

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

Luka RUPNIK

**VZDRŽEVANJE KARTE GOZDNIH SESTOJEV S
POMOČJO DIGITALNEGA STEREOPLATERJA**

Diplomsko delo
Univerzitetni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2012

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

Luka RUPNIK

**VZDRŽEVANJE KARTE GOZDNIH SESTOJEV S POMOČJO
DIGITALNEGA STEREOPLOTTERJA**

Diplomsko delo
Univerzitetni študij – 1. stopnja

**MAINTENANCE OF FOREST STAND MAPS WITH DIGITAL
STEREOPLOTTER**

B. Sc. Thesis
Academic Study Programmes

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija gozdarstva. 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 1. junija 2012 za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Davida Hladnika.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddal v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Luka Rupnik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du1
DK	GDK 582+585(497.4Trnovo)(043.2)=163.6
KG	sestojna karta/sestoj/digitalni stereoploter/stereopar/absolutna orientacija
AV	RUPNIK, Luka
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	2012
IN	VZDRŽEVANJE KARTE GOZDNIH SESTOJEV S POMOČJO DIGITALNEGA STEREOPLATERJA
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij – 1 stopnja)
OP	VII, 35 str., 1 pregl., 16 sl., 18 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	V Sloveniji sestojne karte izdelujejo oziroma obnavljajo vsakih 10 let ob obnovi gozdnogospodarskih načrtov. V diplomski nalogi je bilo za celotno površino gozdnogospodarske enote Trnovo na Območni enoti ZGS Tolmin pripravljenih in absolutno orientiranih 31 stereoparov iz 37 letalskih posnetkov Cikličnega aerosnemanja Slovenije iz leta 2010, v izbranih 4 oddelkih pa je bila s tehnologijo digitalnega stereoploterja obnovljena karta gozdnih sestojev. Za absolutno orientiran stereopar posnetkov smo uporabili povprečno 10 oslonilnih točk, izračunana odstopanja pa so bila v mejah, ki so priporočene kot sprejemljive v gozdni inventuri. Stara sestojna karta je bila obnovljena v okolju programske opreme ArcGIS in DAT/EM Summit Evolution, ki nam omogoča prostorsko opazovanje letalskih posnetkov. Predvsem v drogovnjakih, kjer se zgradba sestojev v zadnjih 10 letih ni spreminjala smo največkrat le natančneje izrisali sestojne meje, v debeljakih ter sestojih v obnovi, kjer se je izvajala sečnja, pa smo razmejili ostanke starejših sestojev in nove površine mladovja. Tako vzdrževanje sestojne karte predstavlja izhodišče za terenski popis gozdnih sestojev in izdelavo gozdnogojitvenih načrtov.

KEY WORD DOCUMENTATION

DN Du1

DC GDK 582+585(497.4Trnovo)(043.2)=163.6

CX stand map/stand/digital stereoplotter/stereopair/absolute orientation

AU RUPNIK, Luka

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 2012

TI MAINTENANCE OF FOREST STAND MAPS WITH DIGITAL STEREOPLOTTER

DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)

NO VII, 35 p., 1 tab., 16 fig., 18 ref.

LA sl

AL sl/en

AB In Slovenia, stand maps are made or updated every 10 years with the update of forest management plans. In this thesis, it was for the entire area of the forest management unit Trnovo which belongs to the regional unit ZGS Tolmin, prepared and absolutely oriented 31 out of 37 stereo aerial photographs made by Cyclical aerial survey of Slovenia in 2010. In four selected sections, the map of forest stands was updated with digital stereoplotter. For absolute oriented stereopair images, we used in average of 10 control points, calculated deviations were within the limits that are recommended as acceptable in forest inventory. The old stand map was updated with ArcGIS and DAT/EM Summit Evolution software, which allows us to observe the stere model of aerial photographs. Especially in the pole wood, where the composition of stands over the past 10 years has not changed, we mainly just defined more accurate the border between stands, in old timber and stands in regeneration, we separated remaining older stands from young growth. Such maintenance of stand maps is the basis for field inventory of forest stands and silvicultural plans.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORD DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VI
KAZALO SLIK	VII
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	4
3 CILJI NALOGE IN HIPOTEZE.....	7
3. 1 DELOVNE HIPOTEZE	7
4 OBJEKT RAZISKAVE	8
4. 1 TESTNO OBMOČJE	11
5 MATERIALI IN METODE DELA	13
5. 1 STEREOPLITER.....	13
5. 2 LASTNOSTI LETALSKIH POSNETKOV IN KAMERE	13
5. 3 OBLIKOVANJE STEREOPAROV	14
5. 3. 1 Priprava podatkov.....	14
5. 3. 2 Notranja in relativna orientacija	14
5. 3. 3 Absolutna orientacija	16
5. 4 IZDELAVA SESTOJNE KARTE	17
6 REZULTATI.....	19
6. 1 ABSOLUTNA ORIENTACIJA STEREOMODELOV.....	19
6. 2 VZDRŽEVANJE SESTOJNE KARTE	21
7 RAZPRAVA IN SKLEPI.....	30
8 VIRI	32
ZAHVALA	35

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Rezultati absolutne orientacije stereoparov letalskih posnetkov z odstopanji (RMSE) za posamezne koordinate v državnem koordinatnem sistemu	19
--	----

KAZALO SLIK

Slika 1: Meje gozdnogospodarske enote Trnovo na izseku iz satelitskega posnetka Landsat TM iz leta 2005. Na zahodnem robu posnetka leži Nova Gorica.	8
Slika 2: Gozdnogospodarska enota Trnovo z označenimi mejami oddelkov	10
Slika 3: Testno območje v GGE Trnovo z oznakami oddelkov	11
Slika 4: Skica snemalnih redov, ki pokrivajo območje GGE Trnovo s številkami posameznih letalskih posnetkov	13
Slika 5: Zbirke podatkov pri izdelavi stereoparov v delovnem okolju programa DAT/EM Summit Evolution.....	14
Slika 6: Relativna orientacija v programskem okolju DAT/EM Summit Evolution.....	15
Slika 7: Absolutna orientacija letalskih posnetkov v programskem okolju DAT/EM Summit Evolution z izračunanimi odstopanji RMS za 10 oslonilnih točk	16
Slika 8: Izsek iz stare sestojne karte iz leta 2003 za izbrano območje GGE Trnovo	21
Slika 9: Sestojna karta iz leta 2012 za izbrano območje GGE Trnovo	21
Slika 10: Izsek iz sestojne karte za izbrano območje GGE Trnovo. S črno barvo so označene meje sestojev iz leta 2003, z rdečo pa meje sestojev iz leta 2012	22
Slika 11: Sestojna karta v oddelku 17039 iz leta 2003	23
Slika 12: Sestojna karta oddelka 17039 iz leta 2012	24
Slika 13: Izsek iz sestojne karte za oddelek 17039 z dodanim slojem o razvojnih fazah. Šifre na sestojni karti predstavljajo mladovja (01), drogovnjake (02), debeljake (03) in sestoje v obnovi (04). S črno barvo so označene meje sestojev iz leta 2003, z belo pa meje sestojev iz leta 2012	25
Slika 14: Sestojna karta za oddelek 17038 iz leta 2003	26
Slika 15: Sestojna karta za oddelek 17038 iz leta 2012	27
Slika 16: Izsek iz sestojne karte za oddelek 17038 z dodanim slojem o razvojnih fazah. Šifre na sestojni karti predstavljajo mladovja (01), drogovnjake (02), debeljake (03) in sestoje v obnovi (04). S črno barvo so označene meje sestojev iz leta 2003, z belo pa meje sestojev iz leta 2012	28

1 UVOD

Gospodarjenje z gozdovi zahteva obvladovanje dokaj obsežnega gozdnega prostora. V Sloveniji gozdovi pokrivajo kar 58,5 % celotnega ozemlja ali 1.158.169 ha (ZGS, 2011), glavne smernice gospodarjenja pa so načela trajnostnega, mnogonamenskega ter sonaravnega gospodarjenja z gozdovi. Ta načela zahtevajo dobro poznavanje razvoja gozda na različnih prostorskih (sestoj, odsek, rastiščno gojitveni razred) in časovnih ravneh (Skudnik, 2007).

V zadnjem času se vloga gozda kot ekosistema povečuje. Zato je pri gozdnih inventurah potrebno spremljati vedno več kazalcev, pridobivati vedno več informacij o gozdu. Gozdnogospodarsko načrtovanje je zato, da se zagotovi čimbolj dobre informacije, razdeljeno na različne prostorske ravni. Ker je odsek kot najnižja stalna ureditvena enota velikokrat preveč nehomogen in nam ne zagotavlja dovolj kakovostnih informacij, je bilo potrebno odseke razdeliti še na sestoj, ki nam s svojo velikostjo omogočajo potrebno kakovost informacij (podrobnost, natančnost, zanesljivost) (Bončina, 2009).

Gozdni sestoj je najmanjša prostorska enota z izoblikovano klimo in notranjim okoljem. Hkrati je tudi najnižja ureditvena enota gozdnogospodarskega načrtovanja, za katero se zbira podatke pri opisovanju sestojev in načrtuje ukrepe. V literaturi se pojavlja še veliko definicij gozdnega sestoja, ki so si med seboj bolj ali manj podobne, avtorji pa predvsem poudarjajo, da se sestoji ločijo od okolice po bistvenih lastnostih (npr. drevesna sestava, starost, zgradba, vertikalna zgradba, razvojni stadij, idr.) površina posameznega sestoja pa naj ne bi bila manjša od 0,5 hektarja (Poljanec, 2005, Bončina, 2009, Diaci, 2006). Gozdnih sestojev v naravi ne označujemo, zato lahko meje gozdnih sestojev potekajo preko meja oddelkov in odsekov.

Sestojna karta oz. karta gozdnih sestojev je rezultat členitve gozdnih sestojev in je pregleden in urejen prikaz stanja gozdov v danem trenutku, ki vsebuje bistvene informacije o prostorski in starostni strukturi sestojev ter načinu gospodarjenja. Hočevar (1995) navaja štiri najpomembnejše področja, kjer se je sestojna karta že uveljavila.

1.) **Gozdnogospodarsko načrtovanje.** Sestojna karta služi kot osnova za preverjanje trajnosti gospodarjenja z gozdovi, s primerjanjem sestojnih kart iz različnih obdobj na istem področju lahko ugotovimo način ter kakovost gospodarjenja v preteklosti, vidne so spremembe gozdne meje, opazne pa so tudi površine, ki se zaraščajo. Sestojna karta je lahko tudi podlaga za izdelavo karte funkcij gozda.

2.) **Gozdne inventure.** Sestojna karta lahko služi kot osnova za izračun lesne zaloge in prirastka, kjer iz sestojnih kart zajemamo predvsem površinske podatke (glede na isti sestojni tip oz. stratum). Tak način dela nam omogoči, da lahko pri isti natančnosti izračuna lesne zaloge močno zmanjšamo stroške.

