijo izdelave sestojnih kart spremenili iz fotointerpretacije na ortofoto posnetkih v opazovanje prostorskih modelov gozda, bi dosegli večjo natančnost in uporabnost sestojnih kart. V nalogi predlagamo in prikazujemo primere, na podlagi katerih bi lahko izdelali navodila, ki bi vsebovala opis postopka izdelave sestojne karte.

Z natančno izdelano prvo sestojno karto bi si zagotovili lažje in cenejše vzdrževanje. V primeru, da bi se karta izdelovala stereoskopsko, bi imeli za vsako digitalizirano linijo na razpolago vse tri koordinate (X, Y in Z). Takšno sestojno karto bi prekrili preko novega stereomodela in popravili le tiste linije, kjer so se meje sestojev v desetih letih spremenile. Če se meje sestojev niso spremenile, se pa je spremenil kateri od sestojnih elementov, bi popravili le šifro sestoja.

V nalogi smo sestoj in sestojno karto umestili v gozdarski načrtovalni proces. Sestojna karta služi hkrati potrebam gozdnogospodarskega in gozdnogojitvenega načrtovanja. Sestoj je prostorska enota, za katero načrtujemo gozdnogojitvene ukrepe in je tudi najmanjša homogena enota, za katero zbiramo informacije o stanju in se kot samostojna nosilka informacij izloča v okviru gozdnogospodarskega načrtovanja. Informacije lahko iz ravni sestoja, če upoštevamo odsečne meje ali dodatni informacijski sloj npr. fitocenološko karto, agregiramo na višje ravni gozdnogospodarskega načrtovanja. Poleg tega pa predstavlja sestojna karta temeljni okvir za gozdnogojitveno načrtovanje, kjer na podlagi pregleda nad sestoji in rastišči gojitelj oblikuje notranjo členitev gozdov na negovalne in načrtovalne enote.

Uporabnost sestojne karte se bo z leti še povečala. Njen pomen se že kaže pri načrtovanju v gozdarstvu, vse večje zahteve pa prihajajo tudi s strani varovanja okolja in spremljanja stanja različnih habitatnih tipov in vrst. Ob ustrezno izdelani osnovni sestojni karti in z možnostmi ocenjevanja dodatnih atributnih podatkov, bi lahko torej sestojna karta služila ne samo gozdarskemu načrtovanju, ampak bi se lahko gozdarstvo tudi aktivno vključilo v spremljanje stanja na drugih področjih npr. ugotavljanje stanja habitatov in vrst na območjih NATURA 2000.

9 VIRI

1. Anko B. 1998. Krajinskoekološka izhodišča tipizacije gozdnate krajine. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 57: 153–206.
2. Avery T. E., Berlin G. L. 1985. Interpretation of areal photographs. New York, Macmillan: 554 str.
3. Baligač A. 2001. Analiza izločanja sestojev pri gozdnogospodarskem in detajlnem načrtovanju na primeru enote Goričko II: diplomska naloga. Ljubljana, samozal.: 56 str.
4. Barbati A., Corona P., Marchetti M. 2006. European forest types, categories and types for sustainable forest management reporting and policy. European Environment Agency. EEA Technical Report, 9: 114 str.
5. Bogovič B. 1985. Analiza dinamike gozdnih sestojev in gozdnega prostora s pomočjo zaporednih aerosnemanj: diplomska naloga. Ljubljana, samozal.: 48 str.
6. Bončina A. 2006. Gozdnogospodarsko načrtovanje: učbenik (delovno gradivo). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.
7. Brewer I. 1999. The conceptual development and use of ecoregion classifications: Master's Thesis. Oregon, Oregon State University: 126 str.
8. Brinovec M. 1988. Ugotavljanje lesne zaloge v kmečkih in malodonosnih gozdovih po metodi razmerij: diplomska naloga. Ljubljana, samozal.: 65 str.
9. CEPP. 2007. Geodetska uprava Republike Slovenije. http://www.geodetska-uprava.si/gu/aplik/CEPP/index.jsp (26. 9. 07)
10. Colwell R. N. 1997. History and place of photographic interpretation. V: Manual for photographic interpretation. Warren (ur.). Maryland, American society for photogrammetry and remote sensing: 3–47.
11. Černigoj V. 1993. Povezovanje gozdne inventure v celostni gozdarski informacijski sistem na primeru GGE Trnovo: diplomska naloga. Ljubljana, samozal.: 63 str.
12. Devjak T. 2006. Presoja inventurnih in načrtovalnih enot v gozdarskem načrtovanju na primeru gozdnogospodarskega območja Kočevje: magistrsko delo. Ljubljana, samozal.: 122 str.
13. Diaci J. 2006. Gojenje gozdov: pragozdovi, sestoji, zvrsti, načrtovanje, izbrana poglavja: učbenik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 348 str.
14. Direktiva sveta 92/43/EGS ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst (22. 7. 1992). http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/sl/dd/15/02/31992L0043SL.pdf (8.10.2007)
15. Draksler K. 2006. Regionalizacija Slovenije: diplomska naloga. Ljubljana, samozal.: 71 str.

