

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

**Jakob LEVEC**

**OCENJEVANJE SPREMEMB POKROVNOSTI IN  
RABE PROSTORA S SATELITSKIMI POSNETKI  
NA OBMOČJU LOŠKE DOLINE**

**DIPLOMSKO DELO**

**Univerzitetni študij**

**Ljubljana, 2006**

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

Jakob LEVEC

OCENJEVANJE SPREMEMB POKROVNOSTI IN  
RABE PROSTORA S SATELITSKIMI POSNETKI  
NA OBMOČJU LOŠKE DOLINE

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**EVALUATION OF LAND COVER AND LAND USE CHANGES  
USING SATELLITE DATA IN LOŠKA DOLINA**

GRADUATION THESIS  
University studies

Ljubljana, 2006

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija gozdarstva in gospodarjenja z gozdnimi viri. Opravljeno je bilo na Katedri za krajinsko gozdarstvo in prostorsko informatiko Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za študijska in študentska vprašanja na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je za mentorja diplomske naloge imenovala doc. dr. Davida Hladnika in za recenzenta doc. dr. Janeza Pirnata.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Jakob Levec

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ŠD | Dn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| DK | GDK 911:228.11+58:(497.12*05 Loška dolina)(043.2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| KG | Gozdovi/pokrovnost/raba prostora/satelitski posnetki/vegetacijski indeksi/metoda RGB-NDVI/nenadzorovane klasifikacije/Loška dolina                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| KK |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| AV | LEVEC, Jakob                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| SA | HLADNIK, David (mentor)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| KZ | SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| ZA | Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Gozdarstvo in obnovljive gozdne vire                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| LI | 2006                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| IN | OCENJEVANJE SPREMEMB POKROVNOSTI IN RABE PROSTORA S SATELITSKIMI POSNETKI NA OBMOČJU LOŠKE DOLINE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| TD | Diplomsko delo (univerzitetni študij)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| OP | 82str., 31 pregl., 25 sl., 3 pril., 20 vir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| IJ | sl                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| JJ | sl/en                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| AI | V diplomskem delu smo ocenjevali spremembe v pokrovnosti gozda in različnih rabah prostora na območju Loške doline, Loškega potoka, Babnega polja in Blok. Analizirali smo izseke satelitskih posnetkov Landsat TM iz leta 1992, 2000 in 2005 z ločljivostjo 30 x 30 m, ki smo jih primerjali s sestojnimi kartami in karto rabe prostora. Izdelali smo preseke kart rabe prostora in sestojnih kart ter izpeljali nenadzorovano klasifikacijo podatkov satelitskih posnetkov. Na podlagi vrednosti vegetacijskih indeksov (NDVI, NDMI) smo uspeli med seboj razlikovati različne rabe prostora in posamezne skupine gozdnih sestojev. Vegetacijski indeks NDMI je bolje odražal razlike med gozdnimi sestoji kot NDVI. |

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn

DC FDC 911:228.11+58:(497.12\*05 Loška dolina)(043.2)

CX forest/land cover/land use/satellite images/vegetation indices/RGB-NDVI  
method /unsupervised classification/Loška dolina

CC

AU LEVEC, Jakob

AA HLADNIK, David (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83

PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and  
renewable forest resources

PY 2006

TI EVALUTATION OF LAND COVER AND LAND USE CHANGES USING  
SATELLITE DATA IN LOŠKA DOLINA

DT Graduation thesis (university studies)

NO 82 p., 31 tab., 25 fig., 3 ann., 20 ref.

LA sl

AL sl/en

AB In the graduation thesis we have estimated changes in land cover and land use  
on area of Loška dolina, Loški potok, Babno polje and Bloke. We have  
analyzed time-series Landsat TM imagery with 30 meters resolution, which we  
have compared with forest stands maps and land use map. We made overlays  
of satellite images, land use maps, forest stands maps and carried out  
unsupervised classification method. On the base of vegetation indices (NDVI -  
Normalized difference vegetation index and NDMI - normalized difference  
moisture index) we succeeded to distinguish different types of land use and  
groups of forest stand types. NDMI has better shown the difference in forest  
stands, comparing to the NDVI.

## KAZALO VSEBINE

|                                                                                                                          |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA</b>                                                                               | <b>III</b>  |
| <b>Key words documentation</b>                                                                                           | <b>IV</b>   |
| <b>KAZALO PREGLEDNIC</b>                                                                                                 | <b>VII</b>  |
| <b>KAZALO SLIK</b>                                                                                                       | <b>VIII</b> |
| <b>KAZALO PRILOG</b>                                                                                                     | <b>IX</b>   |
| <b>1 UVOD</b>                                                                                                            | <b>1</b>    |
| <b>2 NAMEN NALOGE</b>                                                                                                    | <b>2</b>    |
| <b>3 MATERIAL IN METODE</b>                                                                                              | <b>3</b>    |
| 3.1 PREDSTAVITEV OBJEKTOV - LOŠKA DOLINA Z OKOLICO                                                                       | 3           |
| 3.1.1 Geografske značilnosti Loške doline                                                                                | 5           |
| 3.1.2 Geološka podlaga, relief in tla                                                                                    | 5           |
| 3.1.3 Vodne razmere                                                                                                      | 6           |
| 3.1.4 Podnebje                                                                                                           | 7           |
| 3.1.5 Raba prostora v preteklosti                                                                                        | 8           |
| 3.1.6 Gozdovi                                                                                                            | 9           |
| 3.1.6.1 Zgodovina gospodarjenja                                                                                          | 10          |
| 3.1.6.2 Živalski svet                                                                                                    | 10          |
| 3.1.6.3 Opis GE Javorje                                                                                                  | 11          |
| 3.1.6.4 Kratek opis GE Racna gora – Križna gora                                                                          | 12          |
| 3.1.6.5 Opis gozdnih združb (GE Racna gora – Križna gora)                                                                | 13          |
| 3.1.6.5.1 Predgorski bukov gozd ( <i>Hacquetio – Fagetum</i> )                                                           | 14          |
| 3.1.6.5.2 Dinarski gozd jelke in bukve s spomladansko torilnico ( <i>Abieti – Fagetum din. omphalodetosum</i> )          | 15          |
| 3.1.6.5.3 Dinarski gozd jelke in bukve z golščem ( <i>Abieti – Fagetum din. mercurialetosum</i> )                        | 15          |
| 3.1.6.5.4 Jelov gozd s srobotom ( <i>Clematido – Abietetum</i> )                                                         | 15          |
| 3.1.6.5.5 Jelovo bukov gozd s tevjem ( <i>Abieti – Fagetum din. hacquetietosum</i> )                                     | 16          |
| 3.1.6.5.6 Gozd bukve in gabrovca ( <i>Ostryo – Fagetum</i> )                                                             | 16          |
| 3.1.6.5.7 Gozd gabrovca in malega jesena ( <i>Ostryo – Fraxinetum</i> )                                                  | 16          |
| 3.2 SPEKTRALNE ZNAČILNOSTI OBJEKTOV IN VEGETACIJE                                                                        | 18          |
| 3.3 RAČUNALNIŠKA OBDELAVA SATELITSKIH POSNETKOV                                                                          | 21          |
| 3.3.1 Geometrična korekcija in izdelava kompozitnih slik                                                                 | 21          |
| 3.3.2 Radiometrična korekcija z metodo DOS                                                                               | 27          |
| 3.4 VEGETACIJSKI INDEKSI                                                                                                 | 28          |
| 3.4.1 Vegetacijski indeks normaliziranih razlik - NDVI                                                                   | 28          |
| 3.4.2 Indeks normaliziranih razlik srednjega infrardečega dela spektra – NDMI                                            | 29          |
| 3.4.3 Ocenjevanje razlik v pokrovnosti in rabi prostora ter njunih sprememb v okolju geografskih informacijskih sistemov | 30          |
| 3.4.4 Metoda RGB-NDVI in nenadzorovana klasifikacija                                                                     | 33          |

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4.5 Obdelava podatkov in uporabljena oprema            | 37        |
| <b>4 REZULTATI</b>                                       | <b>38</b> |
| 4.1 GEOMETRIČNA KOREKCIJA                                | 38        |
| 4.2 IZDELAVA KOMPOZITNIH SLIK                            | 40        |
| 4.3 PRESEKI KART RABE PROSTORA IN VEGETACIJSKIH INDEKSOV | 42        |
| 4.4 PRESEKI SESTOJNIH KART IN VEGETACIJSKIH INDEKSOV     | 57        |
| 4.5 METODA RGB-NDVI IN NENADZOROVANA KLASIFIKACIJA       | 60        |
| 4.7 ODKRIVANJE RAZLIK V VEGETACIJSKIH INDEKSIH           | 69        |
| <b>5 RAZPRAVA IN SKLEPI</b>                              | <b>71</b> |
| <b>6 VIRI</b>                                            | <b>77</b> |
| <b>7 ZAHVALA</b>                                         | <b>79</b> |
| <b>8 PRILOGE</b>                                         | <b>80</b> |

## KAZALO PREGLEDNIC

|                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Preglednica 1: Pregled gozdnih združb v GE Javorje (Gozdnogospodarski načrt ..., 1997). ....                                                                          | 11 |
| Preglednica 2: Površina gospodarskih razredov v GE Javorje (Gozdnogospodarski načrt..., 1997). ....                                                                   | 12 |
| Preglednica 3: Površina gospodarskih razredov v GE Racna gora – Križna gora (GGN ..., 1999: 50). ....                                                                 | 13 |
| Preglednica 4: Površina in delež gozdnih združb v GE Racna gora – Križna gora (GGN načrt ..., 1999: 9). ....                                                          | 14 |
| Preglednica 5: Osnovne značilnosti uporabljenih satelitskih posnetkov sistemov Landsat ter IRS ....                                                                   | 17 |
| Preglednica 6: Uporabnost posameznih kombinacij RGB (Red/Green/Blue) kanalov Landsat TM (Hočevar, 1996:289) ....                                                      | 25 |
| Preglednica 7: Šifrant rabe tal (MKGP, 2002) ....                                                                                                                     | 31 |
| Preglednica 8: Pomen barv v modelu RGB-NDVI (Wilson in Sader, 2002). ....                                                                                             | 35 |
| Preglednica 9: Odstopanja in koordinate izbranih 20 točk pri satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 ....                                                       | 38 |
| Preglednica 10: Odstopanja in koordinate izbranih 20 točk pri satelitskem posnetku Indijskega satelita iz leta 1997 ....                                              | 39 |
| Preglednica 11: Odstopanja in koordinate izbranih 20 točk pri satelitskem posnetku Landsat TM iz leta 2005 ....                                                       | 40 |
| Preglednica 12: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za njive in vrtove na območju Loške doline ....        | 42 |
| Preglednica 13: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za intenzivne travnike na območju Loške doline ....    | 43 |
| Preglednica 14: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za ekstenzivne travnike na območju Loške doline ....   | 44 |
| Preglednica 15: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za njive in vrtove na območju Loškega Potoka ....      | 46 |
| Preglednica 16: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za intenzivne travnike na območju Loškega Potoka ....  | 46 |
| Preglednica 17: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za ekstenzivne travnike na območju Loškega Potoka .... | 47 |
| Preglednica 18: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za njive in vrtove na območju Blok ....                | 48 |
| Preglednica 19: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za intenzivne travnike na območju Blok ....            | 48 |
| Preglednica 20: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za ekstenzivne travnike na območju Blok ....           | 49 |
| Preglednica 21: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za njive in vrtove na območju Babnega polja ....       | 49 |
| Preglednica 22: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za ekstenzivne travnike na območju Babnega polja ....  | 50 |
| Preglednica 23: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za zaraščajoče površine na območju Babnega polja ....  | 51 |
| Preglednica 24: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM za ostale zaraščajoče površine. ....                                | 51 |
| Preglednica 25: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za naselja (velja za celotno območje analize). ....    | 52 |
| Preglednica 26: Ekstremne vrednosti vegetacijskega indeksa NDVI za leto 2000 ....                                                                                     | 53 |
| Preglednica 27: Ekstremne vrednosti vegetacijskega indeksa NDVI za leto 1992 ....                                                                                     | 55 |
| Preglednica 28: Ekstremne vrednosti vegetacijskega indeksa NDVI za leto 2005 ....                                                                                     | 56 |
| Preglednica 29: Šifrant za razvojne faze in sklep sestojev ....                                                                                                       | 57 |
| Preglednica 30: Ekstremne vrednosti vegetacijskega indeksa NDVI za leto 1992 v gozdnih sestojih ....                                                                  | 58 |
| Preglednica 31: Vrednosti nenadzorovane klasifikacije RGB-NDVI, prikazane s pomočjo 7. kategorij ....                                                                 | 61 |

## KAZALO SLIK

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1: Raziskovalno območje Loške doline na pregledni karti Slovenije, izdelani iz satelitskih posnetkov Landsat ETM iz leta 2000. Označene so meje gozdnogospodarskih območij Slovenije (Vir podatkov: Global Land Cover Facility, U.S. Geological Survey; Zavod za gozdove Slovenije)..... | 3  |
| Slika 2: Analizirano območje satelitskih posnetkov Loške doline z okolico (kompozitna slika, sestavljena iz 1, 2 in 3 kanala satelitskega posnetka Landsat ETM iz leta 2000).....                                                                                                              | 4  |
| Slika 3: Območje gozdov GE Javorja (vijolično) in GE Racne gore (rumeno).....                                                                                                                                                                                                                  | 9  |
| Slika 4: Delež odboja elektromagnetnega valovanja zelene vegetacije (razlika do 100%) ponazarja značilna spektralna krivulja (Hočevnar, 1996: 103).....                                                                                                                                        | 19 |
| Slika 5: Vpenjanje satelitsko skaniranih podatkov s prerazporejanjem slikovnih elementov v kartografsko mrežo (Tretjak in Šabić, 1996: 181).....                                                                                                                                               | 22 |
| Slika 6: Frekvenčna porazdelitev vrednosti posamičnih slikovnih elementov prvega kanala Landsat ETM 1 iz leta 2000. Vrednosti 0 pripadajo ozadju posnetka.....                                                                                                                                 | 23 |
| Slika 7: Frekvenčna razporeditev števila posamičnih slikovnih elementov prvega kanala Landsat 2000 ETM 1 po izboljšanju kontrasta.....                                                                                                                                                         | 24 |
| Slika 8: Primerjava kompozitnih slik, sestavljenih iz 1, 2 in 3 kanala satelitskega posnetka Landsat TM z izboljšanim kontrastom (levo) in brez (desno).....                                                                                                                                   | 24 |
| Slika 9: Primerjava kompozitnih slik RGB 321 (levo) in RGB 432 (Landsat ETM, 2000).....                                                                                                                                                                                                        | 26 |
| Slika 10: Primerjava slik RGB 453 (levo) in RGB 743 (Landsat ETM, 2000).....                                                                                                                                                                                                                   | 26 |
| Slika 11: Karta rabe tal (MKGP, 2002) na opazovanem območju.....                                                                                                                                                                                                                               | 31 |
| Slika 12: Zaraščajoče površine (po podatkih iz karte rabe tal) na podlagi IRS posnetka Indijskega satelita na območju Loške doline z okolico.....                                                                                                                                              | 32 |
| Slika 13: Slika RGB-NDVI na območju Loške doline z okolico.....                                                                                                                                                                                                                                | 34 |
| Slika 14: Primerjava prvotne (levo) in filtrirane (desno) slike RGB-NDVI za območje Loške doline med letoma 1992 in 2005.....                                                                                                                                                                  | 36 |
| Slika 15: Kompozitna slika Loške doline z okolico, sestavljena iz 3, 5 in 4 kanala satelitskega posnetka Landsat ETM iz leta 2000.....                                                                                                                                                         | 41 |
| Slika 16: Fotografija Loške doline iz južnega roba. Ekstenzivni travnik s površino 1,1 ha je označen z belo barvo.....                                                                                                                                                                         | 45 |
| Slika 17: Pogled na Retje (Loški potok) s kmetijskimi površinami na dnu polja in zaraščajočimi pašniki na pobočjih.....                                                                                                                                                                        | 47 |
| Slika 18: Kraška planota Babno polje (pogled iz naselja).....                                                                                                                                                                                                                                  | 50 |
| Slika 19: Filtrirana slika RGB-NDVI Loške doline z okolico z 22 razredi.....                                                                                                                                                                                                                   | 60 |
| Slika 20: Zaraščajoči pašniki na območju Kramarce (Loški potok).....                                                                                                                                                                                                                           | 64 |
| Slika 21: Zasmrečeni gozdovi na robu Loške doline (ob vasi Nadlesk).....                                                                                                                                                                                                                       | 66 |
| Slika 22: Bukovi gozdovi na rastišču <i>Hacquetio-Fag. v. g. Ruscus hyp.</i> (GR 117) na območju Jermendola (Loška dolina), ki prevladujejo v 17. razredu.....                                                                                                                                 | 67 |
| Slika 23: Izsek iz slike RGB-NDVI na območju Loža in Podloža, na katero je položen TTN5.....                                                                                                                                                                                                   | 68 |
| Slika 24: Povprečne vrednosti in intervali standardnih odklonov za vegetacijska indeksa NDVI (a) in NDMI (b) na območju Loške doline leta 2000 in 2005, izračunani po posameznih skupinah rabe prostora in z radiometrično korekcijo podatkov (b).....                                         | 69 |
| Slika 25: Povprečne vrednosti in intervali standardnih odklonov za 4 in 5 kanal satelitskega posnetka Landsat TM na območju Loške doline leta 2005 (a) in 2000 (b), izračunani po posameznih skupinah rabe prostora in radiometrični korekciji podatkov.....                                   | 70 |

## KAZALO PRILOG

|                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Priloga A: Odstopanja in koordinate izbranih 20 točk pri satelitskem posnetku Landsat TM iz leta 1992 .....                            | 80 |
| Priloga B: Šifrant rabe zemljišč (MKGP 2002, Raba kmetijskih zemljišč) .....                                                           | 81 |
| Priloga C: Šifrant gozdnogospodarskih razredov za Območni enoti ZGS Postojna (male tiskane črke) in Kočevje (velike tiskane črke)..... | 82 |

## 1 UVOD

Gospodarjenje z gozdom kot enim najpomembnejših obnovljivih naravnih virov v Evropi že več kot stoletje temelji na načelu trajnosti; po tem načelu uporaba gozdnih virov ne sme presegati samoobnovljivih sposobnosti gozdnega ekosistema. Potrebne podatke, tako kartografske kot vsebinske, gozdarji že stoletja pridobivajo s periodičnimi meritvami (vsakih 10 let) in popisi na terenu. Čeprav je delo zamudno in drago, ga zaenkrat ne moremo nadomestiti z nobeno drugo tehniko. Pri tem si pomagamo z vzorčnimi tehnikami in metodami daljinskega pridobivanja podatkov (Hočevvar, 1996).

Do sedaj v slovenskem gozdarstvu niso v praksi uporabljali satelitskih posnetkov. Vzroki so bili: visoka cena za posnetke z veliko prostorsko ločljivostjo, na ravni gozdnogospodarskih enot je bila ločljivost dostopnih satelitskih posnetkov Landsat TM premajhna, obdelava satelitskih posnetkov v gozdni inventuri je zahtevala zahtevna programska orodja. Kakovost in s tem tudi ločljivost satelitskih posnetkov se nenehno izboljšuje, znižuje pa se tudi cena nakupa takih prostorskih podatkov. Pričakujemo lahko, da bodo postali tako pogosto uporabljeni in razširjeni pri operativnem delu gozdarskih strokovnjakov, kot so na primer danes letalski ortofoto posnetki in nam hkrati ponudili še več novih podatkov. S poletom ameriškega satelita Landsat 1 leta 1972 se je začelo obdobje sistematičnih multispektralnih digitalnih snemanj zemeljskega površja za civilno rabo. Prednost pred ortofoto posnetki je ravno v zajemanju multispektralnih podatkov o zemeljskem površju, saj nam podajajo vrednosti spektralnega odboja po posameznih spektralnih kanalih (v vidnem delu spektra, bližnjem in srednjem infrardečem delu, termalnem delu) analizirane površine. Nekateri kanali in kombinacije le teh namreč dobro izražajo stanje in spremembe v vegetaciji.

Satelitske posnetke so v gozdarstvu na Slovenskem uspešno uporabili za zaznavanje in napovedi zaraščanja, izdelavo preglednih tematskih kart rabe tal in prostorske razporeditve gozdne vegetacije. Analize zaraščanja so bile opravljene na območju Krasa (Hočevvar et al. 2004), kjer so pri obdelavi satelitskih posnetkov uporabili metode daljinskega zaznavanja, multitemporalne analize slik v okolju GIS in statistične regresijske modele. Kobler in sodelavci so s prostorskim regresijskim modelom izdelali napoved zaraščanja za naslednjih

20 let v občinah Postojna, Cerknica in Pivka, kjer so z numerično klasifikacijo posnetkov Landsat TM dosegli 82 % tematsko natančnost karte rabe prostora, gozdna in negozdna zemljišča pa so prikazali z 91 % natančnostjo (Kobler in sod. 2002). Analizo gozdnih robov so s pomočjo satelitskih slik opisovali v diplomskih delih Bojc (2004) in Češarek (2004) in v magistrskem delu Kobler (2001), opravljena pa je bila tudi analiza krajinskih tipov v Prekmurju (Hladnik, 2005).

## **2 NAMEN NALOGE**

Zanimalo nas je, ali je možno s satelitskimi posnetki Landsat TM oceniti spremembe pokrovnosti vegetacije in spremembe rabe prostora ter spremembe v sestojnih značilnostih na območju Loške doline, za katero so značilne pestra malopovršinska sestojna zgradba in malopovršinske prostorske spremembe.

V diplomski nalogi smo uporabili satelitske posnetke Landsat TM iz let 1992, 2000 in 2005 na območju Loške doline, Loškega Potoka, Babnega polja ter dela Blok in Cerknice. S pomočjo vegetacijskih indeksov (NDVI in NDMI) in karte rabe tal smo primerjali gozdne površine z ostalimi rabami prostora. Na podlagi sestojne karte smo iskali morebitne razlike tudi znotraj gozdnih sestojev. Tako smo preverjali uporabnost omenjenih vegetacijskih indeksov pri odkrivanju sprememb v gozdnem prostoru in s tem tudi samo uporabnost satelitskih posnetkov.

Postavili smo naslednje delovne hipoteze:

1. Površine kmetijskih zemljišč in gozdov v Loški dolini se razlikujejo od tistih v Loškem potoku.
2. Z vegetacijskimi indeksi NDVI ter NDMI je mogoče odkriti spremembe v pokrovnosti in rabi prostora v zadnjem desetletnem obdobju.
3. Na podlagi razlik v vegetacijskih indeksih je mogoče razlikovati kmetijske in gozdne površine ter tudi nekatere gospodarske razrede in sestojne tipe v gozdovih.

### 3 MATERIAL IN METODE

#### 3.1 PREDSTAVITEV OBJEKTOV - LOŠKA DOLINA Z OKOLICO

Loška dolina leži na jugu Slovenije sredi notranjskih kraških gozdov. Na južni strani se nad njo dviguje mrzlo Babno polje, na zahodni se razprostira znamenita Cerkljiška kotlina, na severni planota Bloke in na vzhodni Loški Potok. Kraška polja in planote povezuje gozdna matica, ki odlikuje ta konec Slovenije in skupaj s kočevskim in hrvaškim delom predstavlja eno večjih in najbolj ohranjenih gozdnih površin v Evropi. Na sliki 1 je označen izsek iz satelitskih posnetkov, ki na območju Slovenije pokriva 37.137 ha.



Slika 1: Raziskovalno območje Loške doline na pregledni karti Slovenije, izdelani iz satelitskih posnetkov Landsat ETM iz leta 2000. Označene so meje gozdnogospodarskih območij Slovenije (Vir podatkov: Global Land Cover Facility, U.S. Geological Survey; Zavod za gozdove Slovenije).



Slika 2: Analizirano območje satelitskih posnetkov Loške doline z okolico (kompozitna slika, sestavljena iz 1, 2 in 3 kanala satelitskega posnetka Landsat ETM iz leta 2000)

Na izseku iz satelitskega posnetka vidimo v sredini Loško dolino. Na jugu je planota Babno polje, ki se nadaljuje na Hrvaško (državna meja je označena vijolično). Na desni strani posnetka se nahaja Loški Potok z lepo vidnim počasnim napredovanjem gozda v severnem in vzhodnem delu. Na vrhu se razteza Bloška planota, kjer je kot križišče vidna Nova vas, v desnem zgornjem kotu pa Sodražica. V zgornjem levem vogalu je viden del cerkniške kotline, kjer so jezerske površine modrikasto obarvane. Barve so naravnim podobne, naselja in ceste so obarvana belo, travniki svetlo zeleno in gozdovi temno zeleno.