3.) **Gojenje gozdov.** Z uveljavljanjem skupinsko postopnega gospodarjenja postajajo vedno bolj pomembni površinsko razmerje in prostorska postavitev razvojnih faz ter drevesna zmes. Sestojna karta nam s svojo vsebino prikazuje ravno te podatke, ki so pomembni za doseganje trajnostnega razvoja gozdov.

4.) **Druge področja.** Sestojna karta je lahko koristen pripomoček pri kartiranju gozdnih združb, koristna je tudi pri izdelavi sečno – pravičnih načrtov.

Tudi Kovač in Skudnik (2009) ugotavljata, da se je uporabnost sestojnih kart v zadnjih letih močno spremenila. Pred desetletjem je izdelavo sestojnih kart v gozdarstvu onemogočala nedostopnost oz. težko dostopna kartografska tehnologija. Danes, ko je ta tehnologija lažje dostopna, pa avtorja navajata, naj bi se sestojna karta v informacijskem sistemu že uporabljala oz. bi se morala uporabljati v naslednje namene:

- proučevanju dosedanjega razvoja gozdnih sestojev,
- pripravi modelov za uravnoteženje gozdov,
- obračunavanju lesne zaloge in dovoljenega poseka,
- izdelavi gojitvenih in sečno – transportnih načrtov,
- oblikovanju gozdnogospodarskih ciljev,
- načrtovanju ukrepov v sestojih ter kontroli njihovega uresničevanja,
- načrtovanju ukrepov za gozdne habitatne tipe območij Natura 2000,
- kartiranju gozdov po različnih vegetacijskih sistemih,
- poročanju o gozdovih.

Vidimo, da so si različni avtorji enotni glede pomembnosti in uporabnosti sestojne karte. Kovač in Skudnik (2009) celo navajata, da je sestojna karta verjetno najpomembnejša tematska gozdarska karta.

V Sloveniji se za posamezne gozdnogospodarske enote (GGE) izdeluje gozdnogospodarske načrte za 10 letna obdobja. Po Pravilniku o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih je potrebno od leta 1998 za GGE izdelati sestojno karto s predpisano vsebino. Veliko sestojnih kart je bilo zato že izdelanih, vendar je bila njihova kakovost vprašljiva. Šturm (2009) navaja podatek, da se vsako leto izdelajo opisi za približno 23 GGE, kar pomeni, da je potrebno vsako leto izdelati ali obnoviti ravno toliko sestojnih kart.

Danes sestojne karte izdelujejo na podlagi terenskega ogleda in interpretacije ortofoto posnetkov. Na Slovenskem je sestojne karte težje izdelati in vzdrževati zaradi velike pestrosti sestojne zgradbe, saj se lahko na zelo majhnih površinah prepleta več sestojev, meje med njimi pa niso izrazite. Opazovanje v stereoskopskem modelu nam omogoča, da lažje opazimo te razlike, zmanjšamo pa lahko tudi pozicijsko napako v hribovitem in gorskem svetu.

Kakovostna sestojna karta je eden od temeljev pri izdelavi gozdnogospodarskega načrta, predvidevamo pa lahko, da se bo uporabnost sestojne karte z leti še povečala. Kakovostno izdelano sestojno karto je tudi lažje in cenejše vzdrževati pri naslednji obnovi gozdnogospodarskega načrta.

2 PREGLED OBJAV

S povečevanjem pomena karte gozdnih sestojev se tudi pri nas na tem področju išče nove tehnologije in metode, ki bi nam omogočile dobro izdelane sestojne karte ter njihovo vzdrževanje.

Poljanec in Bončina (2006) v svoji študiji na podlagi objektov Bohinj in Pohorje razlikujeta dva pristopa k izdelavi sestojne karte. Prvi je podrobnostni pristop, ki je bil uporabljen v Bohinju. Ugotavljata, da podrobno izdelana karta daje dober pregled nad gozdnimi sestoji, je zelo dober pripomoček za delo gozdarjev z lastniki gozdov, karta je uporabna podlaga za izdelavo gozdnogojitvenega načrta. Slabost takega pristopa pa je ta, da so zelo podrobne karte drage ter hitro zastarijo, karte pa naj bi dajale dober pregled nad sestoji za 10 let, kolikor traja gozdnogospodarski načrt. Drugi pristop pa je hierarhični, ki je bil uporabljen na Pohorju. Pri takem pristopu izdelave karte nas zanimajo predvsem sestojni tipi in ne sestoji. Prednost pristopa je predvsem manjša poraba časa in sredstev, vendar izločeni sestojni tipi prikazujejo le okvirne informacije o gojitvenem načrtovanju, zato avtorja poudarjata, da je pri tem pristopu potrebna dodatna analiza.

Tudi Devjak (2006) v svoji magistrski nalogi opozarja, naj bo velikost sestojev prilagojena zgradbi sestojev ter da sestoji ne morejo nadomestiti negovalnih enot. Sestoji naj služijo le inventuri, zato naj bi nas zanimali predvsem sestojni tipi. Zato predlaga, da se izdela sestojna karta na podlagi sestojnih tipov, ki dajejo zadosten vpogled v stanje gozdov in načrtovanje, izločeni sestoji oz sestojni tipi pa naj bi bili praviloma večji od 1 ha. Le ko gre za mlajše razvojne faze so lahko manjši. Pri izdelavi gozdnogojitvenega načrta pa mora načrtovalec po potrebi še bolj podrobno analizirati sestoje.

Skudnik (2007) v svoji diplomski nalogi ugotavlja, da se zaradi skupinsko postopnega gospodarjenja v gozdu pojavljajo zaplate mladovja, ki so velikokrat manjše od 0,5 ha, zato predlaga, da se za razvojno fazo mladovja uporabi minimalni površinski prag 0,1 ha.

Analizo sestojnih kart s pomočjo zaporednih aerosnemanj istega prostora je v svoji diplomski nalogi prikazal že Bogovič (1985). Sestojne karte v revirju Martinček za leto 1954 in 1982 je izdelal s pomočjo zrcalnega stereoskopa Zeiss – Jena ter jih primerjal. Ugotovil je, da so lahko v pomoč pri razločevanju sestojev izmerjene drevesne višine, ki jih lahko izmerimo na stereoparih, ter kontrasti sivih tonov (takratni ortofoto posnetki so bili črnobeli). V veliko pomoč pri ugotavljanju klasifikacijskih elementov pa mu je bil stereoskopski efekt (prostorska slika). Izpostavil je tudi izkušnje fotointerpretatorja, ki prispevajo velik delež k kakovosti izdelane karte.

Sestojna karta, narejena izključno na podlagi terenskega dela, je lahko teoretično zelo natančna, vendar popisovalec sestoja nima celostnega, velikoprostorskega pogleda na dani sestoj, zato lahko pride do pregrobenja ali preveč razčlenjenega razmejevanja. Terensko izdelane karte so ponavadi tudi zelo drage, njihova izdelava pa je zelo dolgotrajna (Hočevar, 1995). Z razvojem gozdne inventure so v Sloveniji v sedemdesetih in osemdesetih letih 20. stoletja izdelali prve karte na podlagi fotointerpretacije letalskih posnetkov ter preprostih instrumentov. Tudi ta tehnologija je bila velikokrat premalo natančna. Obremenjena je bila z veliko pozicijsko napako, predvsem v hribovitem in gorskem svetu (Skudnik in sod., 2008).

Hočevar (1995) ugotavlja, da je na letalskih posnetkih razmeroma lahko razmejevati različne sestojne tipe, tudi deleže mešanosti listavcev in iglavcev, določanje zastornosti naj bi bilo celo točnejše kot na terenu. Največ težav pa povzroča določanje razvojnih faz, ki jih brez terenskega ogleda skoraj ni mogoče zanesljivo razlikovati.

Razvoj fotointerpretacije letalskih posnetkov v gozdarstvu so pri nas razvijali na Gozdarskem inštitutu Slovenije ter na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete. Najprej so nadaljevali z razvojem tehnologije za izdelavo sestojnih kart z uporabo preprostega analitičnega stereopoloterja in monorestitucijskih sistemov. Danes pa je razvoj digitalnih ortofotoposnetkov in digitalne fotogrametrije odprl novo pot izdelave sestojnih kart (Skudnik in sod., 2008).

Izdelavo in vzdrževanje sestojne karte je v svoji diplomski nalogi prikazal Skudnik (2007), ki je z digitalnim stereoploterjem - *Digital Images, Analytical Plotter* izdelal karti za dele območij Leskove doline in Pokljuke, ter jih primerjal z obstoječimi sestojnimi kartami. Ugotovil je, da so na obstoječih kartah, ki so bile izdelane na ortofoto posnetkih, pogoste napake pri interpretaciji sestojev. Največkrat se pojavijo pozicijske napake zaradi senc na gozdnem robu, prevrnjenih dreves, ipd. Napako pa pripisuje temu, da sestoj ni bil opazovan v prostorskem modelu. V diplomski nalogi je prikazal tudi način vzdrževanja sestojnih kart ter izboljšav, ki jih nudi opazovanje v prostorskem modelu.

3 CILJI NALOGE IN HIPOTEZE

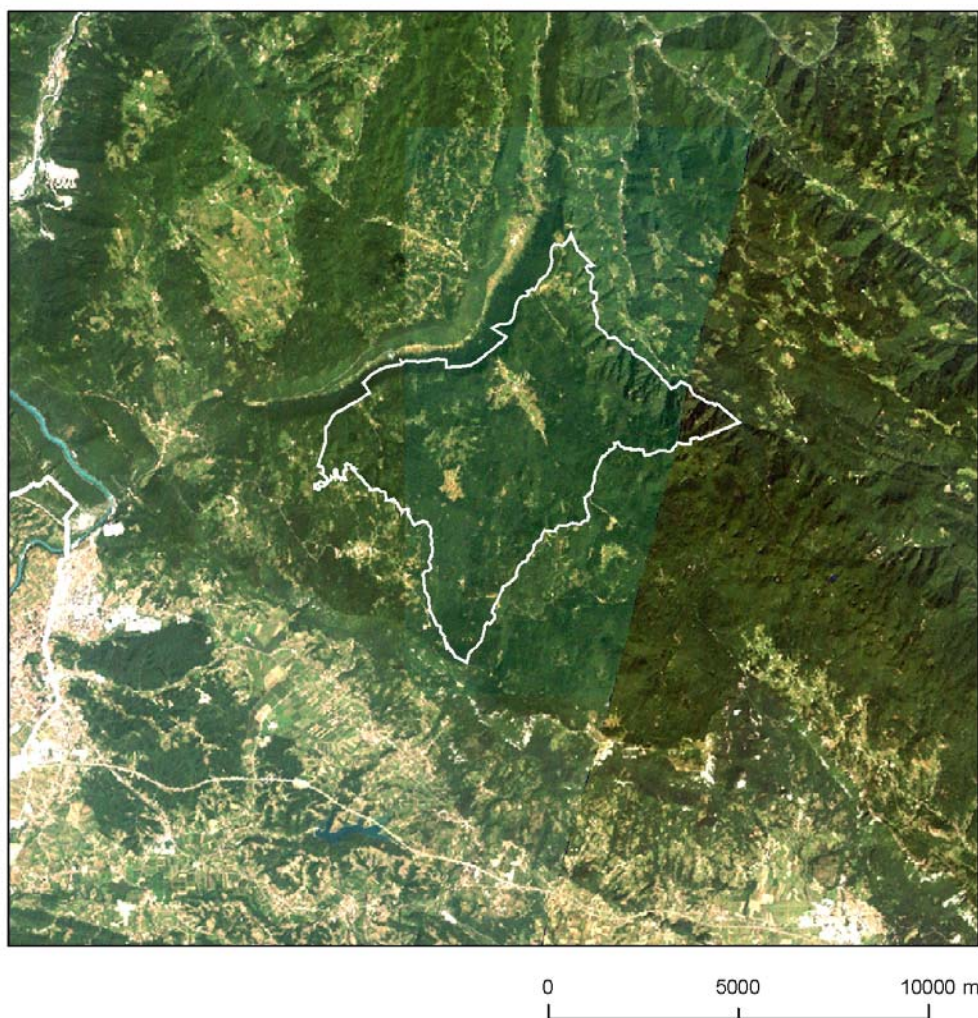
V Sloveniji sestojne karte izdelujejo oziroma obnavljajo vsakih 10 let ob obnovi gozdnogospodarskih načrtov. Pred začetkom terenskega popisa gozdnih sestojev gozdarski inženirji ocenijo staro sestojno karto in naredijo program dela za njeno obnovo. V gozdnogospodarski enoti Trnovo na Območni enoti ZGS Tolmin so želeli sestojno karto obnoviti na podlagi tehnologije digitalnega stereoploterja in letalskih posnetkov cikličnega aerosnemanja Slovenije iz leta 2010. V diplomski nalogi so bili za celotno površino gozdnogospodarske enote pripravljeni in absolutno orientirani stereopari letalskih posnetkov, nato pa je s tehnologijo digitalnega stereoploterja potekala obnovitev karte gozdnih sestojev. V diplomski nalogi je prikazano delo za izbrane 4 oddelke v gozdnogospodarski enoti Trnovo.