16. EUMON – vseevropske metode monitoringa in sistemov opazovanj za vrste in habitate interesnih skupin EU. http://eumon.ckff.si/summary.php?pid=7 (12. 10. 2007)
17. Fischer R., Pommerening A. 2003. Methodology for stand structure assessments in the biodiversity test phase 2003–2005 of EU/ICP forests. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests: 11 str.
18. Gams I. 1984. Metodologija geografske razčlenitve ozemlja. Geografski vestnik, 56: 75–82.
19. Gams I. 1986. Osnove pokrajinske ekologije. (Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo). Ljubljana, samozal.: 173 str.
20. Gašperšič F. 1995. Gozdnogospodarsko načrtovanje v sonaravnem ravnanju z gozdovi: učbenik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 403 str.
21. Gebhardt K., Prichard D., Crowley E., Stevenson M. 2005. Riparian area management: riparian and wetland classification review and application. Denver, U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management: 26 str.
22. Ginzler C., Bärtschi H., Bedolla A., Brassel P., Hägeli M., Hauser M., Kamphues M., Laranjeiro L., Mathys L., Uebersax D., Weber E., Wicki P., Zulliger D. 2005. Luftbildinterpretation LFI3: Interpretationsanleitung zum dritten Landesforstinventar. Birmensdorf, WSL: 87 str.
23. Golob A. 1992. Analiza gozdnogojitvenega načrtovanja v Sloveniji in njegova vloga v prihodnosti. Gozdarski vestnik, 50, 1:14–23.
24. Golob A. 2006. Izhodišča za monitoring stanja ohranjenosti gozdnih habitatnih tipov in habitatov vrst na območjih Natura 2000 v Sloveniji. V: XXIV. Gozdarski študijski dnevi: monitoring gospodarjenja z gozdom in gozdnato krajino. Hladnik D. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 223–243.
25. Gozdnogospodarski načrt GGE Pokljuka 2006–2015. 2006. Pokljuka, Zavod za gozdove Slovenije, OE Bled.
26. Gozdnogospodarski načrt GGE Leskova dolina 2004–2013. 2004. Leskova dolina, Zavod za gozdove Slovenije, OE Postojna.
27. Grossman D. H., Bourgeron P., Busch W. D. N., Cleland D., Platts W., Ray G. C., Robins C. R., Roloff G. 1999. Principles for Ecological Classification. V: Ecological stewardship II. Sazaro R. C., Johnson N. C., Sexton W. T., Malk A. J. (ur.). Oxford: 353–385.
28. Ortofoto. 2007. Geodetska uprava Republike Slovenije. http://www.gu.gov.si/si/delovnapodrocja_gu/podatki_gu/topografsko_kartografski_podatki/ortofoto/ (26. 9. 07)
29. Hauk E., Winter S. 2007. Stand structure assessment within Evropean national forest inventories. V: COST Action E43, Harmonisation of National Forest Inventories in Europe: draft report. Bertini R., Chirici G. (ur.): 118–158.