### **3.1.1 Geografske značilnosti Loške doline**

Po vseh naravnih značilnostih spada Loška dolina med tipična kraška polja, vendar se po legi, obliki, vodnih razmerah pa tudi po gospodarski rabi precej razlikuje od sosednjih kraških polj v porečju Ljubljanice. Loška dolina je z vseh strani z gozdom zaprta kraška globel s precej ravnim, deloma poplavnim dnom. Sosednja naseljena območja so kraške planote Blok na severu, Loški Potok na vzhodu, Babno polje na jugovzhodu, na zahodu pa jo od Cerknjske kotline loči gričevnata pregrada. Odprt in precej raven travnat in njivski svet sredi gozdov in gora se razteza v nadmorski višini med 570 in 590 m ter meri največ 6 km po dolgem in 4 km počez. Obrobajo ga strmi, z gozdovi in grmovjem porasli bregovi, ki se na vzhodni strani povzpnejo v vrhove od 800 do 1200 m, južni pogled zaznamuje najvišji vrh v Dinaridih - Notranjski Snežnik (1796m), od juga do zahoda pa se razteza mogočni Snežniško – Javorniški masiv (Habič, 1977).

### **3.1.2 Geološka podlaga, relief in tla**

Za nastanek in razvoj Loškega polja je podobno kot na sosednjem Cerknjskem in Planinskem polju odločilnega pomena geološka zgradba oziroma razporeditev manj prepustnega dolomita in bolj zakraselih apnencev. Ti dve različno odporni in prepustni kamenini se na Loškem polju stikata ob velikem narivu. Vzhodni del polja in obrobje je zgrajeno iz jurskih apnencev in na njih je zlasti višje kraško površje precej bolj razčlenjeno kot na dolomitu. Na obliko površja, vodne razmere ter naselitev pa je vplival tudi pas jurskega dolomita. Na dolomitni podlagi se je kljub tanki plasti prsti razvila sklenjena travna odeja, zato po dolomitnih bregovih prevladujejo travniki in pašniki. Na ravnini in v kraških globelih je na dolomitu debelejša plast rjave prsti, zato v teh predelih prevladujejo njive. Dolomit v osrednjem delu polja pa ima poleg ugodnejše kmetijske površine tudi pomembno hidrološko vlogo, saj sili vse kraške vode iz vzhodnega apnenčevega obrobja, da se prelijejo na površje. Površinske reke tečejo čez dolomit in poniknejo v apnencih zahodno od omenjenega nariva. Požiralniki pri Danah so nastali v apnencih, ki grade Snežnik in Javornike ter vse zahodno in južno obrobje Cerknjskega polja, kamor se prelivajo vode iz Loške doline. Okoliški gozdovi skrivajo številna kraška brezna in jame, med katerimi je najbolj znamenita Križna jama.

Za gozdove visokega krasa je značilen razgiban relief z vrtačami, kraškimi dolinami in grebeni. Značilna je propustna geološka podlaga, kjer prevladujejo apnenci in je podvržena intenzivnemu zakrasevanju. Padavine ne odteka po površju, ampak pronica skozi tla v kraško podzemlje in prihajajo na površje ob stiku apnenca z nepropustno geološko podlago (Gozdnogospodarski načrt Javorje, 1997).

### 3.1.3 Vodne razmere

V vzhodnem delu polja od Starega trga, Nadleska in Kozarišč do Vrhlike in Podgore je na široko uravnana skalna podlaga v višini med 580 in 590 m, ki je prekrita s plitvo, rdečorjavo peščeno prstjo. V to površino so zarezali površinski tokovi Malega in Velikega Obrha ter Loškega in Viševskega Bržička ozke doline. Med kraškimi izviri je največji in edini res stalni izvir Veliki obrh pri Vrhlike ob vznožju Racne gore. Ob najnižjih vodah ima pretok okrog 200 l/s vode in je bil do nedavnega najpomembnejši rezervoar pitne vode za dolino. Ob visokih vodah se preliva na Loško polje iz podzemlja Racne gore do 30 m<sup>3</sup>/s vode, del visokih voda pa dobi Obrh tudi iz občasnih bruhalnikov pri Vrbanju in Suhadolci. Ob velikem Obrhu je nekdanje delovalo več žag in mlinov, ki pa so večinoma opuščeni (Habič, 1977).

Drugi izvir po velikosti je Mali Obrh, ki daje ob visokih vodah do 20 m<sup>3</sup>/s vode, ob nizkih vodah pa kmalu povsem presahne in ima zato zanimivo floro in favno. Njegovo kraško zaledje naj bi bilo predvsem v Snežniku, od koder pa se očitno vode odteka mimo Loškega polja proti Cerkniškemu in Planinskemu polju. V Loško dolino se prelivajo iz Snežnika le visoke vode, ki ne morejo odteči po podzemskih kanalih mimo polja. Združeni Obrh je eden izmed sedmih pritokov Ljubljanice. Reka, ki jo poznamo pod imenom Ljubljanica, se ne pričenja pri Vrhlike, ampak mnogo prej, saj se prvi povirni krak začne že v hrvaškem Prezidu, drugi pa v Pivški kotlini pod Snežnikom.

Vzhodni višji del doline sega nad poplavno območje zahodnega dela, ki je predvsem v obdobju povečanih spomladanskih in jesenskih padavin pogosto poplavljen. Bolj kot pomanjkanje vode ob suši, povzročajo težave v Loški dolini poplave. Združeni Obrh izgublja vodo že v strugi, preden doseže glavne požiralnike v ravnici pod Danami in

ponorno jamo Golobino v severozahodnem kotu polja. Pri nizkih vodah se že vsa voda izgubi v strugi in zanimivo je, da se ne pojavi v izviri na Cerkniskem polju kot sicer ob srednjih in višjih vodah, temveč odteka po vsej verjetnosti pod Cerkniskim poljem ali ob njem neposredno v izvire Bistre in Ljubljanice. Pri višjih vodah požiralniki v strugah ne zmorejo vseh voda Obrha in ta se razlije iz struge, zalije travnike in odteka po številnih rovih v dnu ter skozi jamo Golobino na obrobju. Votline niso dovolj velike za odvajanje vseh kraških voda, ki se stekajo v Loško dolino, zato nastanejo ob ponornih tudi do 10m visoke poplave, ki ogrožajo bližnja naselja (Habič, 1977). Celotno področje ima premalo cenjeno hidrološko vlogo, ki je ohranjena predvsem na površinah pokritih z gozdom.

### **3.1.4 Podnebje**

Kot za večino naših kraških predelov so tudi za Loško dolino značilne velike razlike v količini vode med sušnimi in mokrimi obdobji v teku leta, pa tudi med sušnimi in mokrimi leti. Te razlike so odvisne predvsem od podnebnih, zlasti padavinskih razmer, saj kraške vode razmeroma hitro odtečejo z visokih planot. Edino sneg v zimskem času zadržuje odtekanje in zlasti spomladi preprečuje prezgodnje presihanje. Za podnebje Loške doline sta odločilna predvsem lega na notranji strani dinarske gozdne pregraje, ki zavira vplive Sredozemskega morja in pa kotlinski značaj doline, v kateri je pogost toplotni obrat.

Klima ima vse značilnosti zmerne kontinentalne klime z mrzlimi zimami in ne prevročimi poletji. Najnižja temperatura se pozimi lahko spusti do  $-30^{\circ}\text{C}$ , poleti pa se ozračje segreje do  $+36^{\circ}\text{C}$  Celzija. Na sosednjem Babnem polju so namerili najnižjo temperaturo v Sloveniji in zato upravičeno velja za »slovensko sibirijo«. Povprečno na leto ima Loška dolina 1500 do 1600 mm padavin, razlike v letih pa so precejšnje. Bolj namočeno je višje kraško obrobje, saj imata Mašun in Leskova dolina nad 2000 mm padavin, najvišji predeli okrog Snežnika pa prejmejo celo nad 3000 mm padavin. Znatne razlike so tudi v višini in trajanju snežne odeje, že v primerjavi s Cerknico, zlasti pa s Postojno. V primerjavi z visokim kraškim obrobjem in Snežnikom pa je Loška dolina prava oaza in je spomladi že vsa zelena, ko leži po okoliških gorah še vedno več kot meter debela snežna odeja (Habič, 1977).

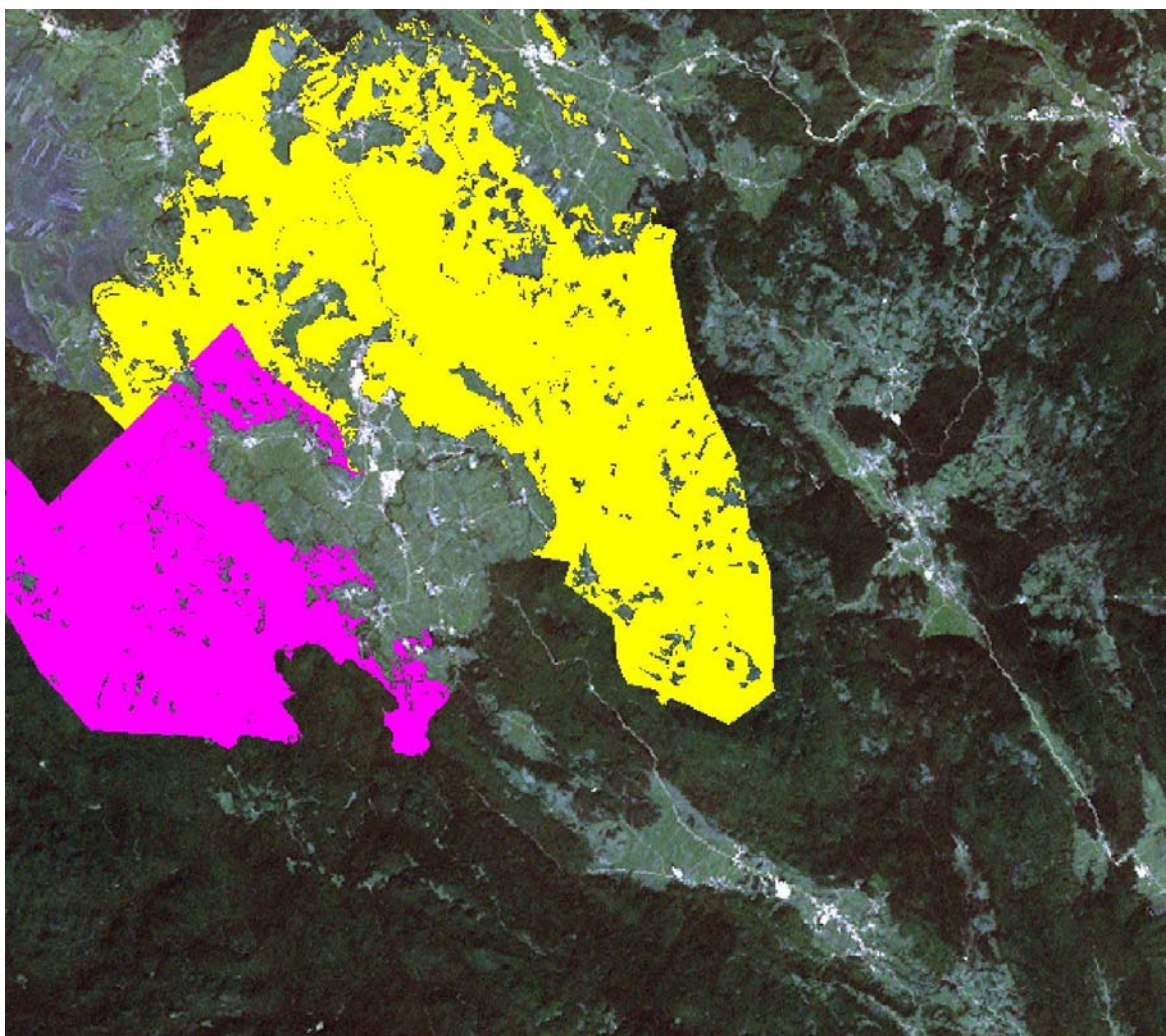
Na območju celotnega Snežniško-Javorniškega pogorja naletimo na izredno raznolike podnebne razmere. Te so posledica prisotnosti treh različnih podnebnih tipov, ki s svojimi značilnostmi oblikujejo tukajšnje podnebje. Zimski maksimum padavin je značilen za sredozemski podnebni tip, medtem ko sta poletni in zimski maksimum padavin značilnost celinskega podnebnega tipa. Tretji podnebni tip je atlantski, ki ima enakomerno razporejene padavine čez celo leto (Gozdnogospodarski načrt ..., 1997).

### **3.1.5 Raba prostora v preteklosti**

V pretežnem delu Loške doline je človek že zgodaj skrčil gozd in si uredil njive, travnike in pašnike. Človek je bil v Loški dolini skozi stoletja in tisočletja vezan na kmetijsko površino na dnu polja in na bogate obrobne gozdove. V teh krajih se je že zgodaj naselil, kot pričajo ostanki iz starejše železne in kasneje bronaste dobe. V dolini je gospodaril z zemljo in vodo in se preživljal z delom v gozdovih. Dolga stoletja so domačini obdelovali zemljo in delali v gozdu za loške gospode v starem gradu nad Ložem, pozneje pa v gradu Snežniku. Loška dolina je bila predvsem zaradi dobre zemlje v osrednjem delu polja gosto naseljena, v čemer se to kraško polje precej loči od Cerknškega in zlasti Planinskega, kjer so naselja postavljena le na obrobje. Stare vasi so strnjene in enakomerno razporejene po osrednjih višjih ravninah kot Viševak, Pudob in Iga vas, ali pa so pomaknjena bolj na obrobje. Nekaj zaselkov in vasi je razporejenih tudi višje po obrobju doline, na ugodnejših dolomitnih tleh, kot so Vrh, Babna polica, Poljane in Knežja njiva. Edino zahodno obrobje polja ni naseljeno, ker je najbolj izpostavljeno poplavam. Strnjene obcestne vasi, v katerih so domovi postavljeni največkrat pravokotno na cesto, so obdane z vseh strani z njivami in travniki. Takšna pravilna razporeditev naselij in domov daje Loški dolini videz urejenosti in skladne izrabe celotnega razpoložljivega prostora. Slaba lastnost obstoječe delitve površin pa je velika razparceliranost tako kmetijskih površin, kot gozdov. Razvoj industrije po drugi svetovni vojni je ob upadanju kmetijstva, zaviral odseljevanje (Habič, 1977).

### 3.1.6 Gozdovi

Gozd predstavlja matico analiziranega območja. Tu so gozdovi mogočnega Snežniško-Javorniškega masiva, Slivniški gozdovi, ki se nadaljujejo proti Rakitni in gozdovi Racne gore, ki se stikajo s Kočevsko-ribniškim kompleksom. Analizirano območje vsebuje kar 14 delov gozdnogospodarskih enot (GE) iz Postojnskega in Kočevskega gozdnogospodarskega območja (GO). Uvodno predstavitev gozdov smo iz gozdnogospodarskih načrtov (GGN) povzeli po dveh gozdnogospodarskih enotah in sicer GE Javorje in GE Racna gora-Križna gora, ki zajemata dobršen del območja raziskave in dobro predstavljata tudi ostale gozdove.



Slika 3: Območje gozdov GE Javorja (vijolično) in GE Racne gore (rumeno)

### 3.1.6.1 Zgodovina gospodarjenja

Stoletja nazaj gozdovi niso imeli večjega gospodarskega pomena. Trpeli so posledice ekstenzivnega pašnega gospodarjenja, nabiranja kresilne gobe in oglarjenja. V lažje dostopnih gozdnih predelih je imelo namreč tukajšnje prebivalstvo služnostne (servitutne) pravice od paše, drv itd. Gospodarski pomen lesa se je močno dvignil z odprtjem južne železnice sredi preteklega stoletja. V tem obdobju (leta 1859) je prišlo do odprave služnostnih pravic. Tako so domačini dobili v trajno last gozdne in druge površine v bližini naselij. Del gozda so kmetje skrčili za pašo (Habič, 1977).

Gozdovi so bili med obema vojnama razdeljeni med dve državi. Nekateri lastniki so zaradi bojazni pred izgubo tega gozda posekali ves uporaben tehnični les. Zaradi odsotnosti lastnikov pa so tudi Italijani izvajali močne sečnje. V prvih povojnih letih so gozdovi občutili pritisk planskih sečenj in potreb po obnovi porušениh domov. Te sečnje so bile bolj ali manj enakomerne in manj intenzivne kot drugod in niso pustile večjih posledic.

### 3.1.6.2 Živalski svet

Živalski svet v teh gozdovih je zelo pester. Skupaj s kočevskim kompleksom predstavlja pomemben dom za večje sesalce (npr. medveda, volka, risa, jelenjad, srnjad, divje prašiče, gamse, lisice), pa tudi za manjše (veliko podlasico, poljskega zajca, polha, veliko vrst netopirjev itd.). Že samo gozdna ptičja populacija je zelo pestra, naj omenim samo nekatere: gozdni jereb, divji petelin, veliki kljunač, kozica, duplar, divja grlica, sršenar, skobec, kanja, planinski orel, sokol selec, navadna postovka, pegasta sova, krokar, kavka, velika uharica, koconogi čuk, veliki skovik itd. Skupaj s poplavnimi ravnicami kraških polj in gozdnimi robovi predstavljajo enkratno zatočišče za veliko ptic selivk, dvoživk, žuželk in ostalih živali. S stališča zagotavljanja trajnosti razvoja gozdov in vseh njegovih funkcij je potrebno ohranjanje ravnovesja med živalsko komponento gozdnega ekosistema in prehranitveno kapaciteto okolja (Gozdnogospodarski načrt..., 1997).

### 3.1.6.3 Opis GE Javorje

V GE Javorje so z gozdnogospodarskim načrtovanjem začeli leta 1954. Ureditev gozdov je bila izvedena ločeno za družbene in zasebne gozdove. To je hkrati pomenilo začetek urejanja zasebnih gozdov v Sloveniji. Za vsakega lastnika so vodili kartoteko za vsako prostorsko ločeno parcelo. Iz kartoteke je bila razvidna površina, parcelna številka, število dreves in lesna zaloga skupaj ter na hektar. Izpisan je bil predviden desetletni posek za iglavce in listavce, obstajala pa je tudi evidenca sečenj in gojitvenih del (Gozdnogospodarski načrt ..., 1997).

Gozdove v enoti lahko delimo v tri značilne skupine. Osrednje in višje predele enote predstavljajo jelovo – bukovi gozdovi. Nižje nadmorske višine pokrivajo bukovi sestoji, ki jih posamično najdemo tudi v višjih legah enote, pobočje zraven nižin pa pokrivajo sestoji iglavcev.

**Preglednica 1: Pregled gozdnih združb v GE Javorje (Gozdnogospodarski načrt ..., 1997).**

| Gozdna združba                               | Površina (ha) | Delež (%) |
|----------------------------------------------|---------------|-----------|
| <i>Hacquetio – Fagetum</i>                   | 1.277,21      | 49,57     |
| <i>Abieti – Fagetum din. mercurialetosum</i> | 693,36        | 26,91     |
| <i>Abieti – Fagetum din. omphalodetosum</i>  | 555,51        | 21,56     |
| <i>Abieti – Fagetum din. homogyetosum</i>    | 36,65         | 1,42      |
| <i>Abieti – Fagetum din. hacquetietosum</i>  | 14,05         | 0,54      |

V GE Javorje največji delež zavzema gozdna združba dinarskega jelovo – bukovega gozda in to z dvema subasociacijama, dinarskim jelovo – bukovim gozdom s trpežnim golšcem in dinarskim jelovo – bukovim gozdom s pomladansko torilnico. V povsem ohranjenih gozdovih naj bi delež jelke v lesni zalogi znašal od 25 % - 50 %, bukve od 50 % - 70 %, plemenitih listavcev 1 % - 5 %, medtem ko so ostale vrste (tudi smreka) prisotne s posameznimi drevesi. Dejansko so gozdovi v GE Javorje relativno dobro ohranjeni, izmenjan je le manjši del smrekovih nasadov. Poleg tega je spremenjen del gozdov, ki so v preteklosti izoblikovali čiste jelove sestoje, vendar se sedaj v te sestoje intenzivno vraščajo listavci.

Drugo polovico gozdov v GE Javorje zavzema predgorski bukov gozd (*Hacquetio – Fagetum*), ki se pojavlja v pasu 600 – 800m nadmorske višine. V tem gozdu je po naravi delež bukve v lesni zalogi čez 90 %, sledijo plemeniti listavci in ostale drevesne vrste. Smreka tu po naravi ni prisotna. Znatni delež gozdov na tem rastišču je izmenjan, saj so to smrekovi sestoji, nastali s sadnjo smreke in zaraščanjem opuščanih pašnikov.

Večino gozdov v GE Javorje je večnamenskih, 1,2 % pa se jih nahaja v Krajinskem parku Snežnik. Ocenjujejo, da je manj kot 5 % opuščanih kmetijskih zemljišč, gozdnatost enote znaša 74,6 %. Prevladujejo zasebni gozdovi s 82,3 %, povprečna velikost zasebne posesti pa je 0,51 ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 1997).

**Preglednica 2: Površina gospodarskih razredov v GE Javorje (Gozdnogospodarski načrt..., 1997).**

| <b>GOSPODARSKI RAZRED</b>                                               | Površina (ha) | Delež (%) |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| Jelovi sestoji na rastišču <i>Abieti – Fagetum din. omphalodetosum</i>  | 241,89        | 7,0       |
| Jelovi sestoji na rastišču <i>Abieti – Fagetum din. mercurialetosum</i> | 653,88        | 18,8      |
| Bukovi sestoji na rastišču <i>Hacquetio - Fagetum</i>                   | 675,58        | 19,6      |
| Mešani sestoji na rastišču <i>Abieti – Fagetum din. omphalodetosum</i>  | 437,71        | 12,7      |
| Sestoji iglavcev na rastišču <i>Hacquetio - Fagetum</i>                 | 642,05        | 18,6      |
| Krajinski park                                                          | 31,43         | 0,9       |
| Negozdna zemljišča                                                      | 772,49        | 22,4      |
| <b>SKUPAJ</b>                                                           | 3455,03       | 100,0     |

#### 3.1.6.4 Kratek opis GE Racna gora – Križna gora

Gozdnogospodarska enota (GE) Racna gora – Križna gora zajema gozdove bivše GE Racna gora in GE Križna gora, ki ležijo v občinah Loška dolina, Cerknica in Bloke. Pokriva pogorje Racne gore ter značilen valovit kraški teren, vse od Bloške planote pa do Cerkniskega jezera. Najvišji je Petelinov vrh (1212 m), odkoder se pobočja spuščajo vse do 550 m nadmorske višine. Matično kamnino pretežno sestavlja apnenec kredne in jurske formacije, precejšen delež je tudi dolomita, sicer pa je podlaga precej pestra. Gozdnatost znaša 67 %.

V enoti je večina večnamenskih gozdov (98,7 %), vsebuje pa še gozdove s posebnim namenom (1,1 %) in gozdni rezervat (0,2 %). Večina gozdov je v zasebni lasti (88,5 %), gozdov pravnih oseb je 5,0 %, 11,5 % pa jih je v državni lasti. 52,3 % posestnikov ima parcele velike do 1 ha, povprečna velikost posesti pa je 1,92 ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 1999).

**Preglednica 3: Površina gospodarskih razredov v GE Racna gora – Križna gora (GGN ..., 1999: 50).**

| <b>GOSPODARSKI RAZRED</b>                                            | <b>Površina (ha)</b> | <b>Delež (%)</b> |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|
| Gozdni rezervati v ostalih gozdovih                                  | 12,38                | 0,2              |
| Gozdovi za ostale naloge                                             | 57,67                | 1,1              |
| Bukovi gozdovi na rastišču <i>Hacquetio - Fagetum</i>                | 1419,97              | 26,7             |
| Bukovi gozdovi na rastišču <i>Ostryo - Fagetum</i>                   | 285,72               | 5,4              |
| Gozdovi termofilnih listavcev na rastišču <i>Ostryo - Fraxinetum</i> | 483,13               | 9,1              |
| Mešani in raznomerni gozdovi na <i>Clematido - Abietetum</i>         | 236,51               | 4,5              |
| Mešani in raznomerni gozdovi na <i>A. – F. din. mercurialetosum</i>  | 1031,77              | 19,4             |
| Gozdovi rdečega bora na rastišču <i>Hacquetio - Fagetum</i>          | 788,8                | 14,8             |
| Mešani gozdovi na rastišču <i>A. – F. din. omphalodetosum</i>        | 996,7                | 18,8             |
| <b>SKUPAJ</b>                                                        | 5312,65              | 100,0            |

### 3.1.6.5 Opis gozdnih združb (GE Racna gora – Križna gora)

Za predstavitev značilnosti gozdov v tem delu smo povzeli opise združb iz GGN Racna gora – Križna gora za obdobje 1999–2008. Za razliko od GE Javorje gre tu tudi za bolj termofilna rastišča, vendar zajema tudi ostala, podobna rastišča.