3.1 DELOVNE HIPOTEZE

1. Tehnologijo digitalnega stereoploterja je mogoče uporabiti tudi v operativnem delu sestojnega kartiranja ter pri vzdrževanju karte gozdnih sestojev.
2. Večja kakovost sestojne karte, ki jo obnovimo s tehnologijo digitalnega stereoploterja, omogoči lažje sodelovanje gozdarskih strokovnjakov na področjih gozdnogospodarskega in gozdnogojitvenega načrtovanja.

4 OBJEKT RAZISKAVE

Gozdnogospodarska enota (GGE) Trnovo leži v osrednjem južnem delu gozdnogospodarskega območja Tolmin ter zajema zahodni del Trnovske planote. Značilno za to GGE je že dolgo načrtovanje, saj je bil leta 2003 izdelan že 16 gozdnogospodarski načrt po vrsti, letos pa nastaja že 17. GGE Trnovo spada v gozdnato krajino, saj gozd prerašča kar 4028 ha ali 87,3 % celotne površine GGE (4614 ha). V enoti so le manjša naselja kot so Lokve, Nemci, Voglarji in Lazna ki obsegajo 586 ha ali 12,7 % celotne enote (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003).



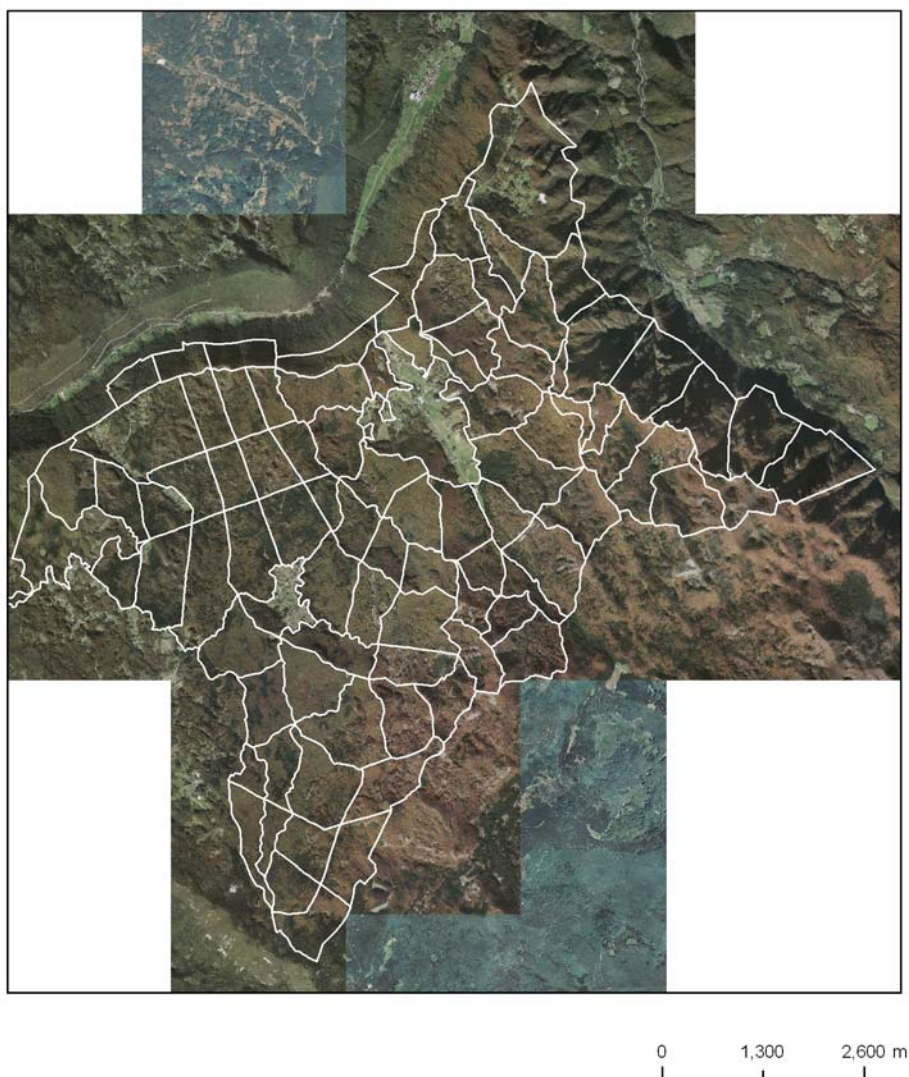
Slika 1: Meje gozdnogospodarske enote Trnovo na izseku iz satelitskega posnetka Landsat TM iz leta 2005. Na zahodnem robu posnetka leži Nova Gorica.

V gozdnogospodarski enoti je prevladujoča gozdna združba predalpsko dinarsko jelovo bukov gozd (*Abieti-Fagetum prealpino-dinaricum* oz. *Omphalodo-Fagetum* v. g. *Anemone trifolia*) z devetimi subasociacijami, ki zavzema kar 77 % gozdnega prostora. V enoti se v večjih deležih pojavljajo še združba primorskega bukovega gozda (*Seslerio-Fagetum*) 6 %, združba bukve s črnim gabrom (*Ostryo-Fagetum*) 5 %, v višjih legah na severu enote se pojavlja združba gorskega bukovja (*Enneaphyllo-Fagetum* oz. *Lamio orvalae-Fagetum*) 4 %. Posebnost enote je prav gotovo združba črnega bora (*Orno-Pinetum nigrae*), ki se razteza na 5 % enote, v manjših deležih pa se pojavljajo še združba črnega gabra in ojstrice (*Seslerio-Ostryetum*), združba gorskega javorja in bukve (*Aceri-Fagetum dinaricum*). V mraziščih pa se pojavljajo celo združbe jelovo smrekovega gozda (*Abieti-Picetum prealpino dinaricum*), smrekovega gozda (*Picetum subalpinum dinaricum*) ter rušja (*Pinetum-mughi*) (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003).

V GGE največji delež površine obsegajo debeljaki (39,4 %) in drogovnjaki (36,8 %). Sestojev v obnovi je 13 %, predvsem z bogato in dobro zasnovno, mladovij je 7 %, na 2,3 % površine se pojavlja panjevski gozd. V manjših deležih pa se pojavljajo raznomenen gozd, grmičav gozd ter pionirski gozd z grmišči (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003).

V enoti prevladujejo večnamenski gozdovi (86 %) s povečano lesno proizvodno funkcijo. 11,4 % je gozdov s pospešeno varovalno funkcijo, kjer so ukrepi minimalni, 2,5 % pa je gozdnih rezervatov, kjer ukrepi niso dovoljeni (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003).

Največji delež v lesni zalogi GGE zaseda bukev (62 %), opazajo pa zmanjševanje deleža jelke (16 %). V večjem deležu se v enoti pojavlja le še smreka (13 %), v manjših deležih pa se pojavljajo črni bor (3 %), macesen (1 %), od plemenitih listavcev (3 %) se najpogosteje pojavlja gorski javor, redko tudi veliki jesen in gorski brest. Med trdimi listavci (2 %) se pojavljajo črni gaber, mokovec ter mali jesen, izmed mehkih listavcev pa se mestoma pojavljajo vrbe, nagnoj ter jrebika (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003).



Slika 2: Gozdnogospodarska enota Trnovo z označenimi mejami oddelkov (Vir: Digitalni ortofoto, Geodetska uprava RS, 2006, 2010; Zavod za gozdove Slovenije, 2003)

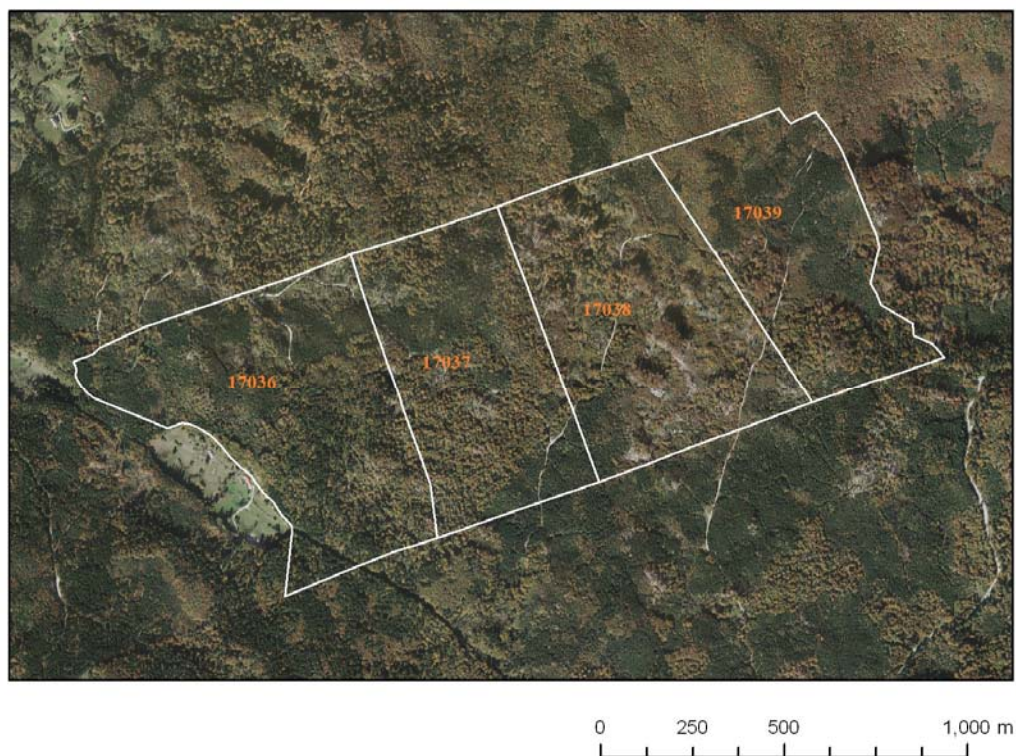
Lastniška struktura gozdov je dokaj zanimiva, saj je v enoti kar 97,2 % državnih gozdov. Zasebni gozdovi (2,8 %) so le v okolici vasi ter so zelo razdrobljeni, saj je povprečna velikost gozdne posesti 0,31 ha, ki pa je lahko razdeljena še na več parcel (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003).