30. Hirvonen H., Lowe J. J. 1996. Integration of Canada's forest inventory with the national, ecological framework for state of sustainability reporting.V: New Thrusts in Forest Inventory (EFI Proceedings, 7). Helsinki, EFI: 11–26.
31. Hladnik D. 1986. Ocena zdravstvenega stanja jelovo-bukovih gozdov na visokem krasu: diplomska naloga. Ljubljana, samozal.: 70 str.
32. Hladnik D. 1990. Spremljanje razvoja sestojev in časovna dinamika propadanja dreves v jelovo-bukovem gozdu: magistrsko delo. Ljubljana, samozal.: 112 str.
33. Hladnik D. 1991. Spremljanje razvoja sestojev in časovna dinamika propadanja dreves v jelovo-bukovem gozdu. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 38: 55–96
34. Hladnik D. 1998. Nadzor gozdnih ekotopov na velikoprostorski ravni za sonaravno gospodarjenje z gozdom in gozdnato krajino: doktorska disertacija. Ljubljana, samozal.: 286 str.
35. Hladnik D. 2000. Razvoj koncepta gozdnih inventur na Slovenskem. V: XX. Gozdarski študijski dnevi: nova znanja v gozdarstvu – prispevek visokega šolstva. Potočnik I. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 105–126.
36. Hočevar M., Juvančič M. 1982. Stanje in možnosti daljinskega pridobivanja podatkov v gozdarstvu Slovenije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo: 76 str.
37. Hočevar M. 1995. Daljinsko pridobivanje podatkov v gozdarstvu: učbenik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 105 str.
38. Hočevar M., Hladnik D. 2006. Development of forest monitoring methods for sustainable forest management in Slovenia. V: Nature-based forestry in Central Europe. Diaci J. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 133–145.
39. Keller M. (Red). 2005. Schweizerisches Landesforstinventar. Anlaitung für die Feldaufnahmen der Erhebung 2004 - 2007. (Forschungsanstalt WSL). Birmensdorf, WSL: 393 str.
40. Kilian W., Müller F., Starlinger F. 1994. Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Berichte FBVA, 82: 60 str.
41. Kladnik D. 1996. Naravnogeografske členitve Slovenije. Geografski vestnik, 68: 123–159.
42. Klijn F., Udo Haes H. A. 1994. A hierarchichal approach to ecosystems and its implications for ecological land Classification. Landscape Ecology, 9, 2: 89–104.
43. Kopše I. 2001. Izdelava gozdnogojitvenega načrta s pomočjo nekaterih sodobnih informacijskih orodij: strokovna naloga. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 15 str.
44. Kosmatin Fras M. 2004. Vpliv kakovosti vhodnih podatkov na kakovost ortofota. Geodetski vestnik, 48, 2: 167–178.

45. Kotar M. 1996. Gojenje gozdov, ekologija gozda in gozdoslovje: učbenik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 149 str.
46. Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah: učbenik. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije in Zavod za gozdove Slovenije: 500 str.
47. Kovač M., Kušar G., Batič F., Simončič P., Polanšek B., Japelj A., Skudnik M., Krma P. 2007. Priročniku o popisu poškodovanosti gozdov in gozdnih ekosistemov: delovno gradivo. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 47 str.
48. Kušar G. 2000. Fototerestrična inventura gozdnih sestojev: diplomska naloga. Ljubljana, samozal.: 83 str.
49. Leibundgut H. 1996. Nega gozda. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 191 str.
50. Lillesand T. M., Kiefer R. W. 1994. Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons: 750 str.
51. Lund G., Befort W. A., Brickell J. E., Ciesla W. M., Collins E. C., Czaplewski R. L., Disperati A. A., Douglass R. W., Dull C. W., Greer J. D., Hershey R. R., LaBau V. J., Lachowski H., Murtha P. A., Nowak D. J., Roberts M. A., Schram P., Shedha M. D., Singh A., Winterberger K. C. 1997. Forestry. V: Manual for photographic interpretation. Warren (ur.). Maryland, American society for photogrammetry and remote sensing: 399–440.
52. Matjašič D., Šturm T. 2006. Sestojna karta Slovenije. V: XXIV. Gozdarski študijski dnevi. Monitoring gospodarjenja z gozdom in gozdnato krajino. Hladnik D. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 73–82.
53. McElhinny C., Gibbons P., Brack C., Bauhus J. 2005. Forest and woodland stand structural complexity: it's definition and measurement. Forest Ecology and Management, 218: 1–24.
54. Mlinarič Z. 2001. Analiza izločanja sestojev pri gozdnogospodarskem in detajlnem načrtovanju na primeru jugovzhodnega Pohorja: diplomska naloga. Ljubljana, samozal.: 59 str.
55. Naveh Z., Lieberman A. S. 1984. Landscape ecology, theory and application. New York, Springer: 356 str.
56. Newton A. C., Kapos V. 2002. Biodiversity indicators in national forest inventories. Unasylva, 53: 56–64.
57. Noss F. R. 1999. Assessing and monitoring forest biodiversity: a suggested framework and indicators. Forest Ecology and Management, 115: 135–146.
58. Oswald H. C. 2006. Potential digitaler photogrammetrischer Luftbildkameras: Diplomarbeit. Hannover: 95 str.
59. Plut D. 1999. Regionalizacija Slovenije po sonaravnih kriterijih. Geografski vestnik, 71: 9–25.