**Preglednica 4: Površina in delež gozdnih združb v GE Racna gora – Križna gora (GGN načrt ..., 1999: 9)**

| GOZDNA ZDRUŽBA                               | Površina (ha)  | Delež (%)  | R <sub>k</sub> (m <sup>3</sup> /ha)* |
|----------------------------------------------|----------------|------------|--------------------------------------|
| <i>Hacquetio – Fagetum</i>                   | 2186,39        | 41,2       | 9                                    |
| <i>Abieti - Fagetum din. omphalodetosum</i>  | 949,78         | 17,9       | 10                                   |
| <i>Abieti – Fagetum din. mercurialetosum</i> | 906,83         | 17,1       | 7                                    |
| <i>Abieti – Fagetum din. hacquetietosum</i>  | 135,42         | 2,5        | 10                                   |
| <i>Abieti – Fagetum din. homogynetosum</i>   | 13,02          | 0,2        | 8                                    |
| <i>Clematido – Abietetum</i>                 | 243,98         | 4,6        | 10                                   |
| <i>Ostryo - Fagetum</i>                      | 463,71         | 8,7        | 5                                    |
| <i>Ostryo - Fraxinetum</i>                   | 398,09         | 7,5        | 3                                    |
| <i>Neckero – Abietetum</i>                   | 15,39          | 0,3        | 7                                    |
| <b>SKUPAJ</b>                                | <b>5312,61</b> | <b>100</b> | <b>8,4</b>                           |

\* R<sub>k</sub> je rastiščni koeficient (po Koširju) in z njim ocenjujemo povprečno proizvodno sposobnost rastišč.

#### 3.1.6.5.1 Predgorski bukov gozd (*Hacquetio – Fagetum*)

Združba se razprostira v celinskem delu, v višinskem pasu med 500 in 800 m. Tla so srednje globoka rjava gozdna tla, matična kamenina pa je dolomitiziran apnenec in dolomit. Ker združba zavzema nižinski pas in reliefno ugodnejše terene, so bili ti gozdovi pod močnim vplivom človeka. Na velikih površinah so bili povsem izkrčeni, površine pa so služile kot travniki in pašniki. Na rastišču *Hacquetio – Fagetum* najdemo poleg bukovega gozda celo paleto različnih razvojnih stopenj vegetacije. Vsaka od njih kaže na specifične ekološke razmere, ki jo pogojujejo in določajo njen razvoj.

Bukev se dobro pomlajuje, prav tako javor in smreka, ki pa pozneje zaradi dominantne vloge bukve ne prideta do izraza, če jima v fazi mladovja ne pomagamo. V zeliščnem sloju so obilno zastopane tipične vrste združbe *Hacquetio – Fagetum*, ki kažejo na ugodne vlažnostne razmere v tleh, ugodno obliko humusa in na dobro preskrbljenost tal z mineralnimi hranili.

#### 3.1.6.5.2 Dinarski gozd jelke in bukve s spomladansko torilnico (*Abieti – Fagetum din. omphalodetosum*)

Subasociacija porašča položnejša pobočja in platoje visokega krasa v razmeroma širokem višinskem pasu od 650 – 1250m. Pojavlja se na apnencu, na srednje globokih in globokih pokarbonatnih rjavih tleh., kamnitost je majhna. Rastišče te subasociacije spada med najplodnejša gozdna rastišča. Zeliščni sloj je srednje obilen. Značilnica v zeliščnem sloju je spomladanska torilnica (*Omphalodes verna*). Gozdovi so raznomerni, s prevladujočim deležem jelke.

#### 3.1.6.5.3 Dinarski gozd jelke in bukve z golšcem (*Abieti – Fagetum din. mercurialetosum*)

Najdemo jo v višinskem pasu od 750 – 1200 m in se fragmentirano prepleta z ostalimi subasociacijami *Abieti – Fagetum din.* Porašča strmejša, toplejša, karbonatna pobočja, kjer se tla ne morejo povsem ustaliti in razviti. V najbolj tipični obliki je razvita na južno eksponiranih pobočjih z lahko drobljivim matičnim substratom. Zeliščni sloj je skromno razvit, v njem pa prevladuje trpežni golšec (*Mercurialis perennis*). V grmovnem se pojavlja kranjska krhlika (*Rhamnus fallax*). Ker je zaradi plitvejših tal in večje skalovitosti sadnja smreke težja, sušna rastišča pa zanjo niso ugodna, je predvidevati, da bo delež listavcev na teh rastiščih v prihodnje narasel in bo na teh površinah njihov delež največji.

#### 3.1.6.5.4 Jelov gozd s srobotom (*Clematido – Abietetum*)

Subasociacija zavzema skrajni spodnji pas jelovo – bukovih gozdov v nadmorski višini 550 – 700 m. Prevladujejo precej skalovita, pokarbonatna rjava tla z apnenčasto matično kamenino. Združba ima ime po divjem srobotu (*Clematis vitalba*), ki je po vsem arealu subasociacije obilno prisoten. Ta združba je izredno bogata po zeliščnem in grmovnem sloju, ki pa igra pomembno vlogo pri naravno obnovi in jo pogosto upočasni. Na rastišču te subasociacije prevladujejo pretežno jelovi sestoji.

#### 3.1.6.5.5 Jelovo bukov gozd s tevjem (*Abieti – Fagetum din. hacquetietosum*)

Subasociacija se pojavlja v nadmorskih višinah od 600 – 1000 m. Pojavlja se na blago nagnjenih pobočjih z apneno ali delno dolomitizirano matično podlago. Prevladujejo plitva in srednje globoka pokarbonatna rjava gozdna tla. V drevesni sestavi je jelki primešan znaten delež smreke in bukve.

#### 3.1.6.5.6 Gozd bukve in gabrovca (*Ostryo – Fagetum*)

V sestojih prevladuje bukev, ki pa so ji posamično do šopasto primešani še črni gaber, beli gaber, mali jesen in mokovec. Subasociacijo najdemo na pretežno dolomitni matični podlagi. Razširjena je na južnih in jugozahodnih toplejših in sušnih pobočjih. Značilna so plitva rjava gozdna tla, mestoma rendzine

#### 3.1.6.5.7 Gozd gabrovca in malega jesena (*Ostryo – Fraxinetum*)

Subasociacijo najdemo na skalovitih, južno eksponiranih pobočjih do nadmorske višine 800 m. Pojavlja se na apnenčasti in dolomitni podlagi. Prevladujoč tip tal so rendzine, ki mestoma prehajajo v plitva rjava gozdna tla. Značilna je precejšnja kamnitost. V drevesni sestavi so črnemu gabru in malemu jesenu primešani beli gaber, cer in mokovec.

### 3.2 SATELITSKI SISTEM LANDSAT TM

V začetku sedemdesetih let so ruski in ameriški astronauti s kamerami naredili prve posnetke zemeljskega površja. Sledile so številne izstrelitve vesoljskih plovil, ki so bila opremljena z različnimi kamerami visoke prostorske resolucije. Od začetka devetdesetih let so za civilno uporabo na voljo posnetki, narejeni s prostorsko ločljivostjo 2-5 m (Hočevvar, 1996). Za analizo stanja vegetacije so najbolj primerni sateliti, ki so opremljeni s kamerami za multispektralno snemanje, pa čeprav z manjšo ločljivostjo. Multispektralno pomeni, da snemajo isto področje v več različnih spektralnih kanalih – vidnem, infrardečem (bližnji, srednji, daljni IR), termalnem itd. V posameznih kanalih namreč lahko odkrivamo značilnosti različnih vrst vegetacije, vsebnosti vode, površine listov itd., kar potem izkoristimo pri analizi. Ameriški satelitski sistem Landsat TM se odlikuje predvsem po 7 spektralnih kanalih in dostopni ceni njegovih posnetkov. Prvi satelit Landsat 1 (MMS) je poletel leta 1972, elektromehanična tipala (Thematic Mapper – TM) pa je vseboval že satelit Landsat 2. Ločljivost je 30 m – se pravi 1 slikovni element zajema površino 30x30m oz. 0,09 ha. Izjema je le termalni IR kanal, ki ima ločljivost 120 m, vendar pa ga nismo uporabili pri naši analizi.

**Preglednica 5: Osnovne značilnosti uporabljenih satelitskih posnetkov sistemov Landsat ter IRS**

| Sistem daljinskega zaznavanja | Landsat TM 5       | Landsat ETM 7      | Landsat TM 5       | IRS          |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| Vrsta tipal                   | TM                 | ETM+*              | TM                 | IRS-1C       |
| Zaznavna resolucija           | 30 m (vidni in IR) | 15 m (PAN)         | 30 m (vidni in IR) | 5 m          |
|                               | 120 m (term. IR)   | 30 m (vidni in IR) | 120 m (term. IR)   |              |
|                               |                    | 120 m (term. IR)   |                    |              |
| Datum snemanja                | 28. 8. 1992        | 10. 09. 2000       | 30. 7. 2005        | 25. 10. 1997 |

\* Izpopolnena različica Landsat 7 ETM+ razpolaga z dodanim pankromatskim kanalom s 15 metrsko ločljivostjo termalnega IR kanala (60m) in boljšo kalibracijo senzorjev.

Posnetki zajamejo od 0,45  $\mu\text{m}$  do 12,5  $\mu\text{m}$  spektralnega obsega in podajajo 7 kanalov – 3 vidne, bližnjega IR, 2 srednja IR in termalni kanal. Talna površina ene slike meri 34.000  $\text{km}^2$  in ima 16 dnevno frekvenco ponovitve snemanj (Hočevvar, 1996).

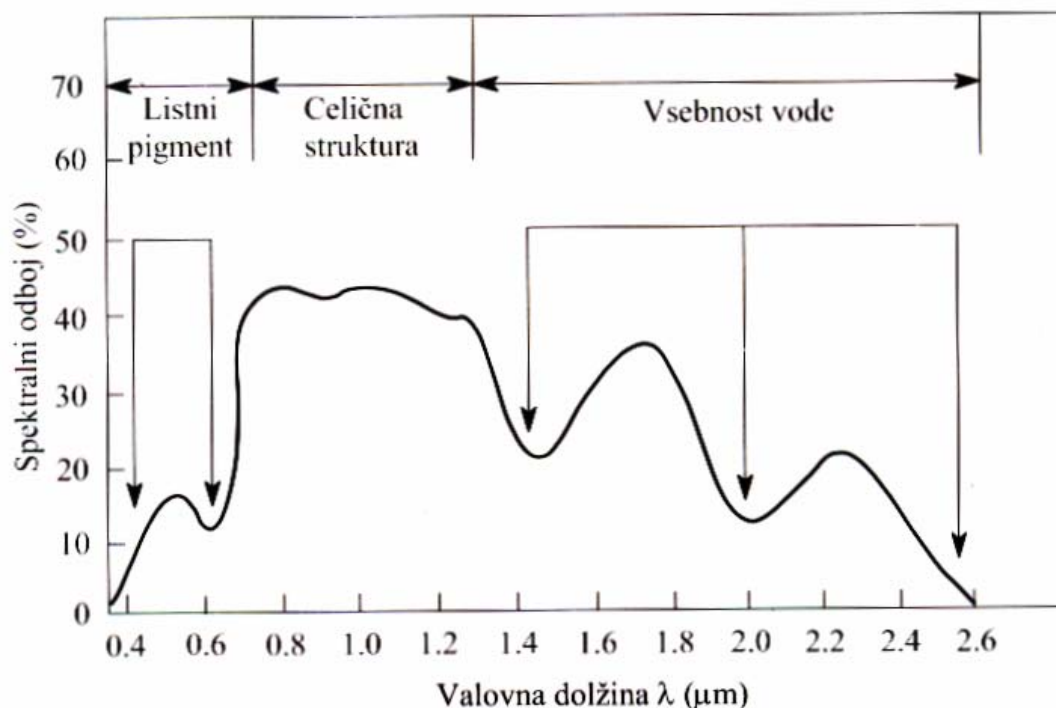
### 3.2 SPEKTRALNE ZNAČILNOSTI OBJEKTOV IN VEGETACIJE

Daljinsko zaznavanje nam omogoča pridobivanje podatkov in informacij o objektih in pojavih brez neposrednega stika z njimi, temveč prek odbitega, oddanega, absorbiranega ali prepuščenega elektromagnetnega valovanja. Iz informacij, ki jih dobimo v več delih elektromagnetnega spektra, sklepamo, kakšna so tla, oblaki itd. Razlike v intenziteti sevanja od različnih objektov so podlaga za njihovo razločevanje na satelitskem ali letalskem posnetku. Čim večje so razlike v sevanju, tem bolj kontrastna je slika. Kakovost posnetka je odvisna tudi od vrste snemalnega instrumenta in od prostorske resolucije zapisa (Rakovec in Hočevvar, 1996).

Vsak objekt v naravi ima svojo značilno razporeditev odbitega (reflektiranega), oddanega (emitiranega), vpitega (absorbiranega) in prepuščenega (transmitiranega) sevanja. Razlike glede na količino in spektralno razporeditev odbitega, prepuščenega in vpitega sevanja so podlaga za različno preslikovanje objektov na posnetkih. Pri določeni valovni dolžini ugotovljena spektralna vrednost je za neki objekt le povprečna vrednost, ki se spreminja v času in prostoru. Tako se npr. stalno spreminja spektralna porazdelitev odbojnosti oz. emisivnosti lista med njegovo vegetacijsko dobo. Spektralna porazdelitev je drugačna, če je list prizadet zaradi suše ali bolezni. Odboj ali lastno sevanje iste vrste listja je lahko precej drugačno tudi na različnih rastiščih, ki se razlikujejo po kakovosti in vlažnosti tal. Spektralne vrednosti so odvisne tudi od atmosferskih razmer pri samem snemanju. Številne objekte je mogoče identificirati na podlagi spektralnih vrednosti, še posebej če poznamo multispektralni vzorec. Pri razpoznavanju oblakov analizirajo daljni IR spekter, ki ga je mogoče opazovati tudi ponoči, podnevi pa ga dopolnijo še z bližnjim IR spektrom. Za pregled neporaslih površin uporabljajo IR in vidni del spektra, odvisen pa je od vlažnosti, zrnatosti, površinske strukture zgornjih talnih plasti, itd. IR del spektra je primeren tudi za razmejevanje vodnih površin, glede na odboj modrega in zelenega dela sevanja pa lahko ocenijo navzočnost alg (Rakovec in Hočevvar, 1996).

Na spektralni vzorec rastlinja vplivajo različni faktorji, ki se v času in prostoru spreminjajo. To so vrsta rastja, fenološko in fiziološko stanje rastline, refleksijske značilnosti in razporeditev asimilacijskih organov, vertikalna struktura rastja, razmere med

deležem osvetljenega in zasenčenega listja oz. iglic in sestava glede na vrsto vegetacije in obliko zmesi. Za spektralni odziv rastja so med vegetacijsko dobo pomembne predvsem spektralne vrednosti asimilacijskih organov. Značilen odboj krivulje v spektralnem območju od 0,4 do 2,6  $\mu\text{m}$  je prikazan na sliki št. 4 (Hočevvar, 1996).



Slika 4: Delež odboja elektromagnetnega valovanja zelene vegetacije (razlika do 100%) ponazarja značilna spektralna krivulja (Hočevvar, 1996: 103)

Odbojno krivuljo asimilacijskih organov lahko razdelimo na tri dele:

- Listni pigmenti (klorofil) vplivajo na potek krivulje v vidnem delu spektra
- Celična sestava je pomembna za potek krivulje v bližnjem IR do 1,3  $\mu\text{m}$
- Vsebnost celic z vodo določa krivuljo v območju srednjega IR (od 1,3 do 2,5  $\mu\text{m}$ ).

V vidnem delu spektra je odboj drevesnih vrst razmeroma slab (pod 20 %), z rahlo naznačenim maksimumom v območju zelene svetlobe. Nasprotno je odboj v IR (infrardečem) delu spektra razmeroma močan (do 80 %), velike pa so tudi razlike med posameznimi vrstami rastja. Na jakost odboja v IR delu spektra vpliva predvsem notranja

sestava asimilacijskih organov rastja. Ker so razlike v notranji sestavi listja in iglic razmeroma velike, so posledica tega tudi precejšnje razlike v odboju, to pa omogoča preprosto in zanesljivo razločevanje iglavcev od listavcev (Hočevvar, 1996).

Poletno obdobje od julija do septembra je neugodno obdobje za opazovanje v vidnem delu spektra, saj so razlike v spektralnem odboju med različnimi drevesnimi vrstami majhne. Najprimernejša snemanja so nekaj tednov po olistanju (od sredine maja do druge polovice junija), saj je takrat tudi sončno sevanje močnejše kot jeseni. Nasprotno so kontrasti med odbojnimi krivuljami za posamezne vrste v IR delu spektra enake preko celega vegetacijskega obdobja. IR snemanja so primerna tudi za ocenjevanje vitalnosti, saj se bolezenske spremembe odražajo v stanju celičja.

Za interpretacijo stanja vegetacije sta pri posnetkih Landsat TM pogosto uporabljena 4. (0,75-0,90  $\mu\text{m}$ ) in 5. (1,55-1,75  $\mu\text{m}$ ) kanal, ki sta med seboj vsebinsko povezana. 5. kanal (TM 5) je občutljiv na kratkovalovno infrardeče sevanje, ki ga voda v asimilacijskih organih zdravih in vitalnih rastlin povečini absorbira, poškodovana in mrtva vegetacija pa ga odbija. Za 4. kanal (TM 4), ki zaznava bližnji infrardeči spekter, pa velja ravno nasprotno. Podobno kot barvni infrardeči film je občutljiv na zaznavanje sevanja, ki ga v velikih količinah odbija zdrava vitalna vegetacija. Razmerje med obema kanaloma (TM5 / TM4) je torej kazalec, ki v veliki meri pojasnjuje vitalnost oz. zdravstveno stanje vegetacije, saj premosorazmerno korelira s poškodovanostjo krošenj. S povečanjem relativne vrednosti kazalca znotraj intervala med 0 in 1, se povečuje tudi poškodovanost vegetacije (Hočevvar, 1996).

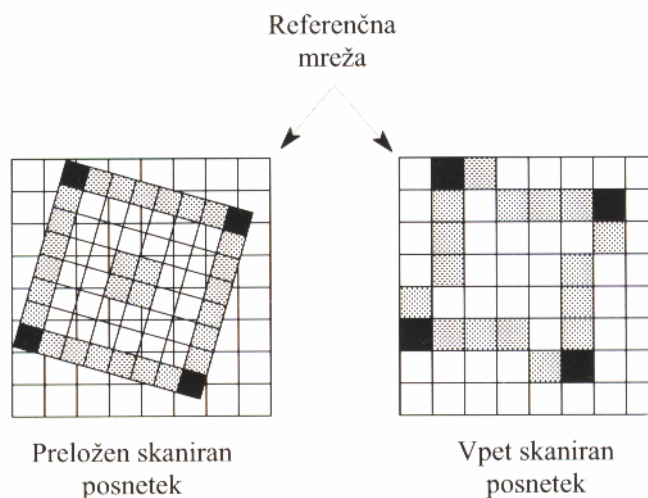
### 3.3 RAČUNALNIŠKA OBDELAVA SATELITSKIH POSNETKOV

Postopki pri obdelavi satelitskih posnetkov so odvisni od raziskovalnega ali strokovnega problema, ki ga raziskujemo z uporabo multispektralnih podatkov, vendar jih je mogoče razvrstiti v naslednje delovne faze (Hočevvar, 1996):

- vnos podatkov v računalniški sistem (odčitane digitalnega posnetka, podatkov GIS).
- radiometrična in geometrična korekcija slike (ojačanje kontrastov slike z različnimi filtri, po potrebi tudi izboljšanje prostorske resolucije z registracijo posnetka TM v matriko posnetka SPOT-P).
- klasifikacija slike (nenadzorovana – kot priprava za nadzorovano, nadzorovana – smiselna izbira spektralnih kanalov in klasifikacijskega algoritma, posebne tehnike – maskiranje (ločitev posnetka v gozd ali negozd), integracija podatkov GIS).
- izpisi (barvni kartografski izrisi v določenem merilu, teksti, tabele kot površine posameznih tipov).

#### 3.3.1 Geometrična korekcija in izdelava kompozitnih slik

Prvi korak po pridobitvi satelitskih posnetkov je geokodiranje oz. vpenjanje posnetka v državni koordinatni sistem. Tako odpravimo različna geometrična popačenja podatkov, ki nastanejo zaradi neenakomernih odklonov satelita od predpisane orbite letenja, spremembe hitrosti kroženja ali spremembe kota skeniranja. Z geometrično korekcijo vzpostavimo na zajeti sliki taka razmerja med posameznimi objekti, kot so na površini Zemlje (Tretjak in Šabić, 1996).



Slika 5: Vpenjanje satelitsko skaniranih podatkov s prerazporejanjem slikovnih elementov v kartografsko mrežo (Tretjak in Šabić, 1996: 181)

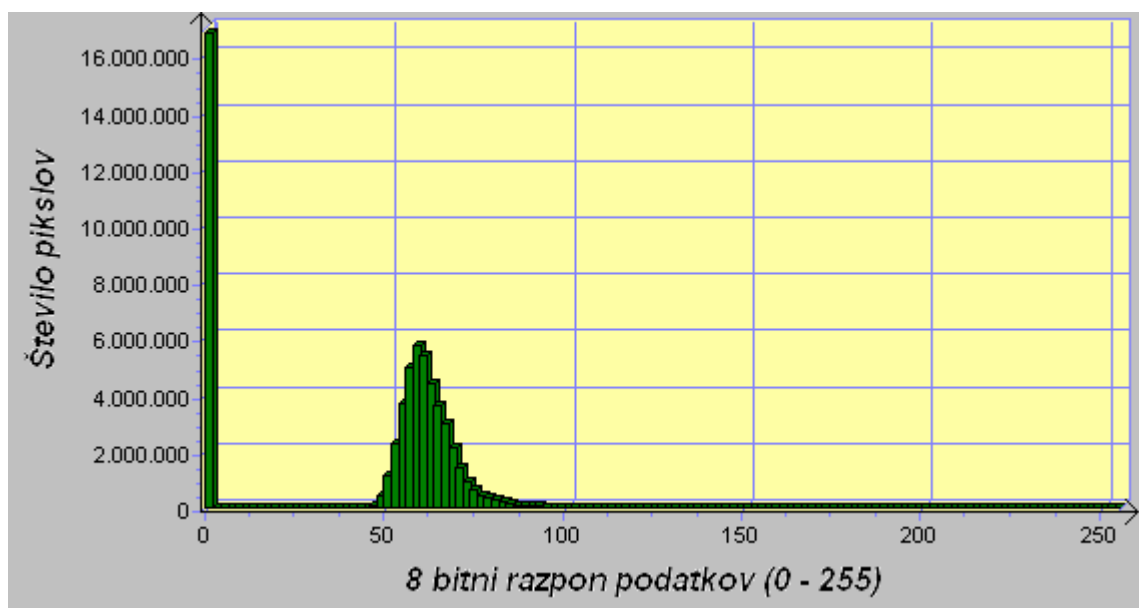
Če imamo več posnetkov, si izberemo osnovni posnetek in nato ostale vpnemo preko istih točk. Izberemo si zadostno število kontrolnih točk, ki so na vseh kartah enake. Pri tem lokalnim koordinatam na satelitskem posnetku določimo koordinate Gauss-Kruegerjevega koordinatnega sistema, ki je na Slovenskem določen za državni topografski koordinatni sistem. Z vpenjanjem dobimo tudi oceno točnosti, ki se podaja z odstopanjem oz. napako georeferenciranja glede na velikost slikovnega elementa (Pavlin, 1996). Napaka pod polovico slikovnega elementa (piksela) je že zadovoljiva za nadaljnjo analizo.