Povprečna lesna zaloga (LZ) v celi enoti je 293 m³/ha. Od tega je 96 m³/ha iglavcev in 197 m³/ha listavcev. Lesna zaloga v državnih gozdovih pa je kar za 41 % višja od LZ v zasebnih gozdovih, kar pripisujejo intenzivnejšemu gospodarjenju, ter višji starosti sestojev v državnih gozdovih (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003).

4. 1 TESTNO OBMOČJE

Celotno testno območje, ki zajema štiri oddelke, spada v gospodarski razred jelova bukovja dobrih rastišč mešana z iglavci. Gospodarski razred je najbolj obsežen v GGE, saj obsega kar 35 % celotne gozdne površine, najbolj poudarjena pa je lesnoproizvodna funkcija. V gospodarskem razredu občutno prevladuje združba *Abieti-Fagetum prealpino dinaricum* z subasociacijami. Lesna zaloga znaša 321 m³/ha, letni prirastek pa 7 m³/ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003).

V največjem deležu prevladuje bukev (51,3 %), večje deleže v lesni zalogi dosegata še jelka (26,9 %) in smreka (18,7 %). V manjših deležih so prisotni plemeniti listavci (1,9 %), macesen (0,8 %), bor (0,3 %) ter drugi trdi listavci (0,1 %). Sestoji gospodarskega razreda so v večji meri ohranjeni (80 %). Pojavljajo se tudi spremenjeni (13 %) ter močno spremenjeni sestoji (7 %), predvsem na račun smrekovih nasadov (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003).



Slika 3: Testno območje v GGE Trnovo z oznakami oddelkov (Vir: Digitalni ortofoto, Geodetska uprava RS, 2010; Zavod za gozdove Slovenije, 2003)

Prevladujoča razvojna faza je debeljak (52 %), sledijo pa drogovnjaki (24 %), sestoji v obnovi (14 %) ter mladovja (10 %). Na površini 1,50 ha pa se pojavljajo tudi raznomerni sestoji. V mladovju ter drogovnjakih prevladujejo predvsem nasadi smreke, v debeljakih in sestojih v obnovi pa se pojavlja naravni pomladek, kjer prevladuje bukev. Pomladek je zadovoljive kakovosti, problem predstavlja predvsem močno objedanje srnjadi in jelenjadi (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003).

V ciljni drevesni sestavi naj bi bilo 55 % bukve, 25 % smreke, 15 % jelke, 3 % plemenitih listavcev ter 2 % macesna. V ciljnem stanju razvojnih faz pa želijo povečati delež drogovnjakov (28 %), ki jih je premalo, na račun debeljakov (45 %). V ciljnem stanju naj bo delež mladovja (11 %) ter sestojev v obnovi (16 %). Ciljna lesna zaloga znaša 360 m³/ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003).

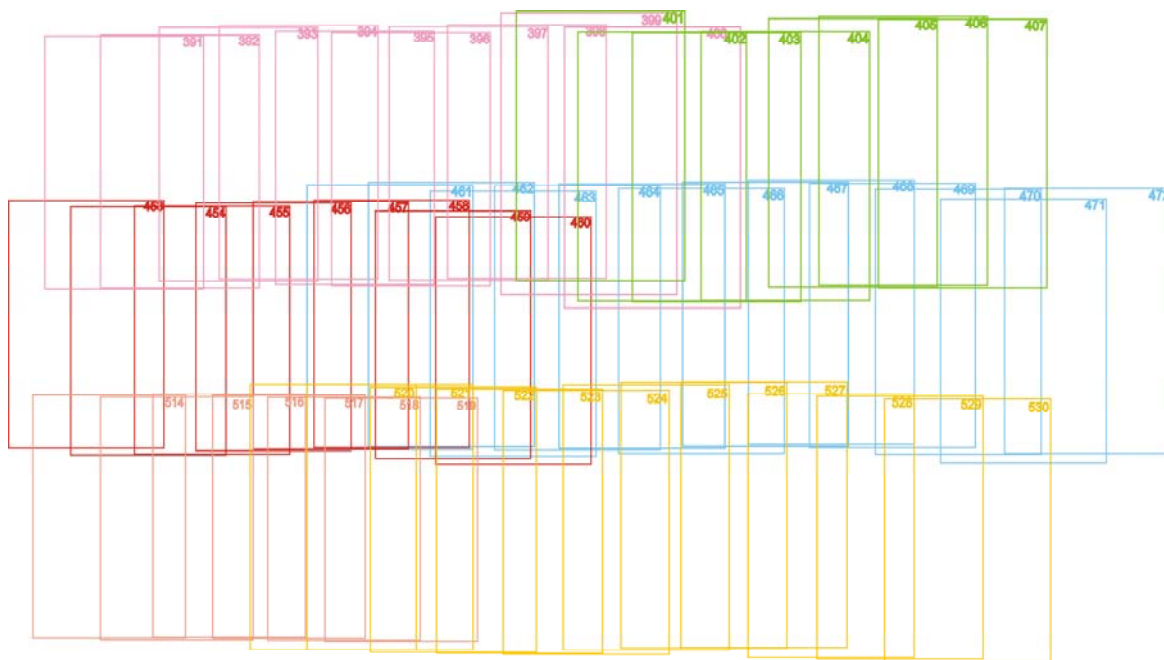
5 MATERIALI IN METODE DELA

5.1 STEREOPLOTTER

V diplomski nalogi smo uporabljali stereoploter kanadske družbe ISM – *Digital Images, Analytical Plotter* (DiAP) ter programsko opremo DAT/EM Summit Evolution. Stereoploter sestavljajo: računalnik, miška, tipkovnica, zaslon, signalizator, očala, kolesi za pomik v X in Y smeri, disk za pomik v Z smeri ter pedala za potrjevanje ukazov. Za sam stereoskopski efekt (prostorsko sliko) potrebujemo dva zaporedna letalska posnetka enakih velikosti, ki se v določenem delu prekrivata, signalizator ter posebna očala (*CrystalEyes*), na katera signalizator izmenično pošilja levi in desni posnetek.

5.2 LASTNOSTI LETALSKIH POSNETKOV IN KAMERE

Za fotointerpretacijo gozdnih sestojev smo uporabili letalske posnetke iz leta 2010. Letalski posnetki so bili posneti z digitalno kamero UltraCamXP (Vexcel Imaging GmbH) z goriščnico 100,5 mm. Letalski posnetek ima širino 67,86 mm (11310 pikslov) ter višino 103,86 mm (17310 pikslov) in je zapisan v formatu TIFF.



Slika 4: Skica snemalnih redov, ki pokrivajo območje GGE Trnovo s številkami posameznih letalskih posnetkov

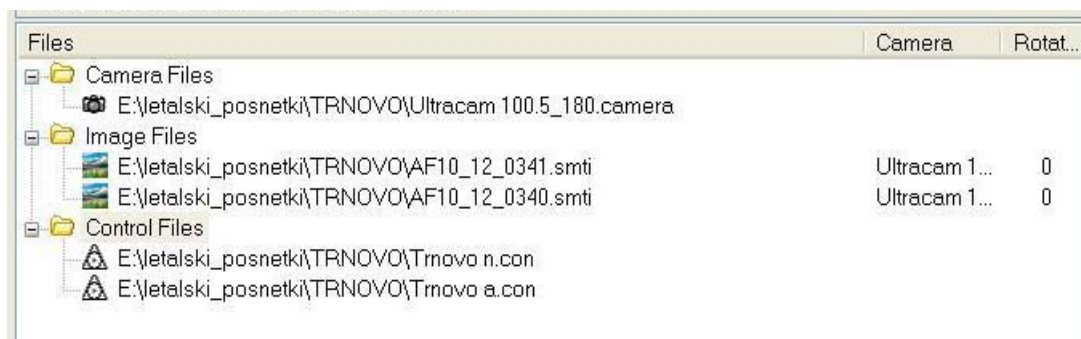
Ker smo želeli z letalskimi posnetki pokriti celotno območje GGE Trnovo, smo potrebovali 37 posnetkov v treh snemalnih redovih (Slika 4).

5. 3 OBLIKOVANJE STEREOPAROV

5. 3. 1 Priprava podatkov

Za izdelavo stereomodela je najprej potrebno določiti podatke o značilnosti kamere in objektiva ter v okolju programske opreme DAT/EM Summit Evolution oblikovati zbirko podatkov o kameri (*Camera file*). Iz dveh zaporednih letalskih posnetkov smo oblikovali stereopar (*Image file*) in zanj pripravili zbirko podatkov o oslonilnih točkah (*Control file*), ki podajajo koordinate teh točk v državnem koordinatnem sistemu.

Omenjene podatke smo povezali v datoteko projekta (*Project file*), ki vsebuje podatke o kameri, oslonilnih in kontrolnih točkah ter letalskih posnetkih, nazadnje pa smo ustvarili še datoteko modela (*Model file*), ki vsebuje vse podatke o projektu ter podatke o orientiranosti posnetkov.



Slika 5: Zbirke podatkov pri izdelavi stereoparov v delovnem okolju programa DAT/EM Summit Evolution

5. 3. 2 Notranja in relativna orientacija

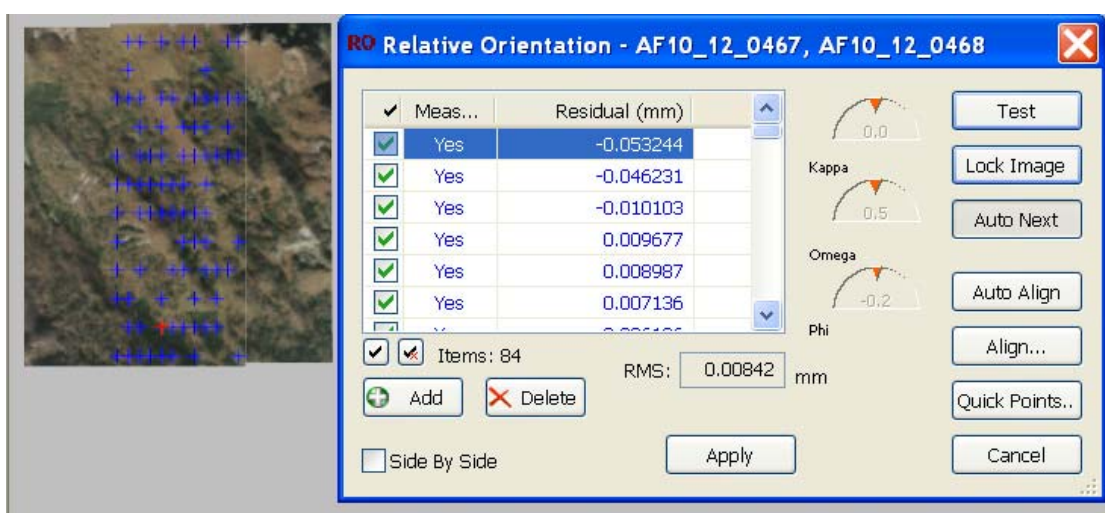
Za izdelavo stereopara potrebujemo dva zaporedna letalska posnetka, ki se v določenem območju prekrivata.