60. Poljanec A. 2005. Analiza obravnavanja sestojev kot inventurnih in načrtovalnih enot v gozdarskem načrtovanju: magistrsko delo. Ljubljana, samozal: 113 str.

61. Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih. 1998. Uradni list RS, št. 5/1998

62. SSKJ – Slovar slovenskega knjižnega jezika, zvezek 5. 1991. Ljubljana, SAZU, DZS: 1051 str.

63. State of Europe's Forests. The MCPFE Report on Sustainable Forest Management in Europe. 4th Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Vienna, 28–30 Apr. 2003. 2003. Vienna, Liaison Unit Vienna: 126 str.

64. Šumrada R. 2005. Strukture podatkov in prostorske analize. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 284 str.

65. Teng W.L., Loew E. R., Ross D. I., Zsilinszky V. G., Lo C. P., Philipson W. R., Philpot W. D., Morain S. A. 1997. Fundamentals of photographic interpretation. V: Manual for photographic interpretation. Warren (ur.). Maryland, American society for photogrammetry and remote sensing: 49–113.

66. The Center for Photogrammetric Training Surveying Engineering Department Ferris State University. 2006. V: History of Photogrammetry: 25 str. http://www.ferris.edu/faculty/burtchr/sure340/notes/History.pdf (12. 10. 2007)

67. Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000). Uradni list RS, št. 49/2004, 110/2004, 59/2007

68. Welch R. 1989. Desktop mapping with personal computers. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 55, 11: 1651–1662.

69. Zafran J. 1993. Zasnova PIS na primeru gozdnogospodarske enote Leskova dolina: diplomska naloga. Ljubljana, samozal.: 89 str.

70. Zakon o gozdovih. Uradni list RS, št. 30/1993, 67/2002

71. Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o gozdovih. Uradni list RS, št. 110/2007

72. Zakon o dostopu informacij javnega značaja. Uradni list RS, št. 51/2006

ZAHVALA

Za vso pomoč, podporo in nasvete, se zahvaljujem mentorju doc. dr. Davidu Hladniku in recenzentu diplomske naloge prof. dr. Andreju Bončini z Biotehniške fakultete, Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.