Pri geokodiranju smo si pomagali z letalskimi posnetki na internetni strani Interaktivnega naravoslovnega atlasa ARSO. Izbrali smo 20 točk, ki so bile lepo vidne tako na ortofoto posnetkih, kot na satelitskih slikah. Vsaki točki v Gauss-Kruegerjevi projekciji smo dopisali lokalne koordinate. Tako smo primerjali vse satelitske posnetke (Landsat 1992, 2000, 2005 ter posnetke Indijskega satelita iz leta 1997). Zaželeno je, da je čim več izbranih točk enakih, vendar pa vse točke niso enako dobro vidne na satelitskih posnetkih.

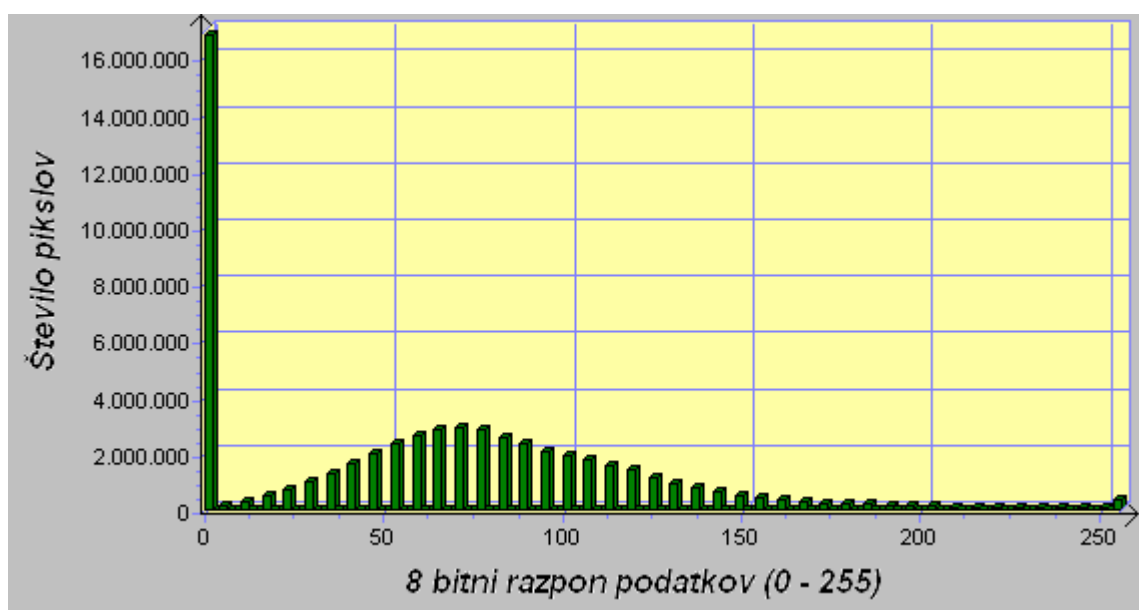
Za kartografsko predstavitev prostorske porazdelitve gozdov velikokrat zadostuje že izdelava geometrično korigirane barvne kompozitne slike. Ob smiselni izbiri spektralnih kanalov podaja taka karta zelo podroben pregled zgradbe krajine in gozdov in je uporabna kot informacijski sloj v prostorskem informacijskem sistemu (GIS). Pri načrtovanju

uporabljajo satelitsko podlago predvsem za ilustracijo in boljšo prostorsko orientacijo tematskih slojev, ki jih prenesejo iz okolja GIS (Hočevvar, 1996).

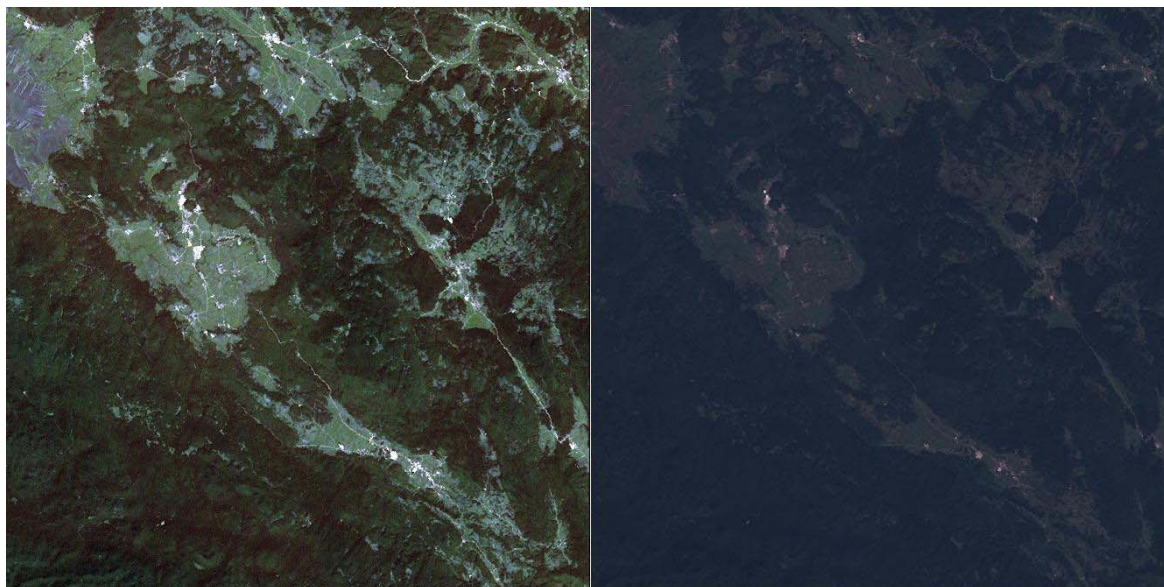
Za vizualni prikaz kompozitnih slik, je priporočljivo izboljšati kontrast slike. Barvne vrednosti posameznega satelitskega posnetka so razpete na lestvici od 0 do 255. Običajno ne zajemajo vseh vrednosti. Z izravnavo histograma slike dosežemo razširitev barvnih vrednosti na celo lestvico in tako ohranimo razmerja na posnetku, barvna paleta pa se razširi. S tem dosežemo izboljšanje kontrasta ter veliko bolj pregledno in jasno kompozitno sliko. Kontrast izboljšujemo na vsakem posnetku posebej, vendar pa je tak posnetek potem primeren samo za vizualno predstavitev in ne tudi za obdelavo podatkov.



Slika 6: Frekvenčna porazdelitev vrednosti posamičnih slikovnih elementov prvega kanala Landsat ETM 1 iz leta 2000. Vrednosti 0 pripadajo ozadju posnetka.



Slika 7: Frekvenčna razporeditev števila posamičnih slikovnih elementov prvega kanala Landsat 2000 ETM 1 po izboljšanju kontrasta

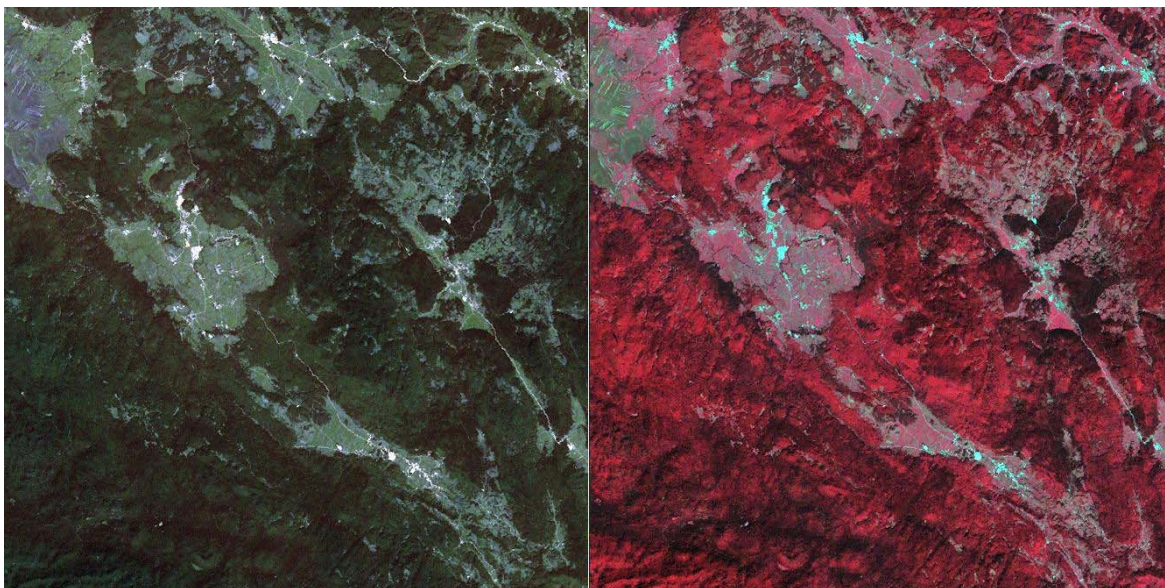


Slika 8: Primerjava kompozitnih slik, sestavljenih iz 1, 2 in 3 kanala satelitskega posnetka Landsat TM z izboljšanim kontrastom (levo) in brez (desno)

Kompozitne slike, ki jih imenujemo tudi RGB slike, dobimo s kombinacijo treh različnih kanalov. RGB je kratica za tri barvne kanale - rdečega (red), zelenega (green) in modrega (blue). Vsako kombiniranje primarnih barv podobnega kontrasta ustvari novo, komplementarno sliko (Wilson in Sader, 2002). Tako je vsaka barva oz. element slike podan s tremi vrednostnimi – vsak kanal v svoji barvni sliki (t.i. 24 bitni prikaz). Dobra stran takega prikaza je v tem, da vidimo vse tri vrednosti posameznih kanalov, slaba pa je onemogočena podrobnejša podatkovna analiza. Posamične kombinacije barvnih kanalov so uporabne za prikaz določene teme, kar ponazarja spodnja preglednica.

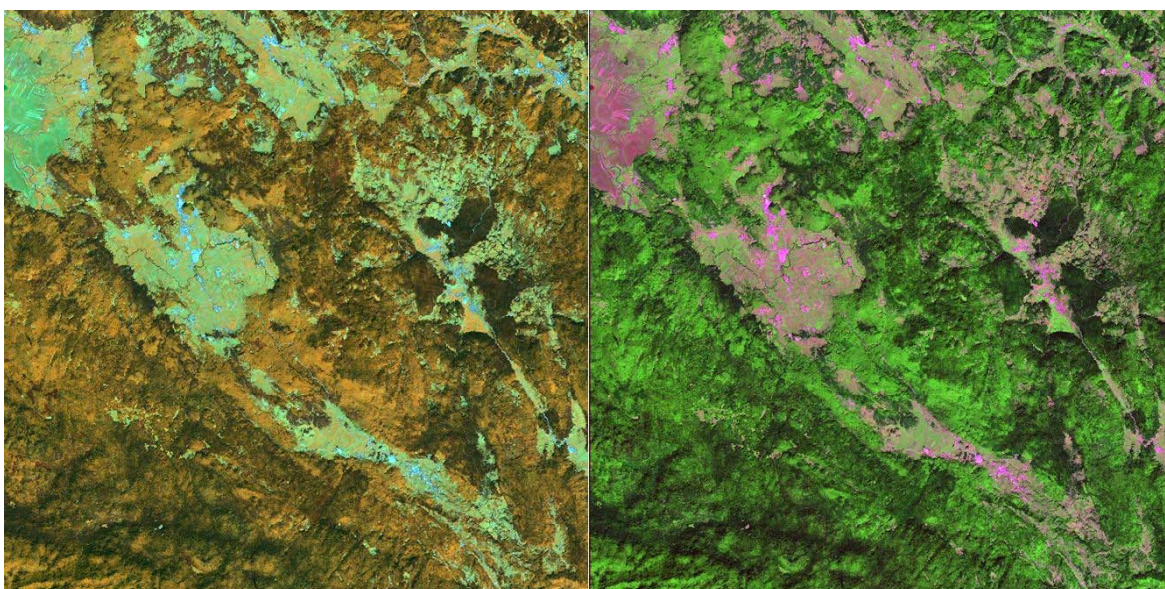
**Preglednica 6: Uporabnost posameznih kombinacij RGB (Red/Green/Blue) kanalov Landsat TM (Hočevvar, 1996:289)**

| R   | G   | B   | Uporabnost kombinacije                                                                                                                                                                                                                              |
|-----|-----|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TM3 | TM2 | TM1 | Ta kombinacija se približuje naravnim barvam, daje pa precej manj informacij o gozdu kot druge kombinacije. Primerna je za predstavitev občinstvu, ki ni vajeno kombinacij z lažnimi barvami.                                                       |
| TM4 | TM3 | TM2 | Enak učinek kot barvni IR film ali pa kombinacija kanalov LANDSAT MMS 7, 5 in 4. Primerna je za prikaz ljudem, ki so barvne IR že vajeni. Razlikovati je mogoče listavce od iglavcev, ceste, goloseke, vodovje, pa tudi stopnje zaraščanja.         |
| TM5 | TM4 | TM3 | To kombinacijo še raziskujejo. Domnevajo, da je občutljiva na redčenja, zaraščanje, vetrolome, itd.                                                                                                                                                 |
| TM7 | TM4 | TM3 | Tudi še raziskujejo. Domnevno je boljša od TM543 pri zaznavanju razredčenega sklepa in umrljivosti dreves.                                                                                                                                          |
| TM3 | TM4 | TM2 | Uporabljeni so isti kanali kot pri barvni IR kombinaciji, le da so v drugačnem zaporedju – vegetacija je videti zelena in ne več rdeča.                                                                                                             |
| TM4 | TM5 | TM3 | Dobro prikazuje vsebnost vode. Listavci se obarvajo bolj oranžno, svetlo rjavi so mladi in gosti sestoji iglavcev, temno rjavi – starejši iglavci, zeleno so obarvani travniki in pašniki, belo in modro je nevitarno oz. neporaščeno z vegetacijo. |



Slika 9: Primerjava kompozitnih slik RGB 321 (levo) in RGB 432 (Landsat ETM, 2000)

Leva slika vsebuje naravnim podobne barve in je primerna za občinstvo, ki ni vajeno IR barv. Pri desni pa se vidi prednost IR barv, saj je lepo opazna razlika med iglavci, ki so rjave barve in listavci, ki imajo različne rdeče tone.



Slika 10: Primerjava slik RGB 453 (levo) in RGB 743 (Landsat ETM, 2000)

Na obeh slikah lahko ločimo iglavce od listavcev in gozdne površine od kmetijskih. Leva RGB 453 slika bolje kaže razliko med naselji (modro) in mokrimi travniki v Cerkniški kotlini (svetlo zeleni).

### 3.3.2 Radiometrična korekcija z metodo DOS

Sateliti sprejemajo in oddajajo informacije z elektromagnetnim valovanjem (EMV). Poleg odboja in sipanja na tleh in na oblakih ter lastnega (infrardečega - IR) so za prehod EMV pomembni še absorpcija, emisija in sipanje v ozračju: na atmosferskih plinih in aerosolu. Aerosol so v zraku lebdeči delci dima, prahu, drobcev soli, drobnih kapljic itd (Rakovec in Hočevár, 1996).

Pred začetkom klasifikacije priporočajo korekcijo zaradi vpliva atmosfere. Tako je mogoče zmanjšati vpliv, ki ga imajo različen vpadni kot sončnih žarkov in različne razmere v atmosferi pri različnih snemalnih časih. Woodcock in Song (2003) sta predlagala uporabo metode DOS (*dark object subtraction*), ki je sicer preprosta, vendar presenetljivo učinkovita v primerjavi z bolj kompliciranimi metodami.

Metoda DOS omogoča zmanjšanje atmosferskih vplivov na satelitski posnetek. Na posnetku poiščemo površine z globoko sladko vodo (jezera, zaježitve rek), ker je za take dele zemeljskega površja značilno, da se spektralni odboj v vidnem delu spektra znižuje z naraščajočo valovno dolžino, zaradi skoraj popolne absorpcije pa v infrardečem delu pade na minimum. Pozitivne vrednosti nad takimi površinami so zelo verjetno posledica atmosferskega vpliva in jih lahko odštejemo od vrednosti posamičnega slikovnega elementa na posnetku. Računalniški model DOS omogoča prilagoditev vrednosti slikovnih elementov glede na moč sončnega obsevanja v različnih časovnih obdobjih in hkrati upošteva vpadni kot sončnih žarkov. Iz spremnih podatkov satelitskega posnetka odčitamo datum snemanja, vpadni kot sončnih žarkov in srednjo vrednost spektralnega kanala, iz posnetka pa vrednost slikovnih elementov nad površinami z globoko sladko vodo (Eastman, 2004).

### 3.4 VEGETACIJSKI INDEKSI

Vegetacijski indeksi, ki jih izračunamo na podlagi vrednosti spektralnega odboja zemeljskega površja, zajetih po posameznih kanalih satelitskega posnetka, so pogosto uporabljeni kot indikatorji biofizičnih značilnosti vegetacije in njene vitalnosti. V prejšnjih poglavjih je bila opisana občutljivost posameznih spektralnih dolžin na npr. stanje klorofila, celične sestave in vsebnost celic z vodo. Na podlagi vrednosti spektralnega odboja po posameznih kanalih tako sklepamo o različnih stanjih asimilacijskih organov rastlin in vsebnosti vode v njihovih tkivih. S kombinacijami in primerjavami določenih kanalov poudarimo zelene razlike in tako dobimo različne vegetacijske indekse (*simple vegetation index* – VI, *atmospherically resistant vegetation index* – ARVI, *soil adjusted vegetation index* – SAVI, *soil adjusted and atmospherically resistant vegetation index* – SARVI, *global environment monitoring index* – GEMI (Zhang in sod. 1996), NDVI, ND 1, VI 2, itd. (Hočevvar, 1996)).

Glede na raziskave tujih strokovnjakov (Hayes in Sader, 2001) smo se odločili, da v diplomski nalogi uporabimo indeksa NDVI in NDMI. Ta dva sta se bolje izkazala v primerjavi z ostalimi vegetacijskimi indeksi (Wilson in Sader, 2002).

#### 3.4.1 Vegetacijski indeks normaliziranih razlik - NDVI

Vegetacijski indeks NDVI (*normalized difference vegetation index*) temelji na razmerju med vrednostmi spektralnega odboja v rdečem in bližnjem infrardečem delu spektra. NDVI loči zeleno vegetacijo od ostalih površin, ker klorofil absorbira rdeči del spektra in odbija bližnji infra-rdeči (*near-infrared* NIR) del spektra zaradi notranje sestave lista. Zato visoke vrednosti NDVI kažejo na velike listne površine, visoko listno biomaso in sklenjenost krošenj. Dobre strani NDVI so: preprostost izračunavanja iz različnih satelitskih posnetkov, zmožnost prepoznavanja zelene vegetacije in preprostost interpretacije. Zaradi tega je med najbolj pogosto uporabljenimi vegetacijskimi indeksi in ga računamo po naslednji formuli:

$$NDVI = \frac{TM\ 4 - TM\ 3}{TM\ 4 + TM\ 3} \quad \dots(1)$$

Landsatov kanal TM 3 prikazuje odboj rdečega dela spektra, Landsatov kanal TM4 pa odboj bližnjega infra-rdečega spektra (NIR – *near-infrared*). Koeficient razlike in vsote teh dveh kanalov pa nam dobro odraža stanje vegetacije (Wilson in Sader, 2002). NDVI visoko korelira s sklepom krošenj, indeksom površine listov in ostalimi vegetacijskimi parametri. Lyon (cit. Hayes in Sader, 2001) je primerjal 7 vegetacijskih indeksov pri odkrivanju sprememb pokrovnosti. Ugotovil je, da je NDVI najmanj občutljiv na topografske dejavnike in je edini prikazal histogram z normalno porazdelitvijo podatkov. S pomočjo vrednosti NDVI različnih datumov lahko zaznamo tudi spremembe v sklepu krošenj.

### 3.4.2 Indeks normaliziranih razlik srednjega infrardečega dela spektra – NDMI

NDMI je drugi med pogosto uporabljenimi vegetacijskimi indeksi, oznaka M pa se nanaša na vsebnost vode v vegetaciji (*moisture*), čeprav ta oznaka ni najprimernejša, kajti veliko težje je interpretirati in pojasnjevati biofizične lastnosti vegetacije na podlagi vrednosti spektralnega odboja v srednjem delu infrardečega dela spektra, kot na primer pri indeksih, ki so izpeljani iz vrednosti rdečega in bližnjega infrardečega dela spektra (Wilson in Sader, 2002). Oznaka M, ki predstavlja vlažnost oziroma vsebnost vode v vegetaciji (*moisture*), je tako uporabljena poenostavljeno, kot posledica pomanjkanja primernejšega izraza. Indeks NDMI izračunamo po naslednji enačbi:

$$NDMI = \frac{TM\ 4 - TM\ 5}{TM\ 4 + TM\ 5} \quad \dots (2)$$

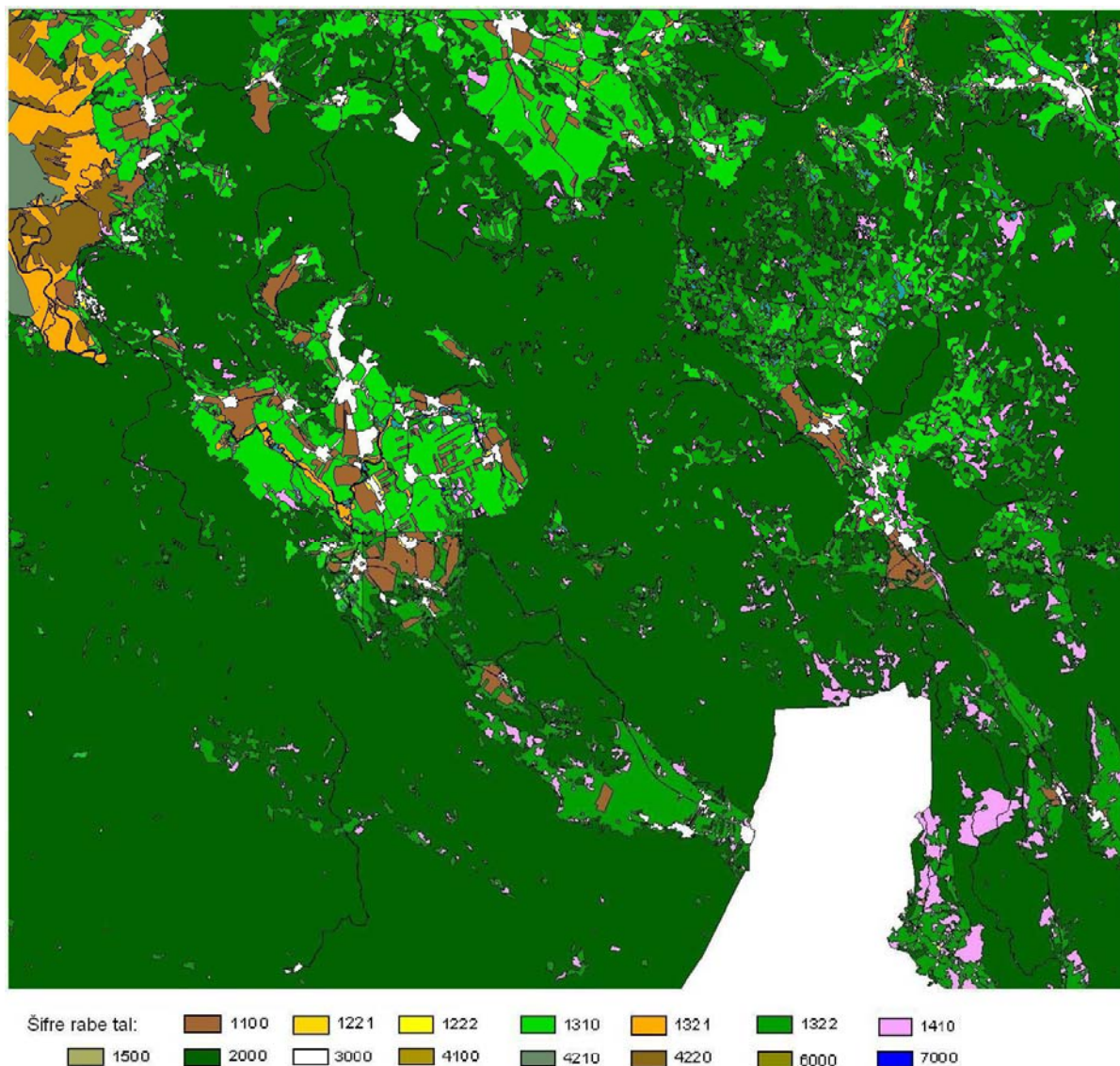
Landsatov kanal TM 4 prikazuje odboj bližnjega infrardečega dela spektra (NIR), kanal TM5 pa prikazuje odboj srednjega infrardečega spektra (MIR – *mid-infrared*). Razlika med NIR in MIR izhaja iz možnosti za ocenjevanje absorpcije vode v srednjem delu valovnih dolžin infrardečega spektra. Od šestih kanalov kratkovalovnega spektralnega območja, ki nam jih posreduje Landsat TM, ima odboj zelenih listov najvišjo vrednost

ravno pri NIR, razlike med vrednostmi spektralnega odboja, ki jih prikazujeta MIR in NIR, oziroma manjše vrednosti v območju MIR pa so posledica absorpcije vode. Hunt s sod. (cit. Wilson in Sader, 2002) je ugotovil, da je spektralni odboj, ki ga prikazuje kanal TM 5 za suhe liste (*dry leaves*) skoraj enak odboju TM4, zato je sklepal, da lahko razlike med kanali TM 4 in TM 5, ki jih zaznamo pri svežih listih, izvirajo iz absorpcije vode v listih rastlin. Indeks NDMI je oblikovan tako, da upošteva prav to razliko v spektralnem odboju v območju valovnih dolžin NIR in MIR.