Pri postopku notranje orientacije potrebujemo podatke o snemalni kameri ter o velikosti posnetkov. Na podlagi teh podatkov nato program sam, brez označevanja križnih markic, vzpostavi stereomodel.

Z postopkom relativne orientacije obnovimo prostorski položaj obeh posnetkov ter ju matematično vnesemo v enak prostorski položaj relativno na zemeljsko površino, kot je bila ta v času snemanja. Relativno orientiran stereopar, ki je pripravljen za absolutno orientacijo, pa lahko že dojemamo kot tridimenzionalni model (Keller, 2001; Kušar, Hočevár, 2000).

Če so posnetki dovolj kontrastni, je lahko relativna orientacija avtomatska, saj programsko orodje samo poišče identične točke in opravi relativno orientacijo (Kovač in Skudnik, 2009). Če slika ni dovolj kontrastna, pa moramo za izvedbo relativne orientacije izbrati najmanj osem enakomerno razporejenih točk, ki so dobro vidne na levem in desnem posnetku stereopara. Nekateri avtorji priporočajo, da zadošča za relativno orientacijo že šest izbranih točk, vendar več izbranih točk prinaša tudi boljše rezultate (Keller, 2001).

V našem primeru so bili letalski posnetki dovolj kontrastni, tako da je relativna orientacija vedno potekala avtomatsko.



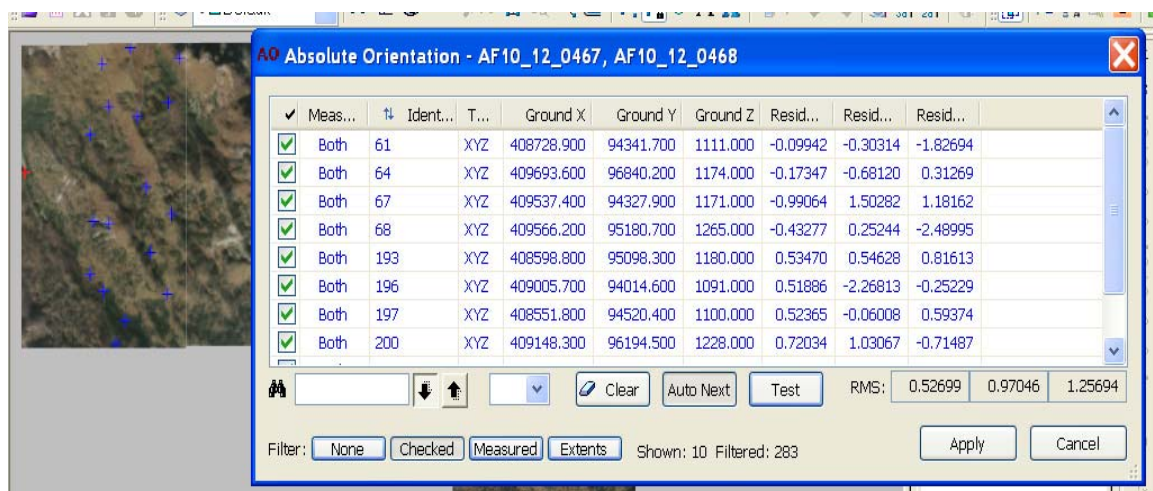
Slika 6: Relativna orientacija v programskem okolju DAT/EM Summit Evolution

5. 3. 3 Absolutna orientacija

Zadnji postopek pri oblikovanju stereopara je absolutna orientacija, s katero stereo model umestimo v državni koordinatni sistem (Gauss – Krügerjev), v katerem so bile izdelane tudi dosedanje karte gozdnih sestojev. Pri tem postopku za vsako točko stereomodela določimo koordinati X, Y ter nadmorsko višino Z.

Za vzpostavitev takega modela, smo na območju, ki ga prekrivata oba posnetka poiskali čim več dobro vidnih oslonilnih točk (vogal hiše, osamljena skala, križišče poti), ki jih lahko nedvoumno določimo tudi na topografskih kartah, novejših ortofoto posnetkih ali izmerimo na terenu.

Za absolutno orientacijo potrebujemo vsaj 4 terenske kontrolne točke. V gozdni inventuri predlagajo uporabo najmanj šestih ali osmih točk, če je zahtevano, da je absolutna orientacija narejena natančneje (Keller, 2001).



Slika 7: Absolutna orientacija letalskih posnetkov v programskem okolju DAT/EM Summit Evolution z izračunanimi odstopanji RMS za 10 oslonilnih točk

Pogosto na težkih terenih in v gozdovih potrebujemo tudi več točk, ker za veliko točk izračunamo prevelika odstopanja v modelu in jih nadomestimo z novimi. O njihovi primernosti presojamo na podlagi izračunov v okolju programskega orodja DAT/EM

Summit Evolution. Posamezna točka naj ne bi imela napake večje od $\pm 2,5$ m za koordinati X in Y ter $\pm 1,0$ m za koordinato Z (Keller, 2001).

Računalniški program nam izračunava tudi napako modela RMSE (*Root Mean Square Error*) za vsako točko posebej, glede na model. RMSE je kvadratni koren aritmetične sredine kvadratov in nam pove absolutno napako modela. Rezultati za vsak stereopar posebej so prikazani v preglednici med rezultati.

5. 4 IZDELAVA SESTOJNE KARTE

Sestojno karto smo izdelovali v programu ArcGIS, ki deluje povezano s programom v DAT/EM Summit Evolution. Najprej smo prostorskim podatkom o gozdarskih kartah oddelkov in odsekov ter stari sestojni karti (ZGS, 2003) s pomočjo digitalnega modela višin DMV 12,5 (Geodetska uprava RS, 2010) dodali še podatek o nadmorski višini. Izdelave sestojne karte smo se lotili tako, da smo v okolju digitalnega stereoploterja stari sestojni karti popravljali le tiste meje, ki so bile napačno vrisane ter dodali nove, kjer je bilo to potrebno.

S Pravilnikom o gozdnogospodarskih in gojitvenih načrtih (1998) ter kasnejšim Pravilnikom o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanju z divjadjo (2010) so v Sloveniji določeni kriteriji za izdelovanje kart gozdnih sestojev. Površina gozdnega sestoja naj ne bi bila manjša od 0,5 ha, podatki o opisu sestojev pa se pridobivajo z neposrednim opisovanjem na terenu oz. iz gozdnogojitvenih načrtov ter iz letalskih posnetkov. Opis sestojev naj zajema površino ter lesno zalogo na hektar, delež drevesnih vrst glede na zalogo, razvojno fazo oz. zgradbo, delež podmladka, drevesno sestavo mladovja in podmladka glede na površino, sklep, zasnovo ter negovanost.

V sestojih, kjer se gozdarski ukrepi (sečnja, redčenja) niso izvajali ter ni prišlo do kakršnih koli drugih sprememb, so bile stare sestojne meje velikokrat nenatančno narisane. V takih primerih smo vrisali novo sestojno mejo, ter staro sestojno mejo združili z novo. Velikokrat pa se je zgodilo, da so bili zaradi gozdarskih ukrepov ter drugih dejavnikov

oblikovani novi sestoji (pomlajenci, sestoji po vetrolomih). V prostorskem modelu digitalnega stereoploterja smo izrisali meje novih sestojev ter po dogovoru z gozdarskimi načrtovalci na Tolminski območni enoti ZGS take sestoje označili z oznako 0. Tem sestojem so v gozdarskem informacijskem sistemu priredili podatke iz opisa gozdnih sestojev, da bi bilo lažje opraviti terenski popis v času obnove gozdnogospodarskega načrta leta 2012.

Pri samem razmejevanju različnih sestojev so nam v pomoč tudi barvni posnetki, na katerih lahko po barvnih odtenkih ter obliki krošnje ločimo tudi različne drevesne vrste. Lažje ločimo drevesne vrste iglavcev (smreka, jelka, črni bor, macesen), težje pa je med seboj ločevati drevesne vrste listavcev. Pomemben pri določevanju drevesnih vrst je lahko tudi letni čas snemanja letalskih posnetkov. Tako lahko na posnetkih, posnetih v jesenskem času, zelo dobro določimo macesen, saj le ta v jesenskem času odvrže iglice. Zavedati pa se moramo, da se s pomočjo barvnih posnetkov ne da določiti vseh drevesnih vrst.

6 REZULTATI

Rezultati naloge so obnovljena sestojna karta za izbrano območje GGE Trnovo ter orientirani stereoposnetki za celotno gozdnogospodarsko enoto.

6.1 ABSOLUTNA ORIENTACIJA STEREOMODELOV

Za celotno območje GGE Trnovo smo potrebovali 37 letalskih posnetkov ter oblikovali 31 stereoparov. Rezultati absolutne orientacije letalskih posnetkov so razvidni iz preglednice.