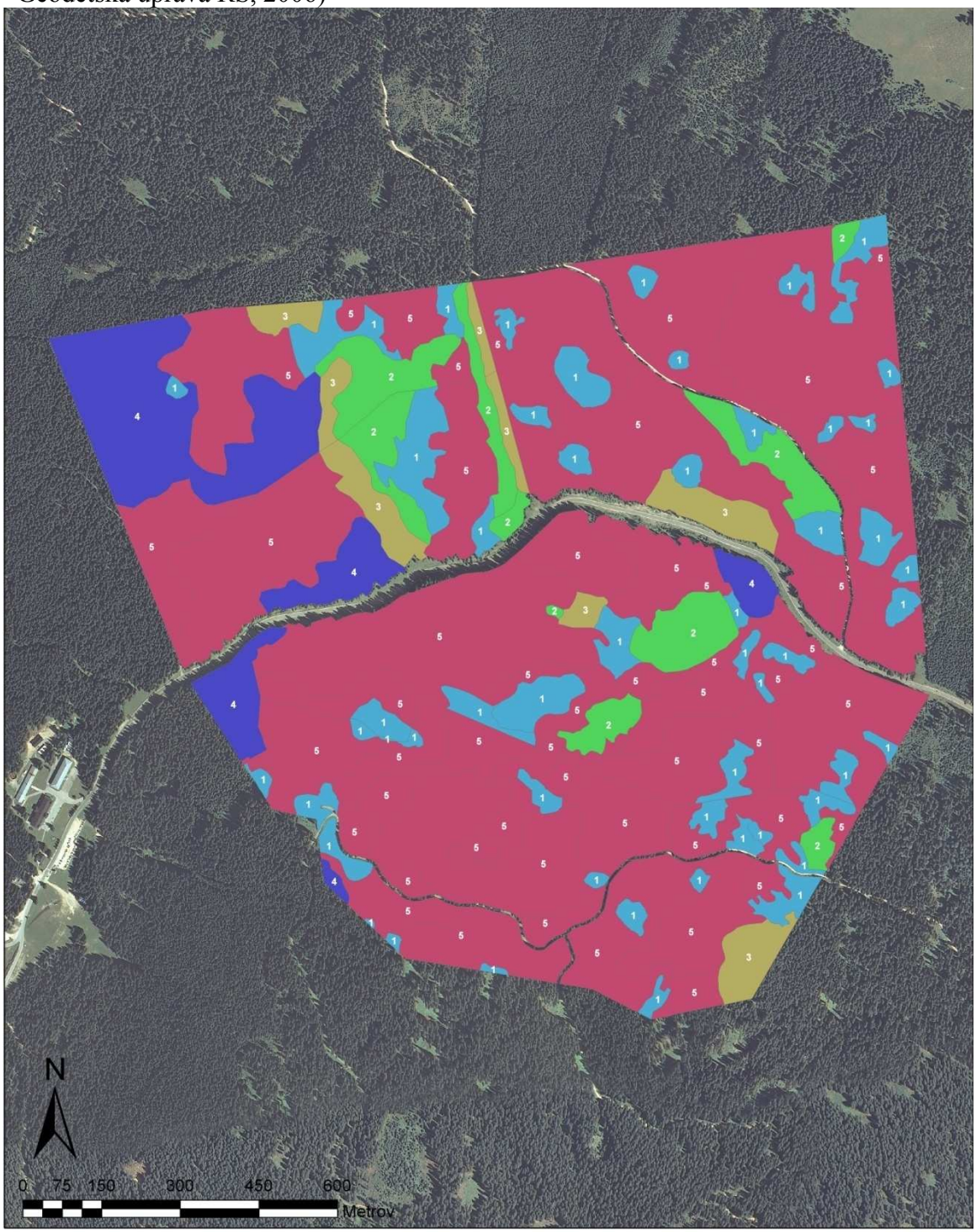
Zahvalil bi se še Markotu Kovaču iz Gozdarskega inštituta Slovenije za vse uporabne napotke in usmeritve pri pisanju naloge.

Za dostop do različnih prostorskih in vsebinskih informacij, pa se zahvaljujem Zavodu za gozdove Slovenije.