### **3.4.3 Ocenjevanje razlik v pokrovnosti in rabi prostora ter njihovih sprememb v okolju geografskih informacijskih sistemov**

Zbirke prostorskih podatkov o rabi prostora in pokrovnosti zemeljskega površja ter spektralni podatki satelitskih posnetkov nam omogočajo različne primerjave in analize v prostoru. Tako lahko v prostorskih analizah združujemo različne tematske karte kot npr. karte rabe prostora, gozdnih sestojev in drugih vegetacijskih enot ter jih povezujemo z analizo multispektralnih podatkov satelitskih posnetkov. S preseki tematskih kart dobimo nove informacije o površinskih enotah, ki so prostorsko omejene z izbrano tematiko in obenem odražajo vrednosti druge tematske karte ali v primeru satelitskih posnetkov vrednosti spektralnega odboja oziroma vegetacijskih indeksov za take površinske enote.

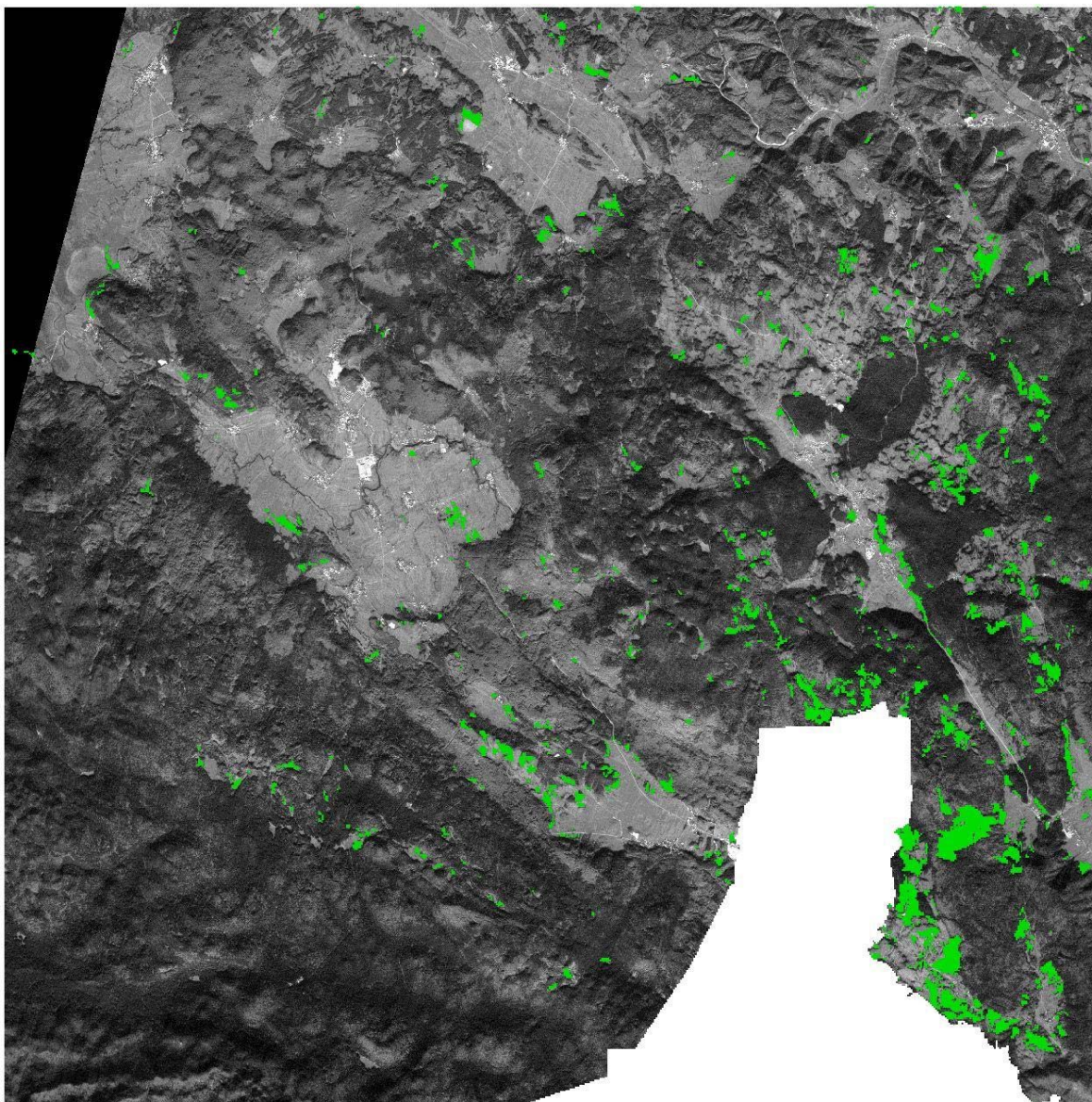
V našem delu smo uporabili podatke o rabi prostora na Slovenskem (MKGP, 2002) in prostorske podatke gozdarskega informacijskega sistema, ki ga vzdržuje Zavod za gozdove Slovenije ter jih povezali s prostorskimi podatki o vegetacijskih indeksih, izračunanih na podlagi multispektralnih podatkov satelitskega sistema Landsat TM. Analizirali smo le tista zemljišča, pri katerih je površina brez robnega območja znašala več kot 1 ha (velikost več kot 3x3 piksele). Ostalih zemljišč nismo upoštevali, ker bi zaradi njihove premajhne površine pogosto zajeli piksele mešanih vrednosti, ki na meji med različnimi rabami prostora ne prikazujejo vrednosti spektralnega odboja posameznih vegetacijskih enot, temveč so rezultat spleta različnih dejavnikov na območju posameznega piksla, velikega 30x30 m.



Slika 11: Karta rabe tal (MKGP, 2002) na opazovanem območju

Preglednica 7: Šifrant rabe tal (MKGP, 2002)

|                             |                                                             |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1100 Njive in vrtovi        | 1500 Mešana raba zemljišč-kmetijska zemljišča in gozd       |
| 1221 Intenzivni sadovnjaki  | 2000 Gozd in ostale poraščene površine                      |
| 1222 Ekstenzivni sadovnjaki | 3000 Pozidana in sorodna zemljišča                          |
| 1310 Intenzivni travniki    | 4100 Barje                                                  |
| 1321 Barjanski travniki     | 4210 Trstičja                                               |
| 1322 Ekstenzivni travniki   | 4220 Ostala zamočvirjena zemljišča                          |
| 1410 Zemljišča v zaraščanju | 6000 Odprta zemljišča brez ali z nepomembnim rast. pokrovom |
|                             | 7000 Vode                                                   |



Slika 12: Zaraščajoče površine (po podatkih iz karte rabe tal) na podlagi IRS posnetka Indijskega satelita na območju Loške doline z okolico

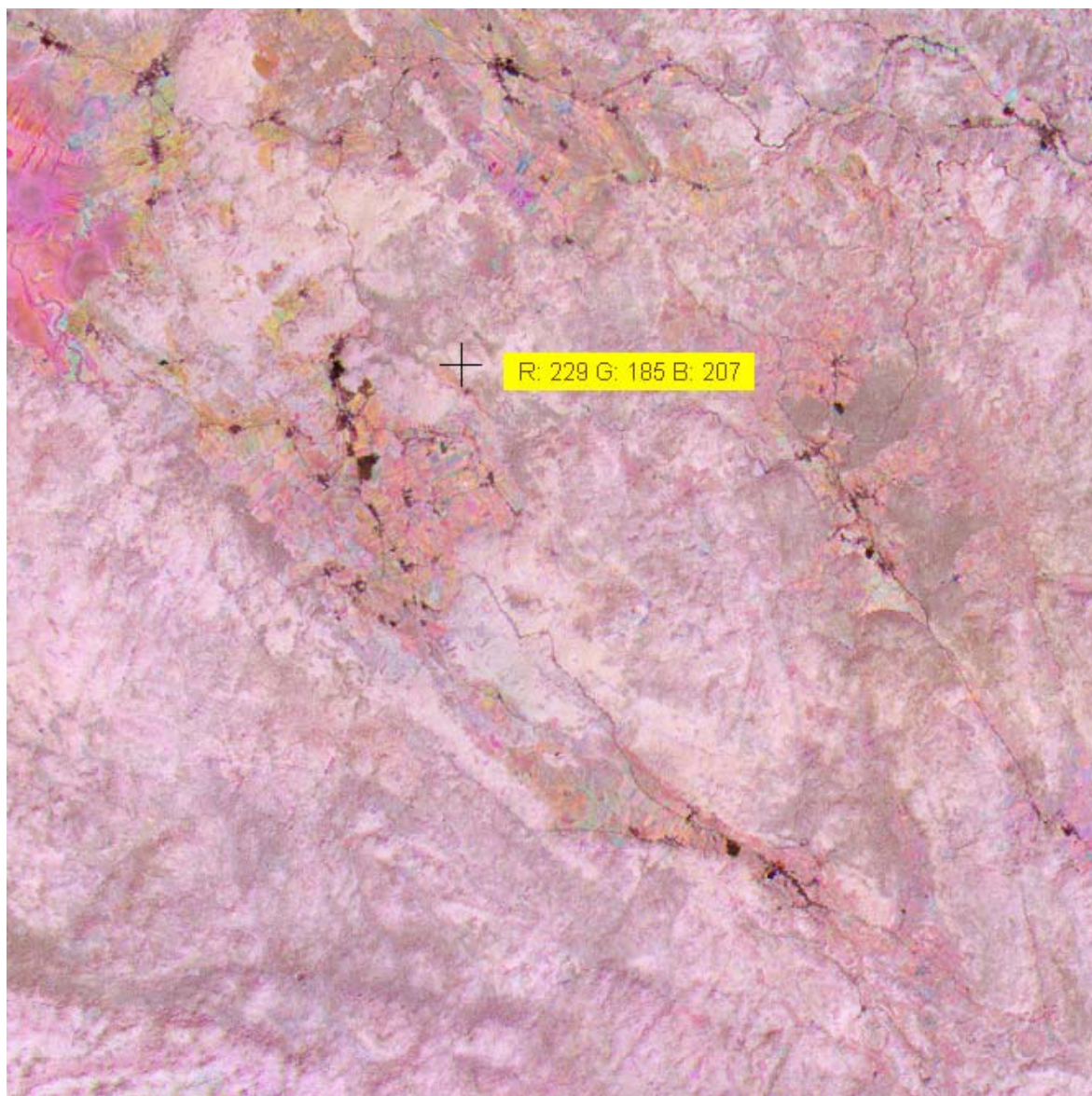
V naši analizi smo uporabili tudi karti gozdnih sestojev in gozdnogospodarskih razredov, ki so ju izdelali na Območni enoti Postojna Zavoda za gozdove Slovenija. Sestojna karta ni obsegala celotne gozdne površine na opazovanem območju, ampak le del, ker v letu 2006 sestojna karta še ni bila izdelana za celotno postojnsko območje. Na podlagi te karte smo v gozdovih iskali ekstremne vrednosti vegetacijskih indeksov in morebitne povezave med različnimi razredi vegetacijskih indeksov, oblikovanih na podlagi večjega števila satelitskih posnetkov, ki prikazujejo isto območje v različnih časovnih obdobjih.

### **3.4.4 Metoda RGB-NDVI in nenadzorovana klasifikacija**

Pridobljene podatke iz satelitskih posnetkov v obliki vegetacijskih indeksov želimo analizirati, da bi spoznali spektralne značilnosti posameznih vegetacijskih enot ter v sklopu monitoringa naravnega okolja tudi odkrivali spremembe v rabi prostora in pokrovnosti zemeljskega površja. Numerična in v veliki meri avtomatizirana interpretacija posnetkov je postala učinkovita tudi pri ocenjevanju velikih prostorskih razsežnosti, kar nam omogoča velike časovne in tudi finančne prihranke pri zaznavanju in interpretaciji sprememb vegetacije.

Sader in sodelavci (Wilson in Sader, 2002) so razvili metodo, ki obsega izdelavo kompozitnih slik iz vegetacijskih indeksov, kjer je vsaka izračunana vrednost NDVI iz treh različnih časovnih obdobj vključena v barvni model kompozitne slike RGB. Barve v kompozitnem modelu nato interpretiramo, da bi odkrili in pojasnili površinske spremembe v gozdnem prostoru. Odkrivanje sprememb je hitrejše z nenadzorovano klasifikacijo izračunanih vrednosti NDVI.

Metoda RGB-NDVI združuje več indeksov NDVI in na ta način kvantificira razlike v spremembi količine ali kakovosti zelene biomase (Wilson in Sader, 2002). Kompozitno sliko izdelamo na podlagi modela RGB, le da pri metodi RGB-NDVI uporabimo podatke treh satelitskih posnetkov, iz katerih smo izračunali indekse NDVI in ne osnovnih podatkov treh kanalov satelitskega posnetka Landsat TM. Kombiniranje primarnih barv podobnega kontrasta ustvari novo, komplementarno sliko, pri kateri lahko s pomočjo barvnih odtenkov razberemo in klasificiramo spremembe po posameznih obdobjih (Wilson in Sader, 2002). Vsak slikovni element vsebuje informacijo o treh vrednostih indeksov NDVI, kot je to prikazano na sliki št. 13.



Slika 13: Slika RGB-NDVI na območju Loške doline z okolico

V rumenem pravokotniku so prikazane tri vrednosti izbranega slikovnega elementa, ki je označen s križcem. Vrednosti so prikazane v takem zaporedju, kot so bile sestavljene vrednosti indeksov NDVI po posameznih letih – R: NDVI 1992, G: NDVI 2000 in B: NDVI 2005. Takšen prikaz nam poleg višine indeksov prikazuje tudi nihanja skozi opazovano obdobje. Na ta način lahko preverimo vsak slikovni element, ki nas posebej zanima. Slika nam preko barv prikaže višino in nihanje vrednosti NDVI. Črno so obarvane površine z nizkimi vrednostnimi brez sprememb, bela oz. siva pa visoke vrednosti brez

nihanj. Modra in cian pomenita povečanje biomase in večjo vitalnost, rdeča in rumena pa njihovo znižanje (Wilson in Sader, 2002).

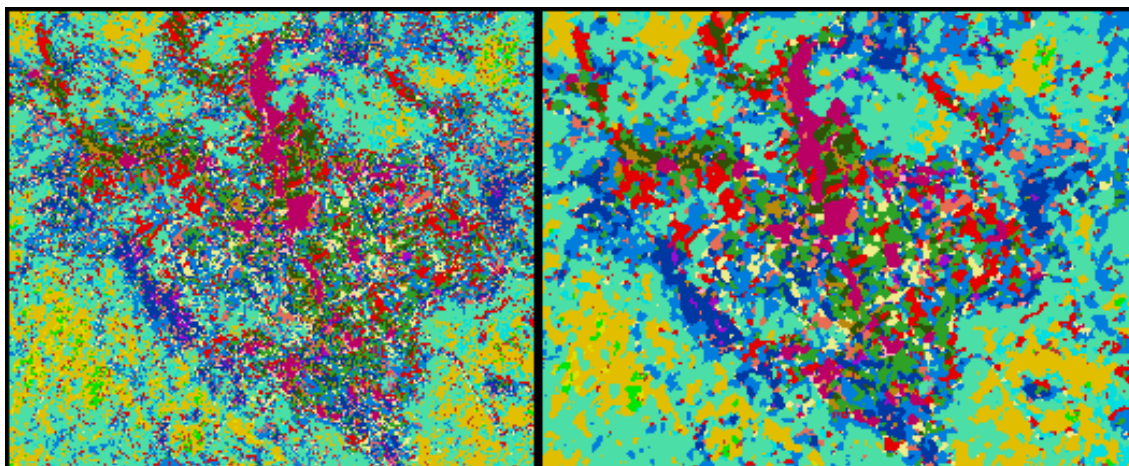
**Preglednica 8: Pomen barv v modelu RGB-NDVI (Wilson in Sader, 2002)**

| Barva         | NDVI vrednosti po letih |      |      | Razlaga                                                                             |
|---------------|-------------------------|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|               | 1992                    | 2000 | 2005 |                                                                                     |
| Rdeča         | V*                      | N    | N    | Znižanje biomase – predvsem na površinah Cerkniškega jezera – kot posledica košnje. |
| Zelena        | N                       | V    | N    | Nepokošene kmetijske površine leta 2000                                             |
| Modra         | N                       | N    | V    | Opazen dvig vrednosti NDVI – zaraščanja                                             |
| Rumena        | V                       | V    | N    | Sečnje, redčenja, košnje                                                            |
| Magenta       | V                       | N    | V    | Nihanja vrednosti                                                                   |
| Cian          | N                       | V    | V    | Opazen dvig vrednosti NDVI – zaraščanja                                             |
| Črna          | N                       | N    | N    | Naselja in ceste                                                                    |
| Siva oz. bela | V                       | V    | V    | Vitalni gozdovi brez večjih sprememb                                                |

*\*V in N so simbolične kratice za visoke in nizke vrednosti povprečnih NDVI vrednosti na RGB-NDVI sliki.*

Največje spremembe so vidne na kmetijskih površinah, saj se košnja in druge oblike obdelave dobro odražajo na RGB-NDVI modelu. V gozdnem prostoru so spremembe odražajo v manjših površinah, ki so obarvane rdeče, cian in modro, kot posledica sečenj in ponovnega zaraščanja oz. obnove.

Z nenadzorovano klasifikacijo oblikujemo kopice in tako slikovne elemente razvrstimo v »naravne« skupine, ki se med seboj razlikujejo po svojih spektralnih značilnostih. Zaradi lažje interpretacije po posameznih površinskih enotah smo uporabili metodo generalizacije prostorskih podatkov s filtriranjem. To je računalniški postopek, ki priključi posamezne izolirane slikovne elemente k večini. Posameznim slikovnim elementom (pikslom), ki imajo drugačno vrednost od svoje bližnje okolice, priredi isto vrednost, kot jo ima okolica. Generalizacijo in filtriranje lahko izvedemo z različno intenzivnostjo. V našem delu smo izbrali filter velikosti 3x3, ki upošteva vrednosti le najbližjih 8 slikovnih elementov, ki obkrožajo posamezen slikovni element. Za lažjo ponazoritev si pogledjmo spodnjo sliko št. 14.



Slika 14: Primerjava prvotne (levo) in filtrirane (desno) slike RGB-NDVI za območje Loške doline med letoma 1992 in 2005

Hayes in Sader (2001) sta pri analizi tropskih gozdov primerjala metodo glavnih komponent in metodo NDVI. Model RGB-NDVI je vseboval tri zaporedne posnetke, medtem ko so ostale metode upoštevale le dva zaporedna posnetka. Izognila sta se tudi subjektivnim odločitvam prestavljanja histogramskih pragov, ki so bile obvezne pri metodah z dvema zaporednima posnetkoma. Hkrati je NDVI model hitrejši in bolj enostaven. Metoda RGB-NDVI se je po opravljeni analizi in vizualni interpretaciji kompozitnih slik RGB-NDVI izkazala za najboljšo. Identifikacija izbranih skupin pikslov, ki so prikazovale posekane površine, je bila olajšana z izbiro razredov: poseki, gozd brez sprememb in postopno zaraščene površine (*regrowth series*). Klasifikacija podatkov po metodi RGB-NDVI je bila izbrana kot najbolj primerna metoda za multiplo analizo večih satelitskih slik v tej raziskavi. Vrednosti NDVI, dobljene iz treh posnetkov različnih datumov, sta razvrstila v 50 spektralnih skupinic. Znotraj vsake skupinice in vsakega datuma posebej sta na podlagi porazdelitve podatkov razvrstila srednje vrednosti NDVI na 7 razredov: zelo visoke (ZV), visoke (V), srednje visoke (SV), srednje (S), srednje nizke (SN), nizke (N) in zelo nizke (ZN), ki sta jih pri končni predstavitvi rezultatov združila v 3 razrede. Ti razredi so bili opredeljeni na podlagi dejstva, da je večina območja predstavljal gozd. Vrednosti znotraj razmaka  $\pm 0,5$  standardnega odklona od aritmetične sredine torej predstavljajo najbolj zeleno biomaso (visoka vrednost NDVI). Ostali razredi NDVI so bili postavljeni z intervalom 0,5 standardnega odklona od aritmetične sredine. Vsako skupinico so pregledali in jo uvrstili v lestvico NDVI.

### **3.4.5 Obdelava podatkov in uporabljena oprema**

Pri analizi satelitskih posnetkov smo uporabljali programsko opremo za obdelavo rastrskih, slikovnih in vektorskih podatkov. Za večino postopkov v okolju geografskih informacijskih sistemov smo uporabljali programska orodja ArcView in IDRISI 32, pri posameznih postopkih pa smo si pomagali z novejšo različico IDRISI Kilimanjaro.

## 4 REZULTATI

### 4.1 GEOMETRIČNA KOREKCIJA

Na raziskovalnem območju smo prostorske podatke satelitskih posnetkov transformirali v Gauss-Kruegerjev koordinatni sistem. Uporabili smo satelitske posnetke Landsat TM iz let 1992, 2000 in 2005 ter posnetek IRS-1C iz leta 1997. Posnetek IRS-1C je posnet v črno - beli tehniki, z ločljivostjo 5 metrov. Pri geokodiranju smo si izbrali satelitski posnetek Landsat ETM iz leta 2000 kot osnovo. Nato smo iste točke, izbrane na tem posnetku, poskušali najti še na ostalih posnetkih. Večina jih je istih, toda vse niso bile tako dobro vidne na drugih posnetkih. Nekaj točk smo pri nekaterih posnetkih zamenjali zato, da smo v izračunu uporabili vsaj 16 neizločenih točk. Pri transformaciji in izračunu napake (RMS) smo uporabili polinomske funkcije 2. reda, vrednosti spektralnega odboja posameznih pikslov pa so bile določene z metodo najbližjega sosedu.

**Preglednica 9: Odstopanja in koordinate izbranih 20 točk pri satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000**

| Izvorne koordinate posnetka (UTM) |           | Koordinate Gauss-Kruegerjevega koordinatnega sistema |          | Odstopanja (m) |
|-----------------------------------|-----------|------------------------------------------------------|----------|----------------|
| x                                 | y         | y                                                    | x        |                |
| 417931,2                          | 5062492,6 | 418274,6                                             | 63501,3  | 5,3694         |
| 420492,9                          | 5060358,8 | 420833,6                                             | 61354,4  | 10,1321        |
| 433378,2                          | 5077679,1 | 433736,4                                             | 78708,7  | 9,9612         |
| 434838,2                          | 5045317,2 | 435196,5                                             | 46352,0  | 4,3624         |
| 437417,0                          | 5067730,0 | 437763,6                                             | 68744,0  | 2,4156         |
| 442410,2                          | 5082210,4 | 442765,1                                             | 83228,0  | 7,9931         |
| 442430,5                          | 5084134,9 | 442795,1                                             | 85162,2  | 1,6963         |
| 443942,4                          | 5087730,0 | 444318,3                                             | 88754,3  | 8,2511         |
| 444480,5                          | 5073312,1 | 444827,4                                             | 74323,9  | 2,3925         |
| 450971,8                          | 5065450,0 | 451325,0                                             | 66463,1  | 6,1943         |
| 448001,3                          | 5074269,9 | 448338,9                                             | 75281,4  | 11,6136        |
| 448049,4                          | 5073727,1 | 448389,9                                             | 74749,5  | izpuščena      |
| 461909,0                          | 5096799,4 | 462290,4                                             | 97833,7  | 5,9021         |
| 462163,6                          | 5098539,0 | 462544,4                                             | 99558,5  | izpuščena      |
| 462491,8                          | 5066790,3 | 462844,5                                             | 67794,7  | 4,7172         |
| 462709,9                          | 5056349,1 | 463075,4                                             | 57363,5  | 5,8999         |
| 463847,8                          | 5103880,1 | 464210,8                                             | 104918,7 | izpuščena      |
| 464521,1                          | 5100228,7 | 464911,7                                             | 101262,3 | 8,0603         |
| 467271,5                          | 5101728,5 | 467645,5                                             | 102763,9 | 9,4524         |
| 487138,2                          | 5057700,1 | 487504,5                                             | 58704,3  | 2,9680         |

Napaka (RMS): 6,9638

Posamezne točke so bile v procesu geokodiranja izločene, saj preveč odstopajo. Te so v preglednici označene z izrazom »izpuščena«. S ponovnim odčitavanjem slabše ocenjenih točk smo na vseh kartah dosegli zelo majhno napako, ki je pod velikostjo tretjine slikovnega elementa. V kolikor ne dosežemo manjše napake od polovice slikovnega elementa, lahko na podlagi rezultatov še enkrat natančneje določimo koordinate tistih točk, za katere se izkaže, da preveč odstopajo od povprečja. Napaka (RMS) je izražena v metrih.