Preglednica 1: Rezultati absolutne orientacije stereoparov letalskih posnetkov z odstopanji (RMSE) za posamezne koordinate v državnem koordinatnem sistemu

Stereopar (levi posnetek-desni posnetek)	Št. oslonilnih točk	RMSE		
		X [m]	Y [m]	Z [m]
340-341	8	0,68	0,86	1,44
341-342	8	0,47	0,99	1,85
395-396	11	0,18	0,17	1,22
396-397	10	0,51	0,31	0,99
397-398	6	0,54	0,89	1,48
401-402	9	0,26	0,80	1,50
402-403	11	0,14	0,43	0,73
403-404	8	0,73	0,35	1,56
404-405	9	0,62	0,85	1,59
405-406	9	0,47	0,85	1,38
455-456	11	0,36	0,90	0,74
456-457	10	0,30	0,50	0,67
461-462	10	0,45	0,95	1,18
462-463	11	0,24	0,54	1,26
463-464	11	0,38	0,72	1,29
464-465	11	0,40	0,82	1,15
465-466	14	0,60	0,66	0,95

se nadaljuje

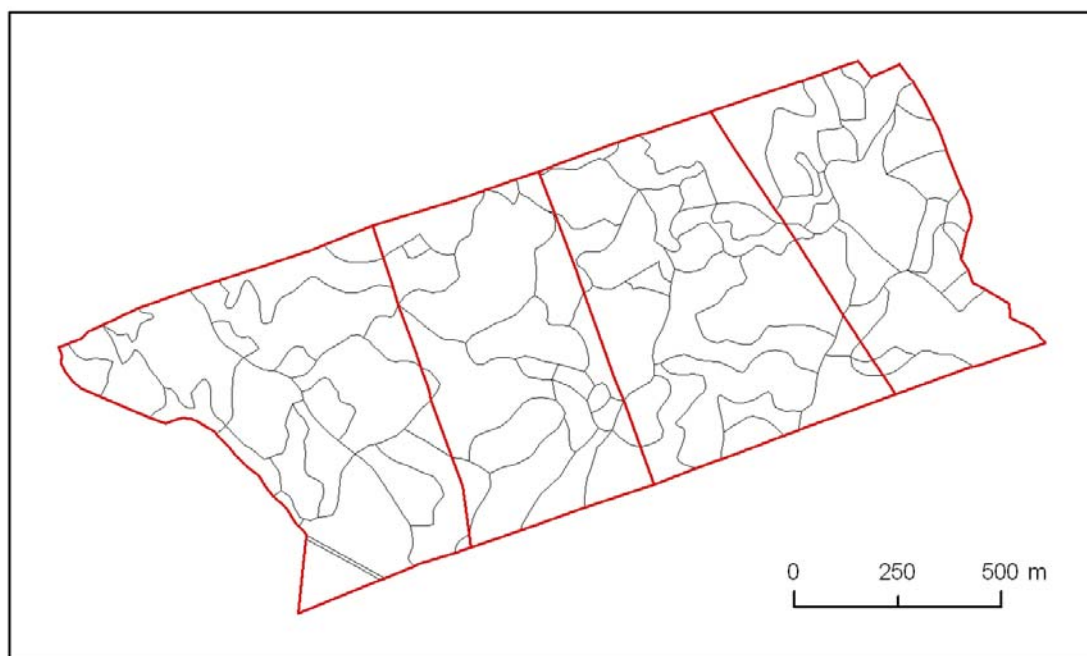
nadaljevanje

Stereopar (levi posnetek-desni posnetek)	Št. oslonilnih točk	RMSE		
		X [m]	Y [m]	Z [m]
466-467	12	0,55	0,62	1,17
467-468	10	0,52	0,97	1,25
468-469	11	0,29	0,92	1,51
469-470	8	0,78	0,80	1,31
470-471	5	1,23	1,54	2,50
521-522	9	0,57	0,36	1,03
522-523	11	0,39	0,87	1,05
523-524	9	0,31	0,83	1,24
524-525	10	0,38	0,49	1,22
525-526	10	0,46	0,89	1,27
526-527	11	0,39	0,61	0,92
569-570	6	0,81	1,54	1,42
570-571	8	0,74	0,87	1,19
Povprečje	9,57	0,49	0,76	1,27

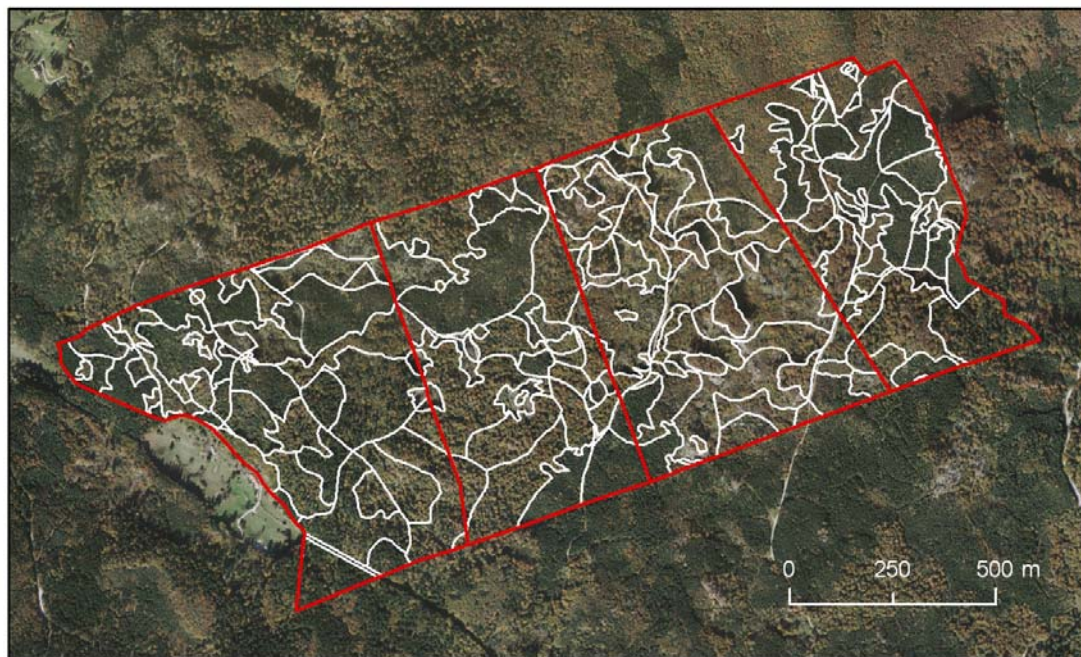
Za absolutno orientacijo letalskih posnetkov smo povprečno uporabili 10 oslonilnih točk. Za stereopar, kjer smo uporabili le 5 oslonilnih točk, je bilo izračunano največje odstopanje, vendar tudi v tem primeru v mejah, ki so bile priporočene kot spremenljive v gozdni inventuri.

Za absolutno orientacijo vseh 31 stereoparov pa smo potrebovali 293 oslonilnih točk. Izkazalo se je, da so najboljše oslonilne točke bile posamezne skale, vogali hiš, križišča poti, torej take točke, ki ležijo na tleh oz. tik nad tlemi. Za slabše oslonilne točke pa so se izkazale posamezne krošnje dreves, skalni previsi, saj je pri teh točkah pride do velikih odstopanj koordinat X, Y ter Z. Če bi želeli izbrati tako točko, bi morali na terenu npr. izmeriti drevesno višino ter s pomočjo GPS-a natančno določiti položaj drevesa.

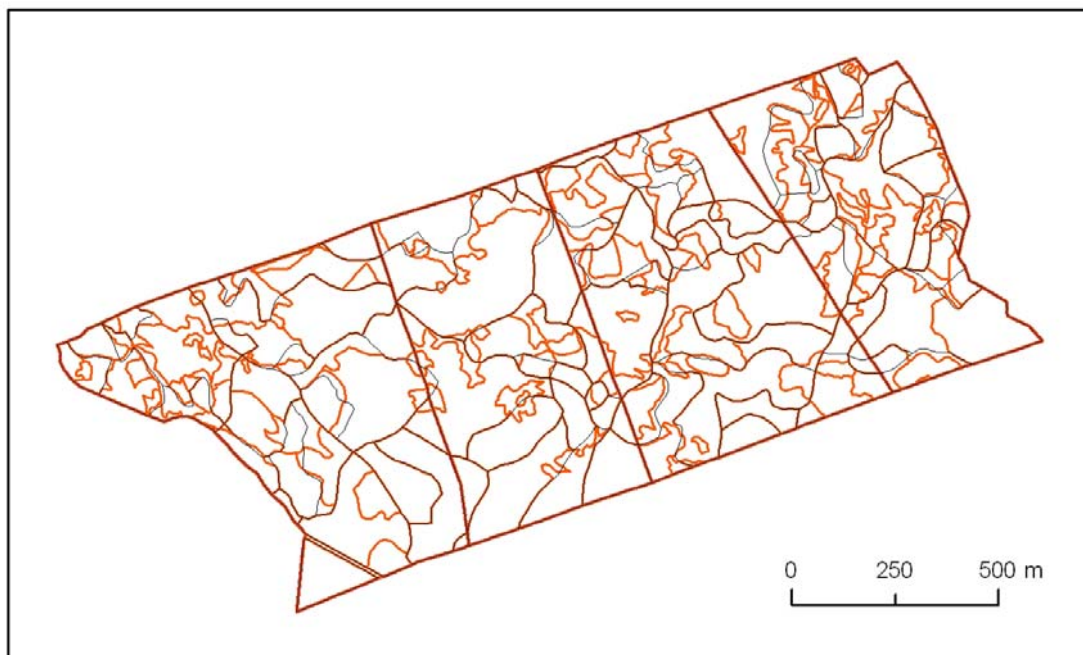
6. 2 VZDRŽEVANJE SESTOJNE KARTE



Slika 8: Izsek iz stare sestojne karte iz leta 2003 za izbrano območje GGE Trnovo (Vir: Zavod za gozdove Slovenije, 2003)



Slika 9: Sestojna karta iz leta 2012 za izbrano območje GGE Trnovo (vir: Digitalni ortofoto, Geodetska uprava RS 2010; Zavod za gozdove Slovenije, 2003)



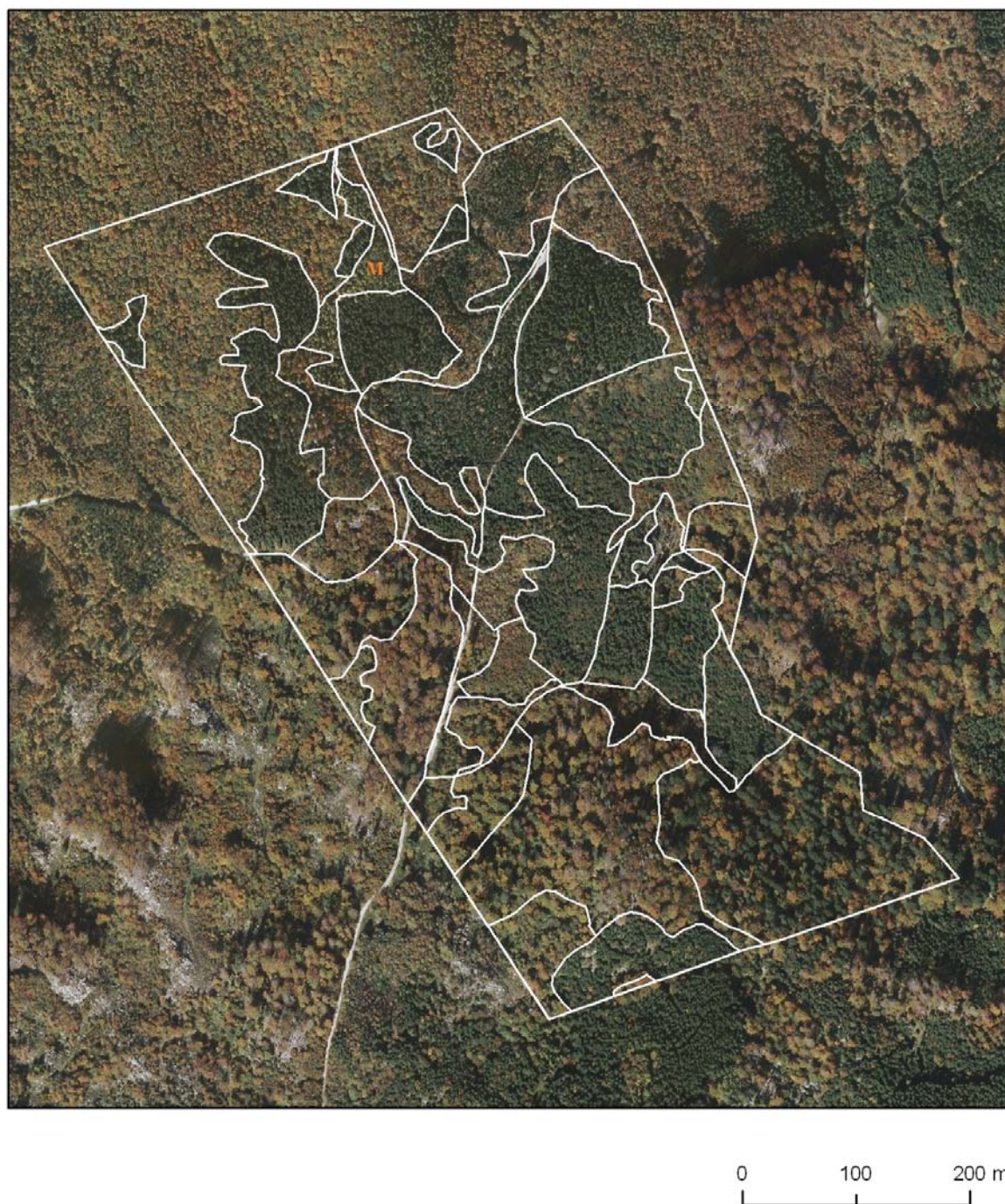
Slika 10: Izsek iz sestojne karte za izbrano območje GGE Trnovo. S črno barvo so označene meje sestojev iz leta 2003, z rdečo pa meje sestojev iz leta 2012 (Vir: Zavod za gozdove Slovenije, 2003)