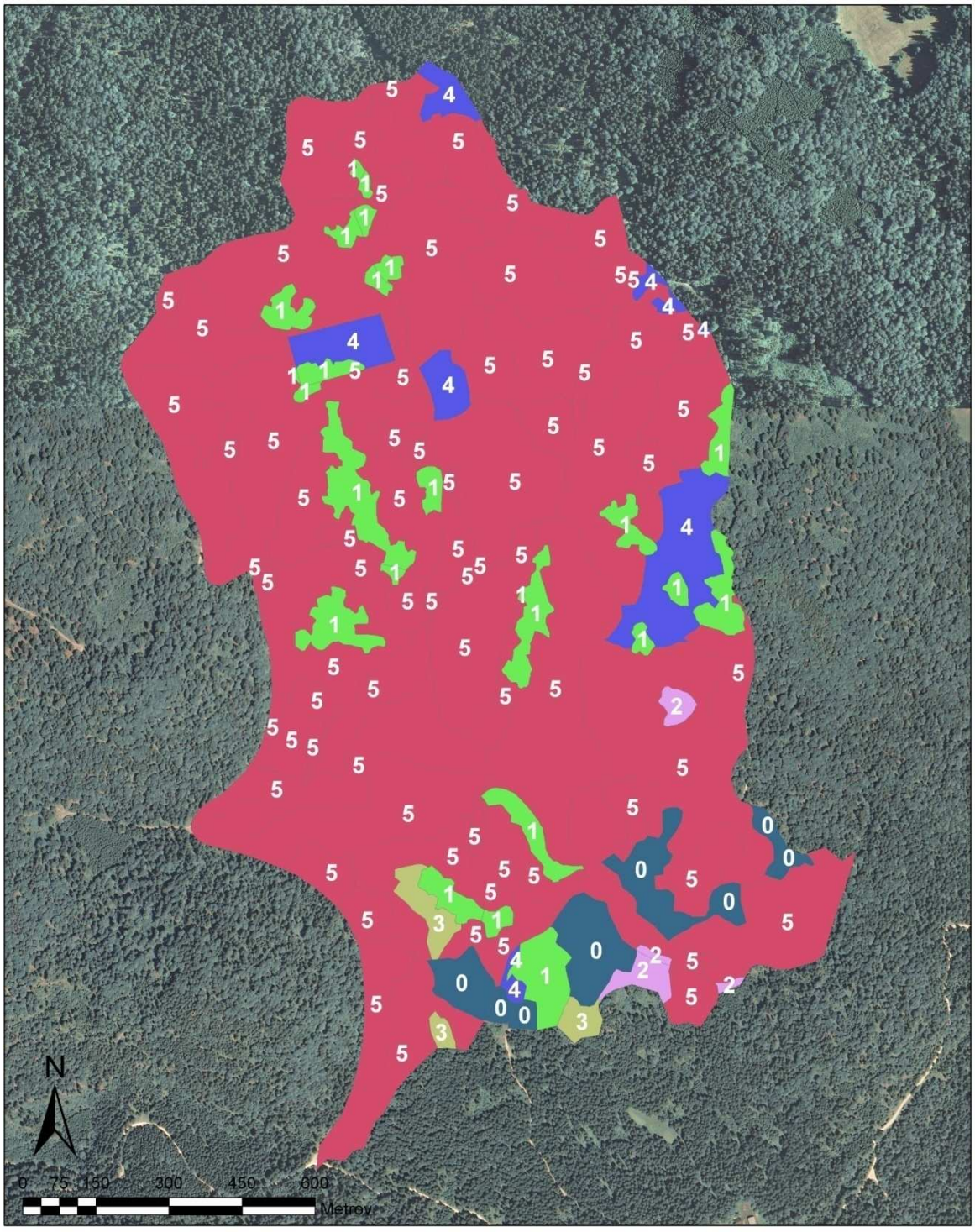
Skratka hvala vsem, ki ste kakorkoli pripomogli, da lahko sedaj berete te zadnje stavke diplomske naloge!