**Preglednica 10: Odstopanja in koordinate izbranih 20 točk pri satelitskem posnetku Indijskega satelita iz leta 1997**

| Lokalne koordinate |         | Koordinate Gauss-Kruegerjevega koordinatnega sistema |         | Odstopanja (m) |
|--------------------|---------|------------------------------------------------------|---------|----------------|
| x                  | y       | y                                                    | x       |                |
| 2667,0             | 12422,3 | 453981,8                                             | 65001,4 | 0,5062         |
| 3011,8             | 13219,4 | 455701,9                                             | 68978,2 | 0,5973         |
| 3028,3             | 13320,5 | 455784,7                                             | 69486,5 | 1,0033         |
| 3077,4             | 13250,6 | 456033,0                                             | 69130,0 | 0,7787         |
| 3852,9             | 11622,9 | 459908,9                                             | 60997,4 | 0,5919         |
| 3708,0             | 12037,8 | 459184,5                                             | 63077,0 | 0,4728         |
| 3709,2             | 11983,1 | 459189,7                                             | 62803,4 | 0,4370         |
| 3741,1             | 11864,1 | 459353,1                                             | 62213,5 | 1,6151         |
| 3754,2             | 11976,5 | 459420,5                                             | 62761,4 | 1,7211         |
| 3899,4             | 13667,1 | 460146,6                                             | 71198,7 | 0,4417         |
| 3943,8             | 13807,4 | 460371,0                                             | 71897,4 | 0,6053         |
| 3987,3             | 10817,9 | 460596,6                                             | 56961,4 | 0,3557         |
| 4065,1             | 12015,4 | 460966,2                                             | 62960,9 | 0,2439         |
| 4333,7             | 13529,4 | 462353,8                                             | 68514,1 | izpuščena      |
| 4438,7             | 12986,1 | 462845,8                                             | 67790,5 | izpuščena      |
| 6524,0             | 13051,0 | 473249,2                                             | 68103,4 | 0,5843         |
| 6846,1             | 12859,9 | 475252,1                                             | 66968,1 | izpuščena      |
| 7435,2             | 12826,8 | 477796,0                                             | 66973,0 | 1,8248         |
| 7791,4             | 12013,1 | 479579,5                                             | 62921,8 | 0,1494         |
| 7862,2             | 12819,9 | 479941,5                                             | 66947,0 | 1,7128         |

Napaka (RMS): 0,9682

Odstopanja so pri posnetku Indijskega satelita iz leta 1997 zelo majhna. Napaka je posledično manjša od 1 m. Indijski satelit ima namreč velikost slikovne enote 5x5 m, kar omogoča veliko bolj natančno odčitavanje koordinat. Tudi pri posnetku Landsat iz leta 1992 je bila napaka majhna, ker je bil posnetek pred tem že geometrično korigiran in smo

ga v našem delu le prilagodili ostalima satelitskima posnetkoma na raziskovalnem območju. Podatki so podani v prilogi A.

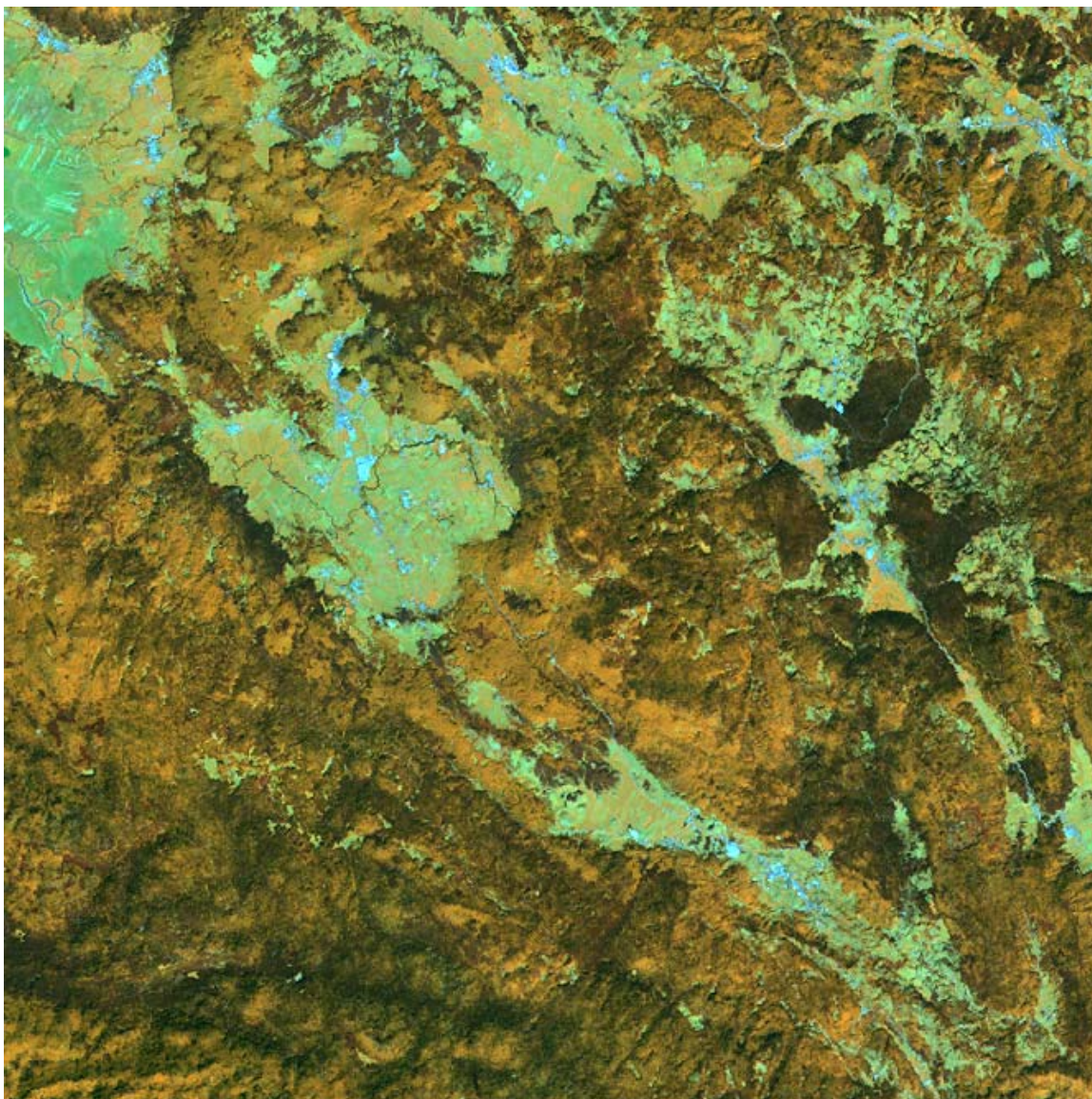
**Preglednica 11: Odstopanja in koordinate izbranih 20 točk pri satelitskem posnetku Landsat TM iz leta 2005**

| Izvorne koordinate posnetka (UTM) |           | Koordinate Gaus-Kruegerjevega koordinatnega sistema |          | Odstopanja |
|-----------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------|----------|------------|
| x                                 | y         | y                                                   | x        |            |
| 433370,9                          | 5076541,2 | 433736,4                                            | 78708,7  | 5,7156     |
| 434852,1                          | 5044199,9 | 435196,5                                            | 46352,0  | 2,8040     |
| 437404,7                          | 5066575,3 | 437763,6                                            | 68744,0  | 10,2781    |
| 438482,4                          | 5041617,1 | 438789,4                                            | 43784,5  | izpuščena  |
| 442440,9                          | 5082992,6 | 442795,1                                            | 85162,2  | 5,3738     |
| 443992,1                          | 5086582,8 | 444318,3                                            | 88754,3  | izpuščena  |
| 444493,2                          | 5072161,6 | 444827,4                                            | 74323,9  | 9,7321     |
| 448068,1                          | 5072571,1 | 448389,9                                            | 74749,5  | izpuščena  |
| 448952,8                          | 5122728,6 | 449312,0                                            | 124935,0 | 8,0367     |
| 450993,5                          | 5064325,0 | 451325,0                                            | 66463,1  | 6,6894     |
| 453409,3                          | 5089967,2 | 453730,0                                            | 92125,0  | 7,6951     |
| 454832,3                          | 5109318,4 | 455149,4                                            | 111486,8 | 15,8874    |
| 461975,8                          | 5095663,0 | 462290,4                                            | 97833,7  | 11,0313    |
| 462249,3                          | 5097392,4 | 462544,4                                            | 99558,5  | 9,1139     |
| 462524,3                          | 5065658,9 | 462844,5                                            | 67794,7  | 2,2929     |
| 462751,0                          | 5055233,7 | 463081,6                                            | 57367,5  | 3,8198     |
| 463918,1                          | 5102751,7 | 464210,8                                            | 104918,7 | 7,5778     |
| 464602,9                          | 5099085,3 | 464911,7                                            | 101262,3 | 14,3438    |
| 487166,9                          | 5056572,6 | 487504,5                                            | 58704,3  | 13,9930    |
| 490288,5                          | 5053740,2 | 490606,3                                            | 55867,8  | 13,1364    |

Napaka (RMS): 9,5390

## 4.2 IZDELAVA KOMPOZITNIH SLIK

Pri izdelavi kompozitnih slik smo najprej omejili področje analize na vsakem kanalu posebej. Določili smo koordinate 4 vogalov analiziranega območja. Sledila je izboljšava kontrasta satelitskih slik na podlagi njihovih histogramov. Slike smo združili po RGB metodi po točno določenem zaporedju v najbolj priporočljive kombinacije.



Slika 15: Kompozitna slika Loške doline z okolico, sestavljena iz 3, 5 in 4 kanala satelitskega posnetka Landsat ETM iz leta 2000

Slika prikazuje območje Loške doline in okolice. Naselja in ceste so obarvana svetlo modro, travniki zeleno, listnati gozdovi oranžno-rjavo in iglavci temno rjavo. Lepo vidni so izrazito iglasti gozdovi na desni strani posnetka, kjer se nahaja Loški Potok. Zanimivi so ekstenzivni in vlažni travniki, ki niso pogosto košeni, saj so prikazani v svetli oranžno-rjavi barvi (južni del Loškega Potoka, manjše parcele v Loški dolini, itd.) in so po barvnih odtenkih na kompozitni sliki podobni površinam sestojev listavcev.

Na terenu in na sestojni karti smo preverili nekaj površin, ki so prikazane v izrazito svetlorjavi barvi. Ugotovili smo, da gre za mlajše, izrazito homogene in goste sestoje smreke v mlajših razvojnih fazah (drogovnjaki). Sklep krošenj je izredno gost, izrazito je priraščanje v višino.

#### 4.3 PRESEKI KART RABE PROSTORA IN VEGETACIJSKIH INDEKSOV

Prekrili smo karto rabe prostora s karto vegetacijskih indeksov in tako dobili vrednosti indeksov na posameznih zemljiščih določene rabe. Pri analizi smo se najprej osredotočili na kmetijska zemljišča (klasificirana po rabi prostora), razdeljena na območja Loške doline, Loškega Potoka, Babnega polja in Blok. Analizirali smo le tista zemljišča, pri katerih je površina brez robnega območja znašala več kot 1 ha (velikost več kot 3x3 piksele). Rezultati so prikazani v spodnjih preglednicah, ločeni po posameznih območjih.

**Preglednica 12: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za njive in vrtove na območju Loške doline**

| Površina<br>(ha) | NDVI      |      |      |      | NDMI      |      |       |       |
|------------------|-----------|------|------|------|-----------|------|-------|-------|
|                  | Povprečje | SD*  | Min  | Maks | Povprečje | SD*  | Min   | Maks  |
| 5,8              | 0,21      | 0,08 | 0,07 | 0,41 | -0,13     | 0,07 | -0,25 | 0,05  |
| 1,1              | 0,23      | 0,08 | 0,05 | 0,33 | -0,13     | 0,05 | -0,24 | -0,06 |
| 7,9              | 0,23      | 0,08 | 0,06 | 0,41 | -0,12     | 0,07 | -0,28 | 0,01  |
| 6,5              | 0,25      | 0,07 | 0,06 | 0,44 | -0,11     | 0,07 | -0,27 | 0,03  |
| 7,2              | 0,26      | 0,06 | 0,10 | 0,39 | -0,10     | 0,05 | -0,22 | 0,00  |
| 1,9              | 0,26      | 0,07 | 0,12 | 0,39 | -0,10     | 0,06 | -0,18 | 0,07  |
| 14,1             | 0,27      | 0,06 | 0,09 | 0,42 | -0,09     | 0,05 | -0,25 | 0,08  |
| 10,8             | 0,28      | 0,06 | 0,13 | 0,42 | -0,07     | 0,05 | -0,20 | 0,07  |
| 3,1              | 0,31      | 0,06 | 0,20 | 0,42 | -0,06     | 0,06 | -0,16 | 0,05  |
| 4,0              | 0,33      | 0,07 | 0,14 | 0,47 | -0,03     | 0,05 | -0,11 | 0,09  |
| 2,6              | 0,33      | 0,05 | 0,18 | 0,42 | -0,03     | 0,06 | -0,13 | 0,08  |
| 13,3             | 0,34      | 0,06 | 0,09 | 0,46 | -0,03     | 0,05 | -0,19 | 0,08  |
| 1,2              | 0,34      | 0,04 | 0,29 | 0,42 | -0,02     | 0,04 | -0,07 | 0,06  |
| 1,2              | 0,34      | 0,07 | 0,23 | 0,46 | 0,01      | 0,05 | -0,07 | 0,10  |
| 2,2              | 0,36      | 0,07 | 0,22 | 0,45 | 0,00      | 0,05 | -0,09 | 0,09  |

SD\* je kratica za standardni odklon (*standard deviation*).

Vrednosti NDVI povprečij se gibljejo od 0,21 do 0,36. Standardni odkloni so majhni, kar kaže na homogenost omejenih površin. Vrednosti NDMI so nižje in se gibljejo od (-0,13) do 0,00. Primerjava rabe tal razreda njiv in vrtov na satelitskih posnetkih Landsat ETM ni najbolj posrečena. Omenjeni satelitski posnetki imajo velikost piksla 30x30 m, kar slabo

zajame majhne in ozke parcele npr. njive. Njive so v analiziranem delu notranjske in dolenjske dolge in ozke, njihova površina je majhna, lastniška struktura pa zelo pestra. Posamezen piksel pokrije po svoji širini večje število njiv z večinoma različnimi kulturami, kar posledično slabo izraža morebitne razlike med različno vrsto rabe tal. Podobno je tudi z vrtovi, saj gre v večini za majhne vrtove v okolici naselij.

Vrednosti vegetacijskih indeksov iz leta 2000 smo primerjali še s tistimi iz leta 2005 in 1992. Ista zemljišča imajo leta 2005 višje vrednosti NDVI kot leta 1992, najnižje pa so leta 2000. Ker so vegetacijski indeksi občutljivi na vsebnost vlage in površino zelenih listov, je tak preskok vrednosti lahko posledica vsaj dveh stvari. Lahko je posledica večje količine padavin in s tem boljše oskrbe rastlin z vodo ali pa velike vlage v zraku in večjih atmosferskih vplivov na satelitske posnetke. Pri primerjavi vrednosti indeksa NDMI različnih posnetkov (1992, 2000, 2005) je opazno, da se leti 2000 in 1992 ne razlikujeta v razponu podatkov. Torej je indeks NDMI drugače občutljiv kot NDVI. Povprečne vrednosti NDMI so pozitivne za leto 2005.

**Preglednica 13: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za intenzivne travnike na območju Loške doline**

| Površina |           | NDVI |       |      |           | NDMI |       |       |  |
|----------|-----------|------|-------|------|-----------|------|-------|-------|--|
| (ha)     | Povprečje | SD   | Min   | Maks | Povprečje | SD   | Min   | Maks  |  |
| 4,3      | 0,17      | 0,08 | 0,03  | 0,34 | -0,18     | 0,07 | -0,32 | -0,01 |  |
| 5,0      | 0,21      | 0,08 | 0,04  | 0,35 | -0,14     | 0,07 | -0,26 | 0,01  |  |
| 1,2      | 0,23      | 0,06 | 0,11  | 0,33 | -0,13     | 0,07 | -0,27 | 0,01  |  |
| 8,3      | 0,24      | 0,07 | 0,11  | 0,40 | -0,13     | 0,04 | -0,21 | -0,07 |  |
| 3,8      | 0,24      | 0,08 | 0,11  | 0,35 | -0,12     | 0,05 | -0,20 | 0,06  |  |
| 10,5     | 0,25      | 0,07 | 0,08  | 0,38 | -0,12     | 0,07 | -0,24 | 0,01  |  |
| 2,6      | 0,25      | 0,07 | 0,14  | 0,39 | -0,11     | 0,07 | -0,24 | 0,04  |  |
| 4,8      | 0,25      | 0,07 | 0,11  | 0,41 | -0,11     | 0,06 | -0,25 | 0,02  |  |
| 2,3      | 0,25      | 0,04 | 0,17  | 0,31 | -0,11     | 0,05 | -0,23 | 0,03  |  |
| 11,9     | 0,25      | 0,05 | 0,12  | 0,38 | -0,11     | 0,05 | -0,20 | 0,02  |  |
| 22,5     | 0,26      | 0,08 | 0,08  | 0,51 | -0,10     | 0,08 | -0,24 | 0,16  |  |
| 23,0     | 0,27      | 0,07 | -0,02 | 0,46 | -0,09     | 0,07 | -0,30 | 0,08  |  |
| 25,2     | 0,28      | 0,07 | 0,06  | 0,46 | -0,09     | 0,07 | -0,31 | 0,08  |  |
| 51,3     | 0,28      | 0,08 | -0,02 | 0,47 | -0,08     | 0,07 | -0,33 | 0,08  |  |
| 6,2      | 0,29      | 0,07 | 0,10  | 0,42 | -0,07     | 0,06 | -0,22 | 0,09  |  |
| 11,3     | 0,30      | 0,07 | 0,15  | 0,46 | -0,06     | 0,07 | -0,21 | 0,07  |  |
| 4,3      | 0,31      | 0,09 | 0,06  | 0,47 | -0,06     | 0,09 | -0,29 | 0,10  |  |
| 2,0      | 0,32      | 0,11 | 0,12  | 0,47 | -0,06     | 0,10 | -0,23 | 0,13  |  |
| 3,3      | 0,33      | 0,06 | 0,20  | 0,44 | -0,04     | 0,05 | -0,15 | 0,05  |  |
| 19,4     | 0,34      | 0,07 | 0,12  | 0,50 | -0,03     | 0,06 | -0,20 | 0,11  |  |

Na območju Loške doline je na karti rabe tal velik del travnikov označen kot intenzivni travniki. Sveže pokošeni travniki imajo nižjo vrednost indeksa kot travniki pred košnjo. Tako imajo sveže košeni in suhi travniki vrednosti povprečij bolj podobne pozidanim zemljiščem. Glede na razpon povprečnih vrednosti NDMI ni opaziti nobenih razlik v primerjavi z njivami in vrtovi. Tu so nekatere površine relativno velike in tako smo lahko zanje bolj zanesljivo ocenili vrednosti NDVI. Opazna je gostitev povprečnih vrednosti okrog 0,27 pri NDVI in okrog -0,10 pri NDMI.

Pri primerjavi vrednosti NDVI (1992, 2000, 2005) je podobno kot pri njivah in vrtovih. Najvišje vrednosti ima posnetek iz leta 2005, ki pa ima tudi precej bolj podobna povprečja kot ostala dva posnetka. Pri vrednostih NDMI se prav tako ne razlikujejo vrednosti iz let 1992 in 2000, vrednosti iz leta 2005 pa imajo pozitivna povprečja. Razlik med različno rabo tal tu ni zaznati.

**Preglednica 14: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za ekstenzivne travnike na območju Loške doline**

| Površina<br>(ha) | NDVI      |      |      |      |           | NDMI |       |       |
|------------------|-----------|------|------|------|-----------|------|-------|-------|
|                  | Povprečje | SD   | Min  | Maks | Povprečje | SD   | Min   | Maks  |
| 6,4              | 0,20      | 0,07 | 0,04 | 0,35 | -0,16     | 0,05 | -0,29 | -0,02 |
| 2,4              | 0,22      | 0,06 | 0,12 | 0,33 | -0,13     | 0,06 | -0,23 | -0,01 |
| 1,1              | 0,43      | 0,04 | 0,37 | 0,50 | 0,08      | 0,05 | -0,02 | 0,16  |

Ekstenzivnih travnikov je vsaj po evidenci rabe tal v Loški dolini relativno malo. Razlika med ekstenzivnim in intenzivnim travnikom je v številu košenj in gnojenju. Intenzivni travniki imajo 3 ali več košenj na leto in so dodatno dognojevani z umetnimi ali organskimi gnojili. Ekstenzivne travnike kosijo največ dvakrat na leto in za gnojenje uporabljajo hlevski gnoj. Menimo, da v Loški dolini prevladujejo ekstenzivni travniki, saj se kosijo do dvakrat letno. Ker je tako opredeljevanje travnikov zahtevno, so tudi na Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano v preteklem letu poenotili oba razreda v razred »trajni travniki in pašniki«. Razlik med intenzivno in ekstenzivno opredeljenimi travniki torej ni pričakovati.

Povprečja vrednosti NDVI za ekstenzivne travnike se ne razlikujejo od npr. intenzivnih travnikov. Nenavadno visoka je vrednost pri zadnji parceli (velikost 1,1 ha), saj znaša celo 0,43. Ta razlika je vidna pri obeh indeksih (NDMI in NDVI) za leti 1992 in 2000, v letu 2005 pa vrednost vidno ne odstopa. Terenski ogled je pojasnil opisane razlike, saj parcela (ID 2905) leži na močvirnatem delu. Zato je imela v sušnih poletjih (leta 1992 in 2000) zelo visoko vrednost indeksov, poleti 2005 pa so imele vse parcele očitno višje vrednosti zaradi dobre oskrbe z vodo.



Slika 16: Fotografija Loške doline iz južnega roba. Ekstenzivni travnik s površino 1,1 ha je označen z belo barvo.

V delu Loške doline med Podgoro in Iga vasjo (na sliki št. 16) izvira majhen potoček, ki bližnjo okolico neprestano oskrbuje z vodo. Posledično ima omenjen ekstenzivni travnik veliko vode in vedno bujno zeleno vegetacijo. To tudi pojasnjuje očitno višje NDVI vrednosti.

V naslednjih preglednicah so prikazane še vrednosti za sosednja kraška polja in planote. Pri opisovanju smo se osredotočili le na primerjavo med območji in pojasnjevanje morebitnih razlik.