Za uspešno razmejevanje izbranega območja smo uporabili 3 stereopare. Iz zgornjega niza slik pa lahko opazimo razlike med staro in novo sestojno karto. Vidimo, da je stara sestojna karta veliko bolj grobo izdelana, saj smo na novo izrisali veliko manjših sestojev.

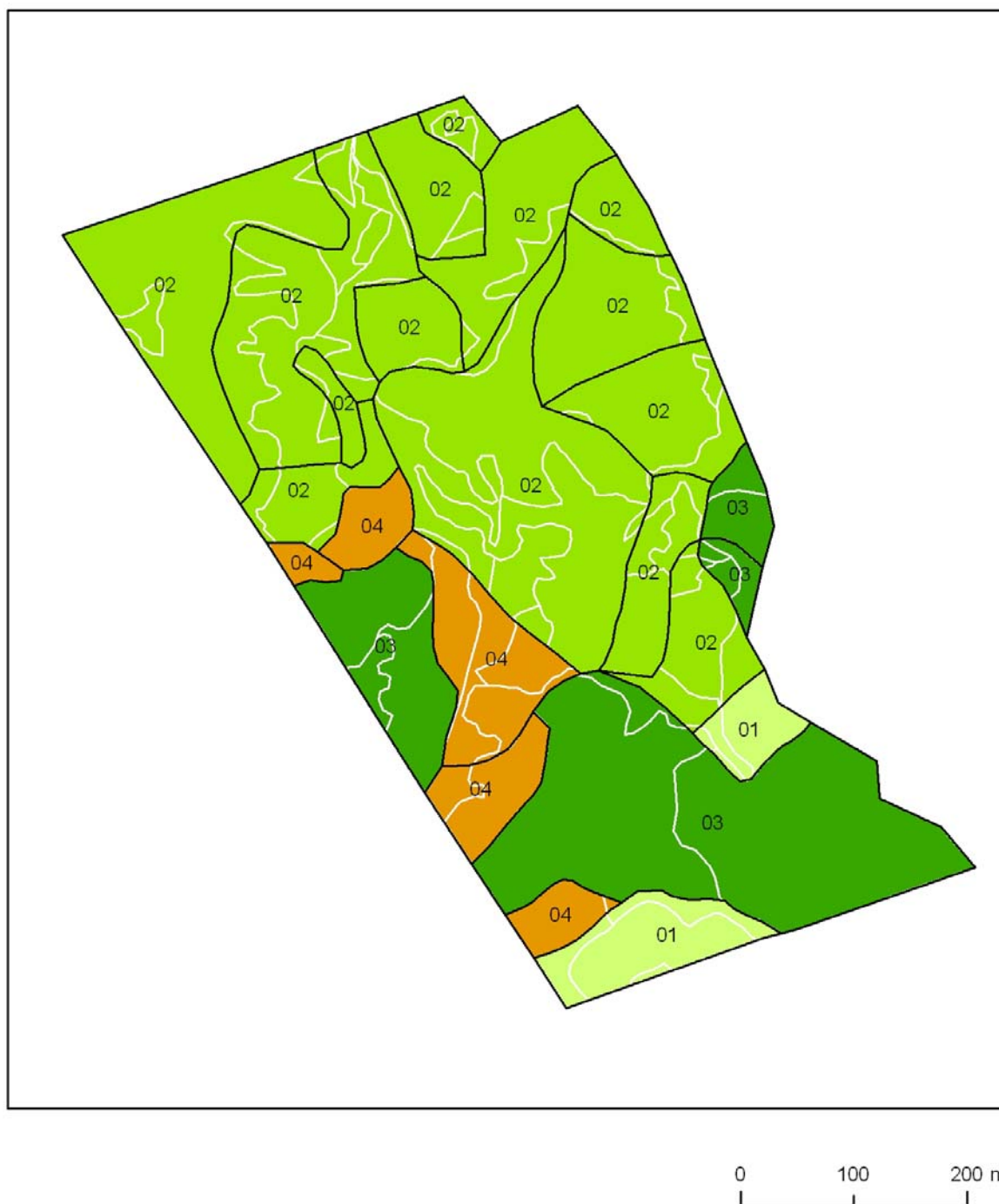
Iz slike 11 in 12 lahko opazimo razlike, ki so nastale pri izdelavi sestojne karte v oddelku 17039. V tem oddelku je opazno, da do večjih sprememb zaradi sečenj in drugih dejavnikov ni prišlo, vendar so razlike v sestojnih mejah kar opazne. Sestojne meje na stari karti, izdelani na podlagi črnobelih posnetkov, so bolj toge in pravilnih oblik. Meje na novi sestojni karti, izdelani s pomočjo digitalnega stereoploterja, pa se bolje prilegajo razlikam v sestojni zgradbi in prehodom med posameznimi sestoji, ki so na barvnih letalskih posnetkih veliko jasnejši kot na nekdanjih črnih ortofoto posnetkih.



Slika 11: Sestojna karta v oddelku 17039 iz leta 2003 (Vir: Digitalni ortofoto, Geodetska uprava RS 2010; Zavod za gozdove Slovenije, 2003)



Slika 12: Sestojna karta oddelka 17039 iz leta 2012 (Vir: Digitalni ortofoto, Geodetska uprava RS 2010; Zavod za gozdove Slovenije, 2003)



Slika 13: Izsek iz sestojne karte za oddelek 17039 z dodanim slojem o razvojnih fazah. Šifre na sestojni karti predstavljajo mladovja (01), drogovnjake (02), debeljake (03) in sestoje v obnovi (04). S črno barvo so označene meje sestojev iz leta 2003, z belo pa meje sestojev iz leta 2012 (Vir: Zavod za gozdove Slovenije, 2003)

S primerjavo sestojnih kart iz leta 2003 in 2012 ter ortofoto posnetka s karto stanja razvojnih faz (slika 13) lahko ugotovimo, da so nove sestojne meje nastale predvsem zaradi dobro vidnih razlik v mešanosti drevesnih vrst. Tako je dodatna meja v debeljaku

(03) nastala prav zaradi razlik v mešanosti drevesnih vrst. V drogovnjakih (02) nova sestojna karta natančneje razmejuje sestoje po mešanosti drevesnih vrst. Na stari sestojni karti so bili izpuščeni manjši drogovnjaki iglavcev, ki pa so natančno razmejeni na novi sestojni karti. Na sliki 12 je zelo dobro opazen sestoj macesna (označen s črko M), ki je bil na stari sestojni karti združen z drogovnjakom smreke.

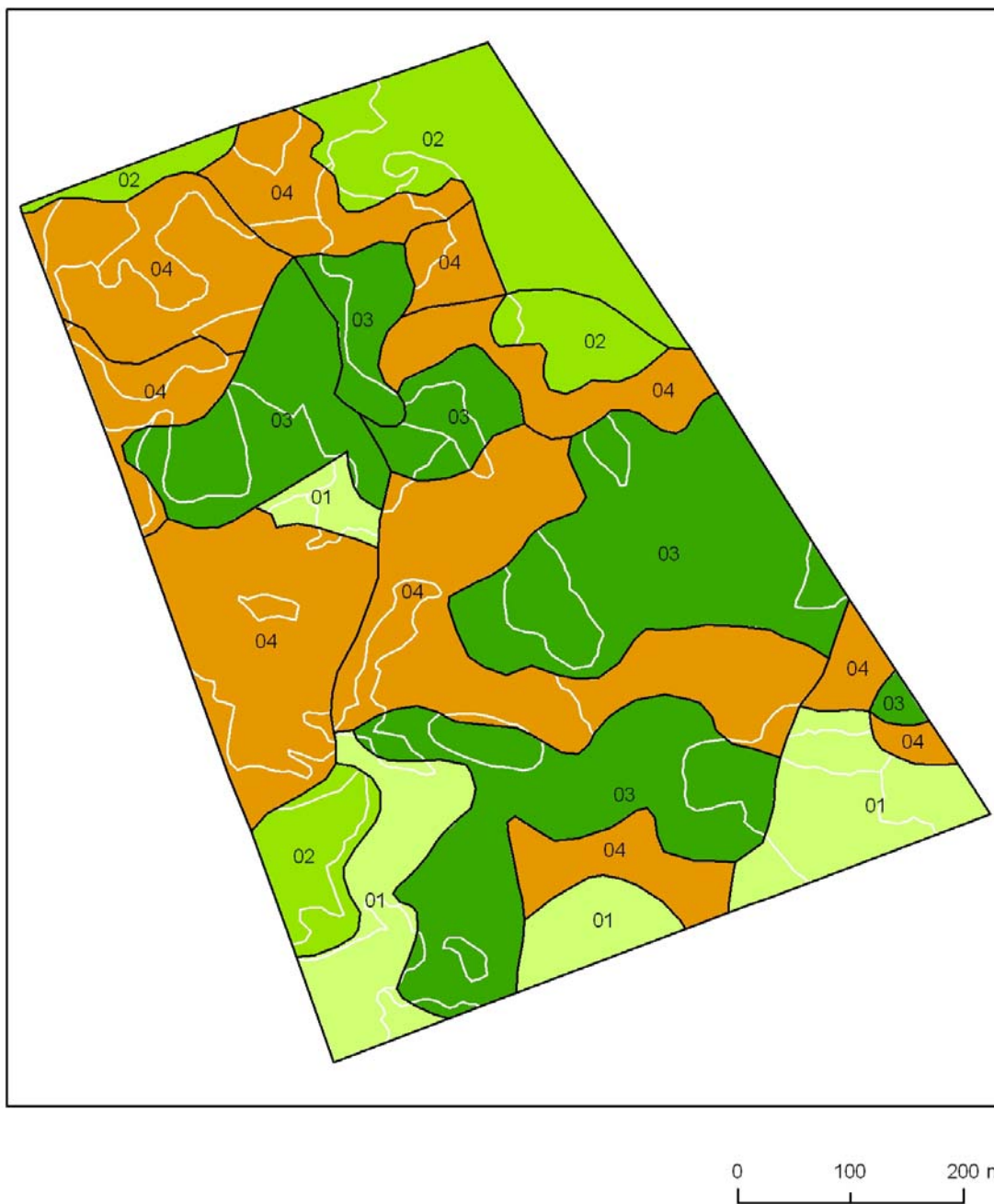


Slika 14: Sestojna karta za oddelek 17038 iz leta 2003 (Vir: Digitalni ortofoto, Geodetska uprava RS 1998; Zavod za gozdove Slovenije)



Slika 15: Sestojna karta za oddelek 17038 iz leta 2012 (Vir: Digitalni ortofoto, Geodetska uprava RS 2010; Zavod za gozdove Slovenije)

V oddelku 17038 so razvidne razlike, ki so nastale zaradi sečnje in obnove starih sestojev. Na novih ortofoto posnetkih lahko ocenimo, da so bili sestoji na stari sestojni karti zanesljivo in pozicijsko natančno razmejeni.