PRILOGE

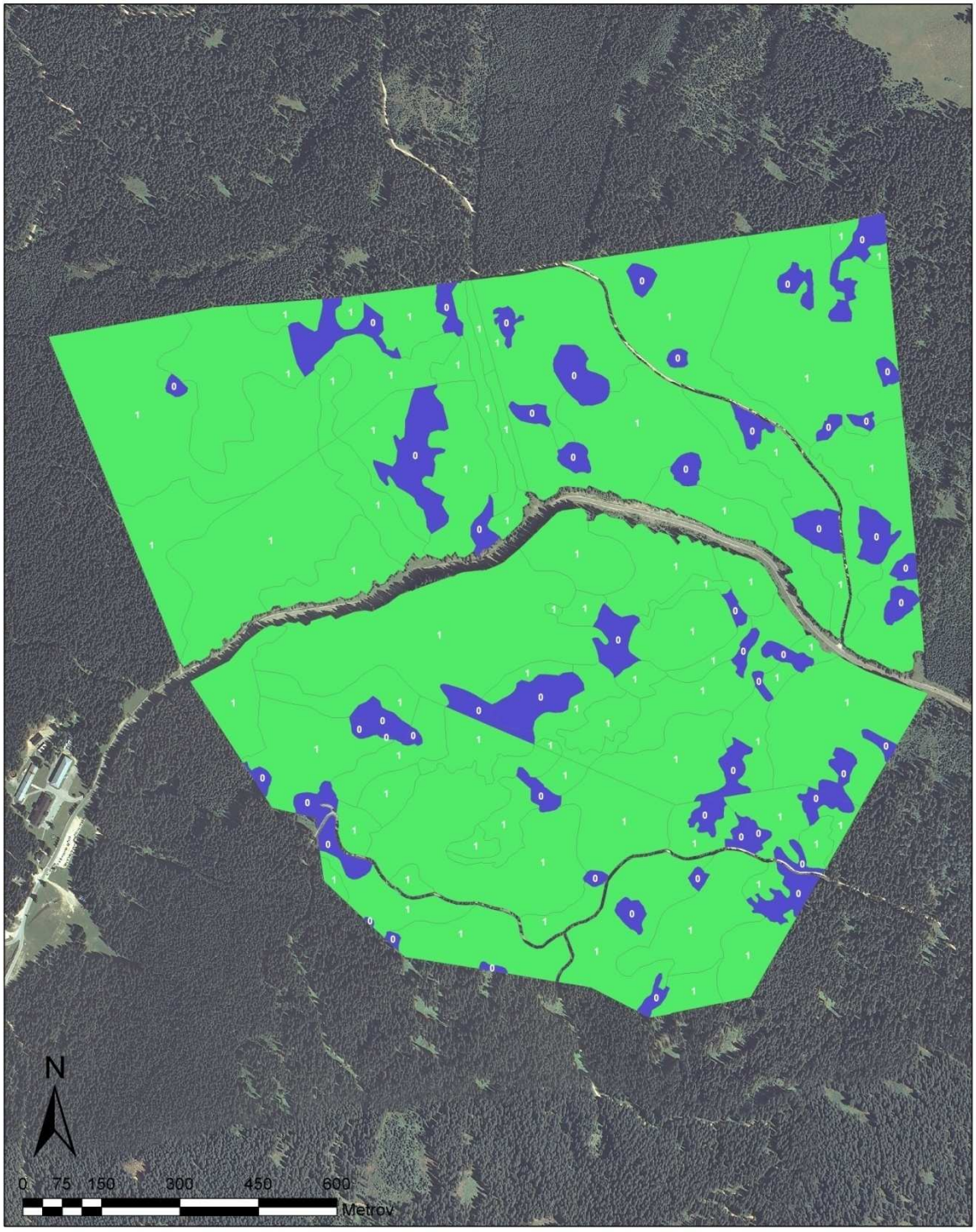
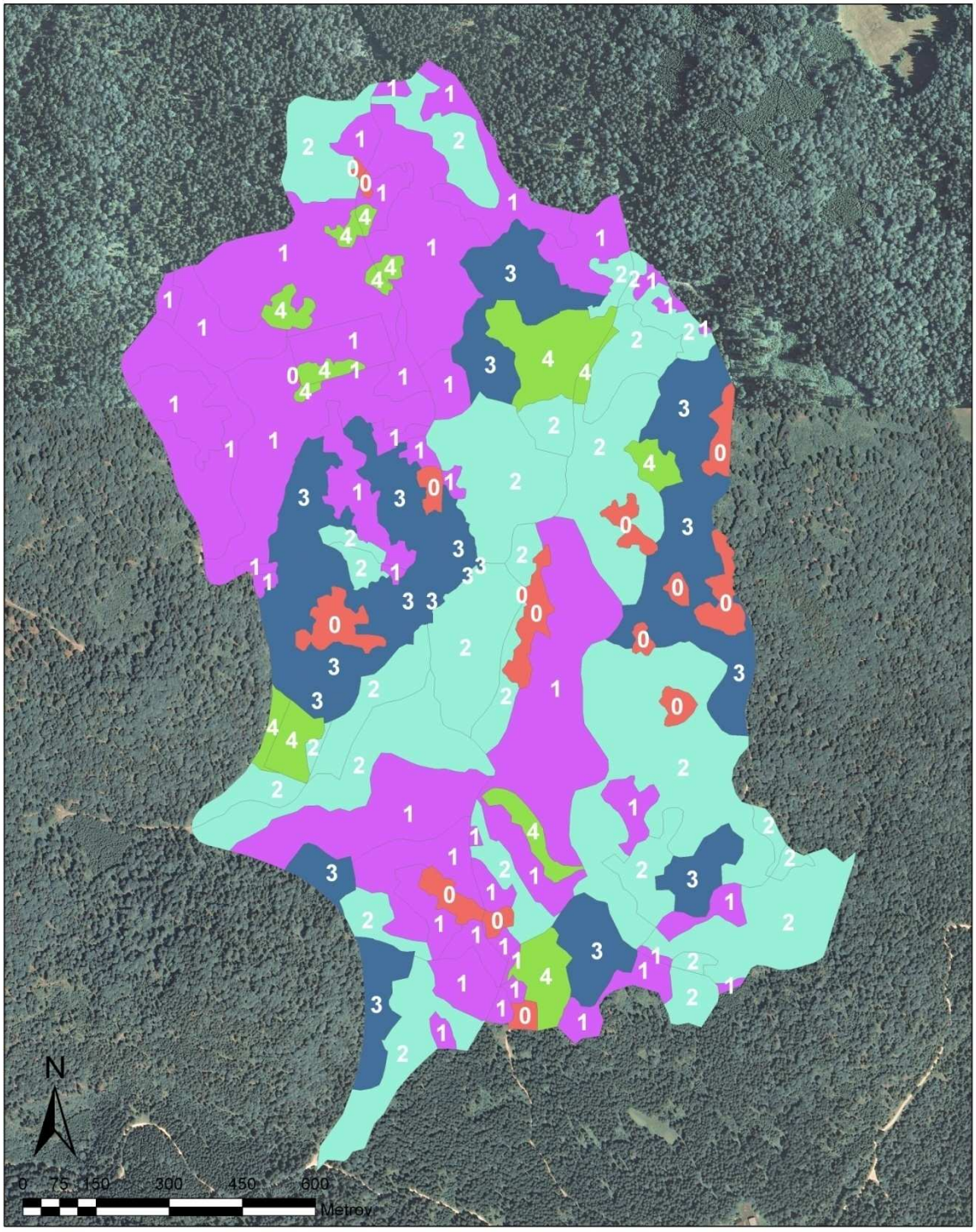
Priloga A: Sestojna karta Pokljuke; sestoji so združeni po razvojnih fazah (0 – neopredeljeno, 1- mladovje, 2 – tanjši drogovnjak, 3 – močnejši drogovnjak, 4 – tanjši debeljak, 5 – močnejši debeljak) (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006)



Priloga B: Sestojna karta Leskove doline; sestoji so združeni po razvojnih fazah (0 – neopredeljeno, 1- mladovje, 2 – tanjši drogovnjak, 3 – močnejši drogovnjak, 4 – tanjši debeljak, 5 – močnejši debeljak) (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006)



Priloga C: Sestojna karta Pokljuke; sestoji so združeni po mešanosti (1 – iglavci, 2 – iglavci z listavci, 3 – listavci z iglavci, 4 – listavci) (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006)



Priloga D: Sestojna karta Pokljuke; sestoji so združeni po mešanosti (1 – iglavci, 2 – iglavci z listavci, 3 – listavci z iglavci, 4 – listavci) (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS, 2006)