**Preglednica 15: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za njive in vrtove na območju Loškega Potoka**

| Površina<br>(ha) | NDVI      |      |      |      | NDMI      |      |       |      |
|------------------|-----------|------|------|------|-----------|------|-------|------|
|                  | Povprečje | SD   | Min  | Maks | Povprečje | SD   | Min   | Maks |
| 8,2              | 0,35      | 0,09 | 0,15 | 0,51 | 0,00      | 0,07 | -0,16 | 0,16 |
| 1,6              | 0,38      | 0,07 | 0,22 | 0,50 | 0,05      | 0,06 | -0,06 | 0,16 |
| 1,3              | 0,46      | 0,03 | 0,38 | 0,51 | 0,08      | 0,03 | 0,05  | 0,16 |
| 3,5              | 0,47      | 0,03 | 0,38 | 0,52 | 0,11      | 0,03 | 0,03  | 0,16 |

Povprečne vrednosti so tu očitno višje od tistih v Loški dolini. Pri primerjavi vrednosti povprečij ostalih posnetkov iz leta 1992 in 2005 sklepamo, da je vzrok odstopanj predvsem v preskrbljenosti z vodo v sušnem obdobju. Poletje 2005 je imelo več padavin in takrat so bile vrednosti na območjih Loškega Potoka in Loške doline veliko bolj izenačene kot npr. leta 2000. Podobno je tudi pri indeksu NDMI, ki kaže celo boljše razmere za leto 2005 v Loški dolini.

**Preglednica 16: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za intenzivne travnike na območju Loškega Potoka**

| Površina<br>(ha) | NDVI      |      |      |      | NDMI      |      |       |      |
|------------------|-----------|------|------|------|-----------|------|-------|------|
|                  | Povprečje | SD   | Min  | Maks | Povprečje | SD   | Min   | Maks |
| 2,9              | 0,22      | 0,08 | 0,10 | 0,43 | -0,14     | 0,09 | -0,27 | 0,04 |
| 3,4              | 0,22      | 0,05 | 0,16 | 0,37 | -0,13     | 0,07 | -0,26 | 0,08 |
| 24,6             | 0,27      | 0,06 | 0,11 | 0,42 | -0,10     | 0,08 | -0,21 | 0,09 |
| 1,4              | 0,28      | 0,05 | 0,13 | 0,34 | -0,09     | 0,06 | -0,22 | 0,13 |
| 1,4              | 0,28      | 0,08 | 0,17 | 0,48 | -0,05     | 0,05 | -0,14 | 0,04 |
| 5,6              | 0,29      | 0,07 | 0,13 | 0,44 | -0,08     | 0,06 | -0,24 | 0,04 |

Vrednosti povprečij pri intenzivnih travnikih Loškega Potoka imajo manjši razpon kakor v Loški dolini. Vrednosti povprečij so podobne, manjši razpon pa je lahko posledica manjšega števila ploskev, ki smo jih zajeli v primerjavi, ali pa boljši klasifikaciji parcel v register rabe tal.



Slika 17: Pogled na Retje (Loški potok) s kmetijskimi površinami na dnu polja in zaraščajočimi pašniki na pobočjih

**Preglednica 17: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za ekstenzivne travnike na območju Loškega Potoka**

| Površina<br>(ha) | NDVI      |      |      |      | NDMI      |      |       |       |
|------------------|-----------|------|------|------|-----------|------|-------|-------|
|                  | Povprečje | SD   | Min  | Maks | Povprečje | SD   | Min   | Maks  |
| 1,1              | 0,25      | 0,06 | 0,16 | 0,36 | -0,07     | 0,07 | -0,16 | 0,07  |
| 2,8              | 0,25      | 0,05 | 0,12 | 0,32 | -0,12     | 0,05 | -0,25 | -0,05 |
| 3,2              | 0,25      | 0,08 | 0,06 | 0,45 | -0,12     | 0,07 | -0,28 | 0,03  |
| 1,4              | 0,26      | 0,04 | 0,20 | 0,32 | -0,04     | 0,05 | -0,11 | 0,06  |
| 3,6              | 0,26      | 0,06 | 0,12 | 0,40 | -0,07     | 0,09 | -0,22 | 0,16  |
| 4,8              | 0,26      | 0,05 | 0,17 | 0,39 | -0,09     | 0,06 | -0,21 | 0,03  |
| 10,4             | 0,27      | 0,04 | 0,18 | 0,39 | -0,09     | 0,05 | -0,18 | 0,11  |
| 8,8              | 0,28      | 0,06 | 0,09 | 0,41 | -0,06     | 0,08 | -0,26 | 0,16  |
| 2,7              | 0,28      | 0,05 | 0,21 | 0,38 | -0,08     | 0,05 | -0,17 | 0,04  |
| 4,3              | 0,28      | 0,06 | 0,17 | 0,41 | -0,08     | 0,06 | -0,20 | 0,03  |
| 2,6              | 0,30      | 0,04 | 0,20 | 0,35 | -0,06     | 0,05 | -0,13 | 0,08  |
| 1,1              | 0,30      | 0,05 | 0,22 | 0,41 | -0,01     | 0,05 | -0,10 | 0,09  |
| 1,6              | 0,32      | 0,05 | 0,25 | 0,41 | 0,03      | 0,07 | -0,08 | 0,18  |

V Loškem potoku je glede na evidenco rabe tal več ekstenzivnih travnikov kot v Loški dolini. Bistvenih razlik med vrednostmi povprečij ni opaziti, ne med NDVI in NDMI, med obema območjema, pa tudi ne med ekstenzivnimi in intenzivnimi travniki. Pri primerjanju podatkov med posameznimi leti se je vrstni red določenih parcel spreminjal, kar je pričakovano in je posledica predvsem različnega časa košnje.

**Preglednica 18: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za njive in vrtove na območju Blok**

| Površina |           | NDVI |       |      | NDMI      |      |       |      |
|----------|-----------|------|-------|------|-----------|------|-------|------|
| (ha)     | Povprečje | SD   | Min   | Maks | Povprečje | SD   | Min   | Maks |
| 6,1      | 0,32      | 0,15 | -0,19 | 0,57 | -0,02     | 0,07 | -0,27 | 0,14 |

Samo eno zemljišče je bilo dovolj veliko, da smo ga lahko uvrstili v primerjavo. Ostala so manjša od enega hektara, pa tudi sicer območje analize ne zajema celotnega območja Blok. Vrednosti tako NDVI in NDMI so primerljive z onimi iz Loške doline in Loškega Potoka.

**Preglednica 19: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za intenzivne travnike na območju Blok**

| Površina |           | NDVI |       |      | NDMI      |      |       |       |
|----------|-----------|------|-------|------|-----------|------|-------|-------|
| (ha)     | Povprečje | SD   | Min   | Maks | Povprečje | SD   | Min   | Maks  |
| 1,4      | 0,16      | 0,08 | 0,02  | 0,32 | -0,20     | 0,07 | -0,31 | -0,07 |
| 1,2      | 0,19      | 0,04 | 0,13  | 0,27 | -0,22     | 0,05 | -0,28 | -0,16 |
| 8,6      | 0,21      | 0,06 | 0,07  | 0,44 | -0,15     | 0,06 | -0,25 | 0,04  |
| 13,0     | 0,24      | 0,06 | 0,05  | 0,35 | -0,10     | 0,06 | -0,24 | 0,11  |
| 1,9      | 0,25      | 0,05 | 0,14  | 0,37 | -0,12     | 0,05 | -0,22 | -0,01 |
| 21,8     | 0,25      | 0,07 | 0,11  | 0,49 | -0,11     | 0,06 | -0,22 | 0,11  |
| 8,7      | 0,26      | 0,05 | 0,12  | 0,35 | -0,10     | 0,05 | -0,23 | 0,05  |
| 54,5     | 0,26      | 0,11 | -0,17 | 0,51 | -0,09     | 0,08 | -0,37 | 0,12  |
| 1,7      | 0,28      | 0,05 | 0,19  | 0,37 | -0,08     | 0,05 | -0,16 | -0,01 |
| 2,3      | 0,28      | 0,06 | 0,18  | 0,42 | -0,10     | 0,05 | -0,19 | -0,01 |
| 1,4      | 0,28      | 0,08 | 0,16  | 0,39 | -0,05     | 0,09 | -0,17 | 0,14  |
| 54,6     | 0,30      | 0,07 | 0,06  | 0,53 | -0,07     | 0,06 | -0,28 | 0,12  |
| 15,1     | 0,30      | 0,08 | -0,04 | 0,50 | -0,07     | 0,07 | -0,29 | 0,13  |
| 10,3     | 0,30      | 0,07 | 0,10  | 0,49 | -0,05     | 0,05 | -0,18 | 0,08  |
| 1,1      | 0,31      | 0,05 | 0,17  | 0,37 | -0,07     | 0,05 | -0,15 | 0,01  |
| 13,2     | 0,31      | 0,09 | 0,09  | 0,47 | -0,05     | 0,10 | -0,26 | 0,14  |
| 30,6     | 0,31      | 0,08 | 0,10  | 0,47 | -0,06     | 0,07 | -0,20 | 0,10  |
| 19,3     | 0,32      | 0,05 | 0,16  | 0,46 | -0,04     | 0,05 | -0,16 | 0,09  |
| 10,3     | 0,33      | 0,06 | 0,14  | 0,44 | -0,05     | 0,06 | -0,26 | 0,09  |
| 8,3      | 0,33      | 0,06 | 0,18  | 0,45 | -0,03     | 0,07 | -0,17 | 0,15  |
| 23,1     | 0,34      | 0,12 | 0,05  | 0,56 | -0,03     | 0,10 | -0,28 | 0,14  |
| 11,7     | 0,37      | 0,05 | 0,26  | 0,49 | -0,01     | 0,04 | -0,11 | 0,11  |
| 1,8      | 0,38      | 0,08 | 0,19  | 0,48 | 0,03      | 0,08 | -0,13 | 0,15  |

Razpon povprečnih vrednosti je za intenzivne travnike precej velik. Eden od razlogov za te razlike je košnja, kajti sveže pokošen travnik ima zelo nizek indeks in narašča z rastjo trave. Na koncu preglednice imata dve zemljišči precej visoko povprečje. Tu veliko vlogo igra vsebnost vlage, tako da je ena izmed možnosti tudi boljša vodna oskrba takih zemljišč.

**Preglednica 20: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za ekstenzivne travnike na območju Blok**

| Površina<br>(ha) | NDVI      |      |       |      | NDMI      |      |       |       |
|------------------|-----------|------|-------|------|-----------|------|-------|-------|
|                  | Povprečje | SD   | Min   | Maks | Povprečje | SD   | Min   | Maks  |
| 1,2              | 0,08      | 0,07 | -0,01 | 0,25 | -0,25     | 0,06 | -0,32 | -0,13 |
| 1,5              | 0,23      | 0,07 | 0,14  | 0,38 | -0,13     | 0,07 | -0,21 | 0,07  |
| 3,0              | 0,24      | 0,05 | 0,09  | 0,34 | -0,11     | 0,05 | -0,18 | 0,02  |
| 2,1              | 0,27      | 0,06 | 0,19  | 0,37 | -0,06     | 0,05 | -0,16 | 0,08  |

Presenetljivo majhen je indeks za prvo površino (velikost 1,2 ha). Tako nizko povprečje imajo bodisi zelo suha ali pa sveže pokošena zemljišča. Pri primerjavi indeksa NDMI je zanimivo, da imajo edino ekstenzivni travniki na območju Blok leta 2005 negativno vrednost.

**Preglednica 21: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za njive in vrtove na območju Babnega polja**

| Površina<br>(ha) | NDVI      |      |      |      | NDMI      |      |       |      |
|------------------|-----------|------|------|------|-----------|------|-------|------|
|                  | Povprečje | SD   | Min  | Maks | Povprečje | SD   | Min   | Maks |
| 2,4              | 0,33      | 0,04 | 0,23 | 0,40 | -0,05     | 0,04 | -0,13 | 0,03 |
| 1,8              | 0,38      | 0,05 | 0,26 | 0,46 | 0,00      | 0,05 | -0,11 | 0,06 |

Babno polje z Babno polico je od vseh področij še najbolj tradicionalno, kar se pozna pri podobi krajine in klasifikaciji zemljišč. Vsi travniki so bili pri rabi tal uvrščeni pod ekstenzivne.

**Preglednica 22: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za ekstenzivne travnike na območju Babnega polja**

| Površina<br>(ha) | NDVI      |      |      |      | NDMI      |      |       |       |
|------------------|-----------|------|------|------|-----------|------|-------|-------|
|                  | Povprečje | SD   | Min  | Maks | Povprečje | SD   | Min   | Maks  |
| 1,4              | 0,23      | 0,09 | 0,05 | 0,42 | -0,13     | 0,05 | -0,21 | -0,01 |
| 1,9              | 0,23      | 0,06 | 0,13 | 0,35 | -0,12     | 0,06 | -0,22 | -0,01 |
| 14,8             | 0,24      | 0,08 | 0,09 | 0,41 | -0,11     | 0,07 | -0,25 | 0,06  |
| 1,1              | 0,25      | 0,04 | 0,15 | 0,31 | -0,11     | 0,04 | -0,19 | -0,01 |
| 2,7              | 0,25      | 0,05 | 0,17 | 0,35 | -0,10     | 0,05 | -0,20 | 0,06  |
| 4,6              | 0,26      | 0,06 | 0,14 | 0,41 | -0,10     | 0,05 | -0,20 | -0,03 |
| 2,6              | 0,26      | 0,05 | 0,17 | 0,38 | -0,09     | 0,02 | -0,14 | -0,05 |
| 3,7              | 0,27      | 0,04 | 0,17 | 0,34 | -0,08     | 0,08 | -0,22 | 0,07  |
| 1,5              | 0,29      | 0,07 | 0,15 | 0,40 | -0,06     | 0,06 | -0,31 | 0,07  |
| 5,6              | 0,30      | 0,07 | 0,05 | 0,48 | -0,05     | 0,07 | -0,28 | 0,13  |
| 123,3            | 0,30      | 0,08 | 0,02 | 0,49 | -0,05     | 0,05 | -0,15 | 0,08  |

Vrednosti so podobne kot za ekstenzivne travnike na ostalih treh območjih. Ker je celotno območje opredeljeno kot zelo homogeno (glede rabe), se tu nahaja tudi največja negozdna površina, ki obsega 123,3 ha. Le ta pokriva večinski osrednji del planote Babnega polja – z izjemo naselja in vzhodnega roba. Gre za ravninski in rahlo vrtačast svet z izrazito ekstenzivno rabo, kar je razvidno iz spodnje fotografije št. 17.



Slika 18: Kraška planota Babno polje (pogled iz naselja)

**Preglednica 23: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za zaraščajoče površine na območju Babnega polja**

| Površina<br>(ha) | NDVI      |      |      |      | NDMI      |      |       |      |
|------------------|-----------|------|------|------|-----------|------|-------|------|
|                  | Povprečje | SD   | Min  | Maks | Povprečje | SD   | Min   | Maks |
| 3,6              | 0,23      | 0,05 | 0,11 | 0,33 | -0,07     | 0,10 | -0,18 | 0,16 |
| 2,8              | 0,25      | 0,04 | 0,18 | 0,35 | -0,01     | 0,10 | -0,12 | 0,23 |
| 1,9              | 0,26      | 0,06 | 0,19 | 0,40 | 0,03      | 0,08 | -0,13 | 0,17 |
| 3,2              | 0,29      | 0,06 | 0,12 | 0,38 | 0,08      | 0,12 | -0,13 | 0,36 |
| 1,3              | 0,29      | 0,03 | 0,21 | 0,36 | 0,09      | 0,12 | -0,11 | 0,26 |
| 1,7              | 0,31      | 0,06 | 0,21 | 0,41 | 0,10      | 0,12 | -0,12 | 0,37 |

Samo v Babnem polju so dovolj velike zaraščajoče površine (opredeljene v karti rabe tal), ki jih lahko zajamemo v analizo. Povprečja njihovih vegetacijskih indeksov se ne razlikujejo od npr. ekstenzivnih travnikov, kar je bilo tudi pričakovano. Zemljišča, na katera se naselijo posamezne pionirske vrste dreves in grmovja, se po indeksu NDVI ne ločijo od nepokošenega travnika.

Bolj zanimiva pa je analiza NDMI vrednosti. Medtem ko so vrednosti povprečij pri ostalih rabah v veliki večini negativne, so pri zaraščajočih površinah večinoma pozitivna (velja za leto 1992 in 2000). V letu 2005 pa so vrednosti očitno višje od ostalih. Izjema je prva parcela z velikostjo 3,6 ha, ki smo si jo tudi podrobneje pogledali. Na omenjeni parceli se posamezni robovi gozda počasi širijo, vendar pa se večino parcele še uporablja za travnike in pašnike, deloma tudi za njive. To je tudi zelo verjetna razlaga za negativno vrednost NDMI povprečja.

**Preglednica 24: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM za ostale zaraščajoče površine**

| Površina<br>(ha) | NDVI - povprečja |      |      | NDMI - povprečja |       |      |
|------------------|------------------|------|------|------------------|-------|------|
|                  | 1992             | 2000 | 2005 | 1992             | 2000  | 2005 |
| 2,5              | 0,48             | 0,39 | 0,58 | -0,02            | 0,07  | 0,15 |
| 1,4              | 0,46             | 0,27 | 0,56 | -0,03            | -0,05 | 0,19 |
| 26,1             | 0,52             | 0,36 | 0,55 | 0,13             | 0,14  | 0,22 |
| 1,1              | 0,50             | 0,36 | 0,53 | 0,15             | 0,20  | 0,21 |
| 1,2              | 0,47             | 0,26 | 0,50 | 0,07             | 0,09  | 0,21 |
| 9,9              | 0,45             | 0,23 | 0,52 | 0,03             | -0,01 | 0,15 |

Pri analizi podatkov smo satelitske posnetke grobo razmejili na območja Loške doline, Loškega Potoka, Babnega polja in Blok. Razmejitev je potekala na podlagi karte rabe tal, tako da so nekatere zaraščajoče površine padle pod matično območje gozda. Tu navajamo še ostala povprečja za primerjavo med leti 1992, 2000 in 2005 za parcele, ki so bile razvrščene pod gozdnato krajino.

**Preglednica 25: Vrednosti vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI na satelitskem posnetku Landsat ETM iz leta 2000 za naselja (velja za celotno območje analize).**

| Površina |           | NDVI |       |      | NDMI      |      |       |      |
|----------|-----------|------|-------|------|-----------|------|-------|------|
| (ha)     | Povprečje | SD   | Min   | Maks | Povprečje | SD   | Min   | Maks |
| 68,0     | -0,05     | 0,17 | -0,43 | 0,42 | -0,21     | 0,10 | -0,46 | 0,09 |

Tu povprečje lepo pokaže, kako vplivajo neporasle površine na vrednost indeksa. Visoke maksimalne vrednosti kažejo, da so med naselja prištete tudi posamične večje zelene površine, ki pa zaradi maloštevilnosti ne vplivajo dosti na nizko vrednost povprečja, ki je pri indeksu NDVI edina negativna. Tudi indeks NDMI pokaže razliko med naselji in ostalimi rabami tal, vendar ta razlika ni tako očitna kot pri NDVI. Nekaj posameznih travnikov na območju Blok ima tudi podobno nizke vrednosti povprečij kot naselja.

V naslednjih 3 preglednicah smo prikazali še nekaj zemljišč z ekstremnimi vrednostmi. S pogledom najvišjih in najnižjih 5 povprečij vidimo, katera homogena zemljišča so na vrhu in na dnu lestvice vrednosti vegetacijskih indeksov. Maksimumi in minimumi nam dodajo manj homogena zemljišča z vidika vrednosti vegetacijskih indeksov, prek standardnega odklona pa smo preverili, katera zemljišča so najmanj homogena. Vsem zemljiščem z ekstremnimi vrednostmi smo dopisali ustrezno rabo tal in pripadnost krajinski enoti, tako da lažje spoznamo značilnosti posameznih vegetacijskih enot. Iskali smo morebitne razlike med krajinskimi enotami in rabo tal, ekstremne vrednosti pa smo spremljali tudi skozi leta 1992, 2000 in 2005 ter opazovali spremembe v razvrstitvi zemljišč.

**Preglednica 26: Ekstremne vrednosti vegetacijskega indeksa NDVI za leto 2000**

| ID   | Površina<br>(ha) | min   | maks | povprečja | SD*  | Raba | Krajinska enota | Opombe                                                |
|------|------------------|-------|------|-----------|------|------|-----------------|-------------------------------------------------------|
| 21   | 68,0             | -0,43 | 0,42 | -0,05     | 0,17 | 3000 | naselja         | najnižje povprečje                                    |
| 876  | 54,5             | -0,17 | 0,51 | 0,26      | 0,11 | 1310 | Bloke           | najnižji min                                          |
| 604  | 6,1              | -0,19 | 0,57 | 0,32      | 0,15 | 1100 | Bloke           | najnižji min                                          |
| 1040 | 88,7             | -0,27 | 0,32 | 0,13      | 0,07 | 4210 | Cerknica        | najnižji min, najnižjih 5 povprečij                   |
| 1467 | 1,2              | -0,01 | 0,25 | 0,08      | 0,07 | 1322 | Bloke           | najnižjih 5 povprečij                                 |
| 1190 | 14,5             | -0,06 | 0,21 | 0,09      | 0,06 | 4220 | Cerknica        | najnižjih 5 povprečij                                 |
| 1380 | 13,2             | 0,02  | 0,22 | 0,11      | 0,04 | 4220 | Cerknica        | najnižjih 5 povprečij                                 |
| 1875 | 10133,8          | -0,20 | 0,65 | 0,36      | 0,09 | 2000 | Babno polje     | največja gozd. površina (največji maks), najnižji min |
| 2791 | 563,8            | -0,06 | 0,62 | 0,34      | 0,10 | 2000 | Loški Potok     | največjih 5 maks                                      |
| 611  | 497,3            | -0,07 | 0,61 | 0,36      | 0,10 | 2000 | Loški Potok     | največjih 5 maks                                      |
| 790  | 4179,0           | -0,09 | 0,62 | 0,37      | 0,09 | 2000 | Babno polje     | največjih 5 maks                                      |
| 1126 | 226,4            | -0,04 | 0,63 | 0,38      | 0,09 | 2000 | Loški Potok     | največjih 5 maks                                      |
| 3018 | 3,5              | 0,38  | 0,52 | 0,47      | 0,03 | 1100 | Loški Potok     | najvišjih 5 povprečij                                 |
| 1715 | 5,2              | 0,26  | 0,50 | 0,42      | 0,05 | 1100 | Loška dolina    | najvišjih 5 povprečij                                 |
| 2963 | 148,1            | 0,07  | 0,59 | 0,44      | 0,07 | 2000 | Loška dolina    | najvišjih 5 povprečij                                 |
| 2933 | 1,3              | 0,38  | 0,51 | 0,46      | 0,03 | 1100 | Loški Potok     | najvišjih 5 povprečij                                 |
| 2905 | 1,1              | 0,37  | 0,50 | 0,43      | 0,04 | 1322 | Loška dolina    | najvišjih 5 povprečij                                 |
| 1523 | 2,5              | 0,18  | 0,51 | 0,39      | 0,09 | 1410 | Loški Potok     | visoko povprečje                                      |
| 682  | 7,1              | 0,20  | 0,61 | 0,39      | 0,09 | 1310 | Sodražica       | visoko povprečje                                      |

SD\* je kratica za standardni odklon (*standard deviation*).

Pri rabi prostora so uporabljene standardne šifre (glej prilogo B): 1100 – njive in vrtovi, 1310 – intenzivni travniki, 1322 – ekstenzivni travniki, 1410 – zemljišča v zaraščanju, 2000 – gozd in poraščene površine, 3000 – pozidana zemljišča, 4210 – trstičja, 4220 – ostala zamočvirjena zemljišča.

Vsa zemljišča smo razvrstili po velikosti ekstremnih vrednosti (minimumov, maksimumov), poprečij vegetacijskih indeskov in standardnih odklonov ter v preglednicah prikazal le 5 najvišjih oz. 5 najnižjih vrednosti:

- Najvišjih pet povprečij zajemajo 3 površine razreda njiv in vrtov, 1 gozdna površina in 1 ekstenzivni travnik (ki je zelo majhen). Največje vrednosti povprečij znašajo od 0,42-0,48. Večje vrednosti imajo gozdovi (14 površin je med prvimi 25.), njive in vrtovi, pa tudi zaraščajoče površine.
- Najnižjih pet povprečij imajo nepozidane površine, ekstenzivni travnik (verjetno zelo suh, ID 1467), dve ostali zamočvirjeni zemljišči (šifra 4220) in pa trstičje.

Najnižjih pet povprečij se giblje od 0,13 do (-0,06). Iz preglednice je razvidno, da trstičja in močvirja spadajo med zemljišča z nizkimi povprečnimi vrednostmi vegetacijskih indeksov. Satelitski posnetki so bili posneti v poletnem času, ko so sicer vlažna zemljišča v sušnem stanju.