Slika 16: Izsek iz sestojne karte za oddelek 17038 z dodanim slojem o razvojnih fazah. Šifre na sestojni karti predstavljajo mladovja (01), drogovnjake (02), debeljake (03) in sestoje v obnovi (04). S črno barvo so označene meje sestojev iz leta 2003, z belo pa meje sestojev iz leta 2012 (Vir: Zavod za gozdove Slovenije)

S primerjavo sestojnih kart iz leta 2003 in 2012 ter ortofoto posnetka s karto stanja razvojnih faz (slika 16) so opazne tudi spremembe v razvojnih fazah, ki so nastale zaradi posegov v gozd. Na novi sestojni karti smo tako razmejili ostanke debeljakov (03) in sestojev v obnovi (04). V sestojih drogovnjakov so bile sestojne meje natančneje izrisane. Zaradi sečnje debeljakov ter sestojev v obnovi so se v oddelku pojavile večje in manjše površine mladovja različnih starosti, ki jih nismo posebej razmejevali. Brez terenskega popisa in ocene kakovosti mladovja, ki se je razvilo pod krošnjami starih sestojev, bi bilo nezanesljivo razmejevati prepletajoče se površine mladja, gošče ter letvenjakov.

7 RAZPRAVA IN SKLEPI

V diplomski nalogi je opisan eden izmed možnih postopkov vzdrževanja karte gozdnih sestojev z uporabo računalniške opreme DAT/EM Summit Evolution ter ArcGIS. Za pozicijsko natančno razmejeno karto so poleg dobre interpretacije letalskih posnetkov pomembni tudi dobro absolutno orientirani letalski posnetki. Povprečne vrednosti RMSE vseh 31 stereoparov so: $RMSE_x = 0,49$ m, $RMSE_y = 0,76$ m ter $RMSE_z = 1,27$ m. Skudnik (2007) v svoji diplomski nalogi navaja odstopanja za stereopara na Pokljuki $RMSE_x = 2,82$ m in $RMSE_y = 1,69$ m ter za Leskovo dolino $RMSE_x = 2,92$ m in $RMSE_y = 1,72$ m. Absolutno natančneje orientirani stereopari nam omogočajo, da je nova sestojna karta tudi pozicijsko natančnejša od stare.

Sestojna karta, izdelana zgolj na podlagi ortofoto posnetkov je velikokrat nenatančna, saj nam ortofoto posnetki ne ponujajo dovolj informacij. Večje napake se pojavljajo predvsem pri pozicijski nenatančnosti, saj ima interpretator lahko veliko težav s poševno preslikanimi drevesi, sencami dreves, presvetljenimi krošnjami. Posebej v jelovo-bukovih gozdovih, v katerih so nekdanje prebiralno gospodarili, je bilo razmejevanje na ortofoto posnetkih manj zanesljivo kot v enomernih gozdnih sestojih (Skudnik s sod., 2008). Opazovanje stereomodela nam omogoči, da se izognemo prav zgoraj naštetim težavam. Tako lahko z boljšim pregledom nad horizontalno zgradbo sestojev lažje določamo njihove razvojne faze, mešanost drevesnih vrst, zastornost drevesnih krošenj. Prostorsko opazovanje nam omogoča tudi dobro razmejevanje sestojev pri skupinsko postopnem gospodarjenju, kjer se na majhni površini prepleta več različnih sestojnih struktur. Zavedati pa se moramo, da kljub vedno boljši tehnologiji dobre sestojne karte ni mogoče izdelati brez terenskega ogleda ter popisa sestojev. Način vzdrževanja sestojne karte, ki smo ga opisali, predstavlja izhodišče za terenski popis sestojev v sklopu obnove gozdnogospodarskih načrtov in izdelave gozdnogojitvenih načrtov.

V diplomski nalogi smo najprej staro sestojno karto dopolnili s podatki o nadmorskih višinah na podlagi digitalnega modela višin, nato z opazovanjem letalskih posnetkov v stereomodelu popravljali meje gozdnih sestojev, ki se niso dobro prilegale sestojnim

mejam v naravi, ter izrisali nove sestoje meje, kjer so nastale spremembe v zgradbi gozdnih sestojev. Takšen pristop vzdrževanja starih sestojnih kart je v diplomski nalogi predlagal tudi Skudnik (2007), vendar sam takega postopka ni izvedel.

Obnovljeno sestojno karto izdelamo pred terenskim popisom sestojev, kjer zberemo podatke o površini in lesni zalogi sestojev na hektar, delež drevesnih vrst glede na lesno zalogo, razvojno fazo oz. zgradbo, delež podmladka, drevesno sestavo mladovja in podmladka glede na površino, sklep, zasnovo ter negovanost (Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih, 1998; 2010).

Terenski popis je zamudnejši in obsežnejši le v tistih sestojih, kjer so nastale velike spremembe zaradi sečnje ali drugih naravnih dejavnikov. Pri obnovi sestojne karte s pomočjo digitalnega stereoploterja lahko zmanjšamo porabo časa za terenski popis ter izdelavo celotne karte gozdnih sestojev. Sestojna karta dobre kakovosti je lahko tudi v veliko pomoč pri izdelavi gozdnogojitvenega načrta, saj lahko posamezni natančno razmejeni sestoji predstavljajo večjo skladnost z negovalnimi enotami, kot je bila ocenjena v prejšnjem desetletju (Poljanec 2005, Devjak 2006).

Vedno več gozdarskih strokovnjakov se zaveda, da je sestojna karta postala temeljna karta v gozdarstvu, Kovač in Skudnik (2009) pa opozarjata, da sestojna karta, ne glede na tehnologijo izdelave, ne more biti izdelana kakovostno, če nimamo ustrezno izobraženega kadra.

8 VIRI

1. Bogovič B. 1985. Analiza dinamike gozdnih sestojev in gozdnega prostora s pomočjo zaporednih aerosnemanj: diplomska naloga. Ljubljana, samozal.: 48 str.
2. Bončina A. 2009. Urejanje gozdov: upravljanje gozdnih ekosistemov: učbenik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 359 str.
3. Devjak T. 2006. Presoja inventurnih in načrtovalnih enot v gozdarskem načrtovanju na primeru gozdnogospodarskega območja Kočevje: magistrsko delo. Ljubljana, samozal.: 63 str.
4. 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.
5. Gozdnogospodarski načrt GGE Trnovo 2003-2012. 2003. Trnovo, Zavod za Gozdove Slovenije, OE Tolmin.
6. Hočevár M. 1995. Daljinsko pridobivanje podatkov v gozdarstvu: učbenik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 105 str.
7. Keller M. 2001. Aerial Photography. V: Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment. Bressel P., Lischke H. (ur.). Birmensdorf, WSL Swiss Federal Research Institute: 45-64
8. Kovač M., Skudnik M. 2009. Sestojna karta – tehnologija izdelave in vzdrževanja. V: Kontrolna vzorčna metoda v Sloveniji – zgodovina, značilnosti in uporaba.

- (Strokovna in znanstvena dela, 134). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica: 13-30
9. Kušar G., Hočevnar M. 2000. Fototerestična inventura gozda. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 62, 117-148
10. Ortofoto. 2010. Geodetska uprava Republike Slovenije.
11. Poljanec A. 2005. Analiza obravnavanja sestojev kot inventurnih in načrtovalnih enot v gozdarskem načrtovanju: magistrsko delo. Ljubljana, samozal.: 113 str.
12. Poljanec A., Bončina A. 2006. Obravnavanje gozdnih sestojev v gozdarskem načrtovanju na primeru gozdnih območij Bohinj in Pohorje. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 79, 53-66
13. ZGS. Poročilo Zavoda za Gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2010. 2011. Ljubljana. Zavod za Gozdove Slovenije: 127 str.
http://www.zgs.gov.si/fileadmin/zgs/main/img/PDF/LETNA_POROCILA/Porgozd10_Solc1.pdf
14. Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih. 1998. Ur. l. RS, št. 5/98
15. Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo. 2010. Ur. l. RS, št. 91/10
16. Skudnik M. 2007. Tehnologija izdelave in vzdrževanja karte gozdnih sestojev: diplomsko delo. Ljubljana, samozal.: 102 str.
17. Skudnik M., Kovač M., Hladnik D. 2008. Možnosti izdelave in vzdrževanja kart gozdnih sestojev. V: Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2007-2008. Perko

D., Zorn M., Razpotnik N., Čeh M., Hladnik D., Krevs M., Podobnikar T., Repe B., Šumrada R. (ur.). Ljubljana: Založba ZRC: 219-226

18. Šturm T. 2009. Kakovost sestojne karte Slovenije. V: Kontrolna vzorčna metoda v Sloveniji – zgodovina, značilnosti in uporaba. (Strokovna in znanstvena dela, 134): Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica: 31-38

ZAHVALA

Za vse nasvete, strokovno pomoč ter ves porabljen čas se najlepše zahvaljujem mentorju doc. dr. Davidu Hladniku. Prav tako gre zahvala recenzentu diplomske naloge prof. dr. Andreju Bončini ter mag. Maji Božič za tehnični pregled naloge.

Zahvalil bi se še tehničnemu sodelavcu Alojzu Škvarči za pomoč pri iskanju oslonilnih točk.

Zahvala gre tudi gozdarskim načrtovalcem iz Tolminske območne enote ZGS, ki so se odločili za sodelovanje pri obnovi sestojne karte gozdnogospodarske enote Trnovo.

Posebna zahvala gre staršem za omogočen študij, vso podporo pri pisanju naloge ter vso finančno pomoč v času študija. Hvala tudi bratom, sestrama ter puncu, ki so mi omogočili mirno in neovirano pisanje diplomske naloge.