- Največji maksimum ima gozdna površina (hkrati tudi največja ploskev). Pravzaprav se vseh pet največjih maksimumov nahaja v gozdu (šifra rabe: 2000). Znašajo od 0,61-0,65. Trditev, da imajo gozdne površine večje vegetacijske indekse kot ostale rabe potrjuje dejstvo, da je med 25 najvišjimi maksimumi kar 22 gozdnih površin. Podrobnosti o gozdnih sestojih so predstavljene v naslednjem poglavju, tu pa zgolj primerjamo površine različne rabe.
- Najnižji minimum imajo pozidane površine in znaša (-0,43). Med 5 najnižjih vrednosti spadajo še trstičja (šifra 4210), njive (verjetno so bile v času snemanja brez poljščin ali sveže preorane) in intenzivni travnik (ID 876). Najnižjih 5 vrednosti se giblje med (-0,17) in (-0,43).
- Največji standardni odklon in s tem tudi razpon podatkov je pri pozidanih zemljiščih in velikih gozdnih površinah, kar je tudi razumljivo.

**Preglednica 27: Ekstremne vrednosti vegetacijskega indeksa NDVI za leto 1992**

| ID   | Površina (ha) | min   | maks | povprečja | st. Odklon | Raba | krajinska enota | opombe                                 |
|------|---------------|-------|------|-----------|------------|------|-----------------|----------------------------------------|
| 876  | 54,5          | 0,16  | 0,62 | 0,45      | 0,06       | 1310 | Bloke           | najnižji min                           |
| 2648 | 6,5           | 0,18  | 0,44 | 0,33      | 0,06       | 1100 | Loška dolina    | najnižji min                           |
| 790  | 4179,0        | 0,16  | 0,66 | 0,50      | 0,06       | 2000 | Babno polje     | najn. min, najvišjih 5 maks            |
| 367  | 9,8           | 0,19  | 0,46 | 0,26      | 0,07       | 1322 | Bloke           | najnižjih 5 povprečij                  |
| 1369 | 4,0           | 0,24  | 0,42 | 0,32      | 0,04       | 1100 | Cerknica        | najnižjih 5 povprečij                  |
| 2177 | 2,0           | 0,20  | 0,43 | 0,32      | 0,11       | 1310 | Loška dolina    | najnižjih 5 povprečij                  |
| 21   | 68,0          | -0,06 | 0,48 | 0,20      | 0,12       | 3000 | Babno polje     | najnižjih 5 povprečij, najnižjih 5 min |
| 1792 | 6,1           | 0,18  | 0,39 | 0,28      | 0,05       | 1100 | Cerknica        | najnižjih 5 povprečij, najnižjih 5 min |
| 1126 | 226,4         | 0,29  | 0,69 | 0,52      | 0,06       | 2000 | Loški Potok     | najvišjih 5 maks                       |
| 1875 | 10133,8       | 0,27  | 0,70 | 0,52      | 0,06       | 2000 | Babno polje     | najvišjih 5 maks                       |
| 2791 | 563,8         | 0,27  | 0,67 | 0,47      | 0,07       | 2000 | Loški Potok     | najvišjih 5 maks                       |
| 3653 | 426,5         | 0,27  | 0,67 | 0,52      | 0,06       | 2000 | Babno polje     | najvišjih 5 maks                       |
| 85   | 117,5         | 0,35  | 0,65 | 0,54      | 0,09       | 2000 | Bloke           | najvišjih 5 povprečij                  |
| 372  | 89,5          | 0,31  | 0,65 | 0,54      | 0,05       | 2000 | Sodražica       | najvišjih 5 povprečij                  |
| 2905 | 1,1           | 0,50  | 0,61 | 0,56      | 0,04       | 1322 | Loška dolina    | najvišjih 5 povprečij                  |
| 2963 | 148,1         | 0,31  | 0,65 | 0,56      | 0,04       | 2000 | Loška dolina    | najvišjih 5 povprečij                  |
| 3326 | 164,0         | 0,36  | 0,65 | 0,54      | 0,09       | 2000 | Babno polje     | najvišjih 5 povprečij                  |

- Najvišjih pet povprečij zajemajo 4 gozdne površine in 1 ekstenzivni travnik na območju Loške doline (glej podatke pri sliki št. 16). Najvišjih 5 povprečij se giblje od 0,45 do 0,56. Zanimivo je, da so v tem letu (1992) gozdne površine uvrščene tako visoko, v letih 2000 in 2005 imajo tudi druge rabe zemljišč zelo visoke vrednosti povprečij vegetacijskih indeksov.
- Najnižjih pet povprečij imajo nepozidane površine, 2 njivi oz. vrtova, 1 intenzivni in 1 ekstenzivni travnik. Domnevamo, da so bili travniki sveže ali malo pred snemanjem košeni, njive pa preorane. Najnižjih 5 povprečij se giblje med 0,20 in 0,32.
- Največji maksimumi tudi tu ležijo v gozdnih površinah. Trditev, da imajo gozdne površine večje vegetacijske indekse kot ostale rabe potrjuje dejstvo, da je med 25 najvišjimi maksimumi kar 23 gozdnih površin. Maksimum v letu 1992 doseže vrednost 0,70.
- Najnižji minimum imajo pozidane površine, 2 njivi oz. vrtova, 1 intenzivni travnik na Blokah in 1 gozdna površina. Tudi tu je več kot očiten preskok med najnižjo vrednostjo v naseljih (-0,06) in drugih rabah (0,16). Gozdna površina (id 790)

obsega kar 4179 ha in je pričakovati, da se v tako veliki površini skrivajo tudi neporaščene površine (križišča, ceste, kamnolomi...), ki odsevajo nizko vrednost posamičnega piksla.

- Največji razpon podatkov je pri pozidanih zemljiščih in največjih gozdnih površinah, kar je tudi razumljivo.

**Preglednica 28: Ekstremne vrednosti vegetacijskega indeksa NDVI za leto 2005**

| ID   | Površina<br>(ha) | min   | maks | Povpr. | st.<br>odklon | Raba | krajinska<br>enota | opombe                                 |
|------|------------------|-------|------|--------|---------------|------|--------------------|----------------------------------------|
| 604  | 6,1              | -0,01 | 0,60 | 0,49   | 0,12          | 1100 | Bloke              | najmanjših 5 min                       |
| 876  | 54,5             | 0,15  | 0,63 | 0,52   | 0,08          | 1310 | Bloke              | najmanjših 5 min                       |
| 611  | 497,3            | 0,24  | 0,65 | 0,54   | 0,05          | 2000 | Loški Potok        | najmanjših 5 min                       |
| 1701 | 1,4              | 0,26  | 0,60 | 0,45   | 0,12          | 1321 | Cerknica           | najmanjših 5 min,<br>najmanjših 5 min, |
| 21   | 68,0             | -0,19 | 0,57 | 0,27   | 0,14          | 3000 | Babno polje        | najnižjih 5 povprečij                  |
| 1375 | 3,0              | 0,34  | 0,54 | 0,42   | 0,04          | 1322 | Bloke              | najnižjih 5 povprečij                  |
| 2183 | 31,8             | 0,35  | 0,51 | 0,42   | 0,03          | 2000 | Loški Potok        | najnižjih 5 povprečij                  |
| 1467 | 1,2              | 0,37  | 0,50 | 0,41   | 0,03          | 1322 | Bloke              | najnižjih 5 povprečij                  |
| 2236 | 3,6              | 0,38  | 0,51 | 0,41   | 0,03          | 2000 | Loški Potok        | najnižjih 5 povprečij                  |
| 1875 | 10133,8          | 0,30  | 0,69 | 0,54   | 0,06          | 2000 | Babno polje        | Največjih 5 maks                       |
| 2791 | 563,8            | 0,30  | 0,68 | 0,53   | 0,06          | 2000 | Loški Potok        | Največjih 5 maks                       |
| 790  | 4179,0           | 0,33  | 0,68 | 0,55   | 0,05          | 2000 | Babno polje        | Največjih 5 maks                       |
| 1415 | 893,6            | 0,34  | 0,67 | 0,53   | 0,05          | 2000 | Loški Potok        | Največjih 5 maks                       |
| 3653 | 426,5            | 0,36  | 0,67 | 0,55   | 0,05          | 2000 | Babno polje        | Največjih 5 maks                       |
| 1277 | 216,1            | 0,41  | 0,66 | 0,58   | 0,04          | 2000 | Loška dolina       | najvišjih 5 povprečij                  |
| 1649 | 1,4              | 0,52  | 0,61 | 0,58   | 0,02          | 1310 | Loška dolina       | najvišjih 5 povprečij                  |
| 2306 | 3,8              | 0,52  | 0,63 | 0,60   | 0,02          | 1310 | Loška dolina       | najvišjih 5 povprečij                  |
| 1096 | 1,2              | 0,55  | 0,61 | 0,58   | 0,02          | 1310 | Bloke              | najvišjih 5 povprečij                  |
| 944  | 1,4              | 0,58  | 0,61 | 0,59   | 0,01          | 4220 | Cerknica           | najvišjih 5 povprečij                  |

- Najvišjih pet povprečij zajemajo 3 intenzivni travniki, 1 zamočvirjeno zemljišče in 1 gozdna površina. Intenzivni travniki so tu uvrščeni tako visoko zaradi svoje homogenosti in tudi majhnosti. Ker so gozdne površine v tej analizi slabo razčlenjene in so kot ena površina obravnavani celi gozdni kompleksi, se njihova povprečja težko uvrstijo med najvišjih 5, saj vsebujejo tudi nizke vrednosti NDVI (gozdne ceste, križišča...).
- Najnižjih pet povprečij imajo nepozidane površine (0,27), 2 ekstenzivna travnika na Blokah in 2 gozdni površini. Najnižjih pet povprečij se giblje od 0,27 do 0,42, pri čemer je zelo velik preskok med vrednostjo naselij in ostale rabe.
- Vseh pet maksimumov imajo gozdne površine. Maksimalne vrednosti dosežejo 0,69. Med najvišjimi maksimumi tudi tu prevladujejo gozdne zaplate, vendar jih

med prvih 25 spada le 17. Med prvih 25 se uvrščajo tudi travniki (intenzivni in ekstenzivni), kar kaže na močan vpliv preskrbljenosti z vodo na vrednosti NDVI. Poletje 2005 je bilo namreč eno izmed bolj bogatih s padavinami.

- Najnižji minimum imajo naselja (-0,19), njiva oz. vrt na območju Blok, intenzivni travnik na Blokah, gozdna parcela v Loškem potoku in barjanski travnik. Najnižjih 5 vrednosti se giblje med (-0,19) in (0,26).
- Največji razpon podatkov je pri pozidanih zemljiščih.

#### 4.4 PRESEKI SESTOJNIH KART IN VEGETACIJSKIH INDEKSOV

V analizi rabe tal in vegetacijskih indeksov so bile gozdne površine razdeljene v samo nekaj površin. Zanima nas, kako se vegetacijski indeksi razlikujejo znotraj homogenih gozdnih površin. Homogene gozdne površine smo opredelili po podatkih sestojne karte Zavoda za gozdove Slovenije, OE Postojna. Le ta pokriva Loško dolino z okoliškimi gozdovi. Za preglednejši opis sestojnih značilnosti smo uporabili tudi podatke o gozdnogospodarskih razredih, v katere sodijo posamezni sestoji.

**Preglednica 29: Šifrant za razvojne faze in sklep sestojev**

| ŠIFRA | RAZVOJNA FAZA                 | ŠIFRA | SKLEP                |
|-------|-------------------------------|-------|----------------------|
| 1     | MLADOVJE                      |       |                      |
| 2     | DROGOVNJAK                    | 1     | TESEN                |
| 3     | DEBELJAK                      | 2     | NORMALEN             |
| 4     | SESTOJ V OBNOVI               | 3     | RAHEL                |
| 5     | DVOSLOJNI SESTOJ              | 4     | VRZELAST             |
| 6     | RAZNOMERNO (posamično - šopi) | 5     | PRETRGAN             |
| 7     | RAZNOMERNO (skupine - gnezda) | 4     | VRZELAST DO PRETRGAN |
| 8     | PANJEVEC                      |       |                      |
| 9     | GRMIČAV GOZD                  |       |                      |
| 10    | PIONIRSKI GOZD Z GRMIŠČI      |       |                      |
| 11    | TIPIČNI PREBIRALNI SESTOJ     |       |                      |

**Preglednica 30: Ekstremne vrednosti vegetacijskega indeksa NDVI za leto 1992 v gozdnih sestojih**

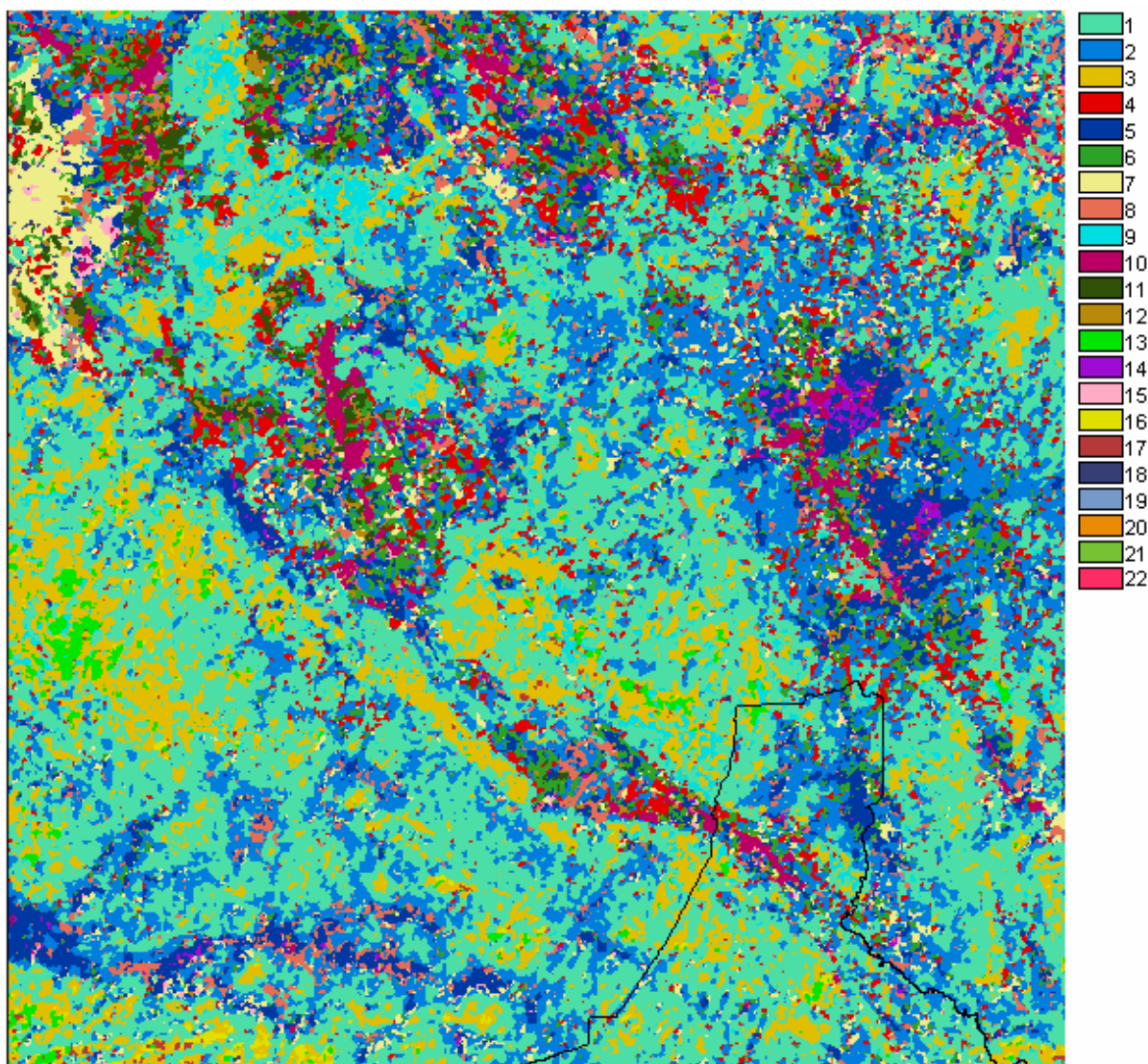
| Površina<br>(ha) | %<br>iglavcev<br>v LZ | R<br>faza | Sklep | GRGE | Min.<br>vrednost | Maks.<br>vrednost | Povpr.<br>NDVI | Stand.<br>odklon | opombe                      |
|------------------|-----------------------|-----------|-------|------|------------------|-------------------|----------------|------------------|-----------------------------|
| 10,71            | 84                    | 3         | 2     | 123  | 0,40             | 0,55              | 0,33           | 0,09             | 5 najnižjih povprečij       |
| 1,98             | 26                    | 3         | 1     | 417  | 0,37             | 0,44              | 0,34           | 0,05             | 5 najnižjih povprečij       |
| 3,42             | 20                    | 7         | /     | 119  | 0,47             | 0,58              | 0,34           | 0,05             | 5 najnižjih povprečij       |
| 1,71             | 36                    | 3         | 2     | 401  | 0,40             | 0,46              | 0,34           | 0,11             | 5 najnižjih povprečij       |
| 4,32             | 88                    | 2         | 1     | 117  | 0,46             | 0,58              | 0,34           | 0,05             | 5 najnižjih povprečij       |
| 1,80             | 31                    | 3         | 2     | 112  | 0,57             | 0,67              | 0,37           | 0,02             | 3 najvišji maks             |
| 1,89             | 31                    | 2         | 1     | 401  | 0,32             | 0,44              | 0,40           | 0,03             | 5 najnižjih min             |
| 1,35             | 5                     | 4         | 4     | 504  | 0,37             | 0,47              | 0,41           | 0,10             | največji razpon<br>podatkov |
| 3,42             | 81                    | 6         | /     | 112  | 0,28             | 0,59              | 0,48           | 0,05             | 5 najnižjih min             |
| 1,26             | 76                    | 3         | 2     | 307  | 0,39             | 0,49              | 0,48           | 0,08             | največji razpon<br>podatkov |
| 6,12             | 74                    | 2         | 2     | 417  | 0,32             | 0,58              | 0,48           | 0,03             | 5 najnižjih min             |
| 12,42            | 30                    | 3         | 1     | 407  | 0,31             | 0,56              | 0,48           | 0,04             | 5 najnižjih min             |
| 7,38             | 20                    | 1         | 1     | 307  | 0,42             | 0,66              | 0,51           | 0,03             | 3 najvišji maks             |
| 1,98             | 22                    | 3         | 2     | 121  | 0,54             | 0,69              | 0,52           | 0,03             | 3 najvišji maks             |
| 5,40             | 84                    | 4         | 3     | 417  | 0,31             | 0,53              | 0,55           | 0,03             | 5 najnižjih min             |
| 1,44             | 27                    | 3         | 2     | 307  | 0,47             | 0,57              | 0,62           | 0,00             | najvišjih 5 povprečij       |
| 1,89             | 62                    | 6         | /     | 104  | 0,42             | 0,59              | 0,62           | 0,01             | najvišjih 5 povprečij       |
| 1,80             | 77                    | 3         | 2     | 104  | 0,45             | 0,55              | 0,62           | 0,01             | najvišjih 5 povprečij       |
| 1,71             | 39                    | 3         | 2     | 204  | 0,48             | 0,63              | 0,63           | 0,01             | najvišjih 5 povprečij       |
| 1,53             | 84                    | 3         | 1     | 307  | 0,48             | 0,57              | 0,63           | 0,01             | najvišjih 5 povprečij       |

- Najvišja povprečja za leto 1992 se pri gozdnih sestojih gibljejo od 0,55 do 0,63. Večina gozdnih površin ima povprečje višje od 0,5. Pri primerjavi z vrednostmi kmetijskih zemljišč se gozdne površine bolj nagibajo k višjim vrednostim, razlika je vidna predvsem pri najvišjih povprečjih. V primerjavi s kmetijskimi zemljišči ima 20 % gozdnih površin večje vrednosti kot kmetijska zemljišča z najvišjimi vrednostmi. Najvišja povprečja imajo debeljaki - jelovi sestoji na rastišču *Omphalodo-Fagetum typicum* in mešani gozdovi na *Omphalodo-Fagetum mercurialetosum*, z normalnim sklepom krošenj. Sestoji z visokimi povprečnimi vrednostmi se nahajajo predvsem v Javorniškem masivu na območju Kozarjevca, Mezinovih lazev in Vrtače nad Kozariščami, na zahodnih pobočjih Cerovnjaka, Ravnih lazov in Črnega vrha (smer Loška dolina – Babno polje), na severnem pobočju Koštabonja (pod Bloško polico), na Kneškem vrhu (Loška dolina), na južnih pobočjih Mošnjevca (Loški Potok), na Ivanč lazah (Bloke), na pobočjih Bazlovega vrha (Loški Potok) in med Kleščami in Peklom (Snežniški masiv).

- Pri najnižjih povprečnih vrednostih NDVI so razlike med gozdnimi sestoji in kmetijskimi površinami jasno vidne. Sestoji z najnižjimi vegetacijskimi indeksi imajo vrednosti okoli 0,40; medtem ko se najnižja povprečja pri kmetijskih zemljiščih gibljejo okrog 0,25. Težko tu zagotovo govorimo o slabši vitalnosti, lahko so bili pred kratkim redčeni, lahko so občutljivi na sušo ali pa vsebujejo objekte, ki jim močno znižujejo povprečje. V večini pa gre za debeljake s tesnim do normalnim sklepom krošenj na bolj toplih rastiščih (bukovi gozdovi na *Ostryo-Fagetum*, gozdovi termofilnih listavcev na *Ostryo carponifoliae-Fraxinetum*, gozdovi rdečega bora na *Hacquetio-Fagetum* v. g. *Ruscus hyp.*)
- Maksimalne vrednosti pri posameznih sestojih presegajo 0,60 in dosežejo celo 0,69. Da gozdne površine vsebujejo najvišje maksimume, smo pokazali že pri preseku karte indeksov NDVI in karte rabe prostora. Maksimumi NDVI se nahajajo v drogovnjakih, pa tudi debeljakih mešanih in jelovih gozdov na *Omphalodo-Fagetum mercurialetosum* ter mešanih gozdovih na *Omphalodo-Fagetum typicum*.
- Minimalne vrednosti so v primerjavi z zemljišči rabe tal tudi višje za približno desetinko vrednosti NDVI. To pomeni, da sicer obstajajo kmetijska zemljišča, ki imajo višje minimalne vrednosti, vendar jih ni veliko.
- Standardni odkloni so malenkost nižji kot pri parcelah, razmejenih po karti rabe. To pomeni, da so sestoji bolj homogeni, kar se tiče vrednosti NDVI.

#### 4.5 METODA RGB-NDVI IN NENADZOROVANA KLASIFIKACIJA

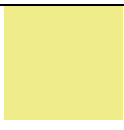
Metoda RGB-NDVI nam omogoča, da združimo tri časovno različne posnetke v eno karto, ki odraža lastnosti vsakega obdobja posebej. Na ta način smo združili tri posnetke NDVI (1992, 2000, 2005). Izpeljali smo nenadzorovano klasifikacijo, s katero so bili piksli s podobnimi vrednostmi NDVI razvrščeni v 22 razredov. Tako razdeljene slikovne elemente smo zaradi lažje interpretacije povezali s postopkom generalizacije (filtriranja) v večje, bolj strnjene površine.

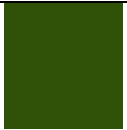
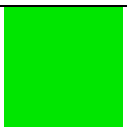


Slika 19: Filtrirana slika RGB-NDVI Loške doline z okolico z 22 razredi

Razredi so predstavljeni v spodnji preglednici št. 31, kjer so preko svojih povprečnih vrednosti kategorizirani v 7 kategorij. Spodnje kategorije zelo dobro odražajo stanje vegetacije posameznih razredov, saj višja kategorija odraža višjo vrednost indeksa. Ker višino indeksa (in s tem tudi kategorije) pogojujejo velikost listne površine, vsebnost vode v rastlinah in gospodarjenje z površinami, se to lepo odraža z nihanjem. Kategorije so bile ustvarjene na podlagi vrednosti NDVI tako, da so bile NDVI vrednosti pomnožene z 10 in zaokrožene na celo številko. Če ima npr. 1. razred za leto 1992 NDVI povprečje od 0.45 do 0.54, potem mu je bila dodeljena kategorija 5.

**Preglednica 31: Vrednosti nenadzorovane klasifikacije RGB-NDVI, prikazane s pomočjo 7. kategorij**

| Št. raz. /<br>velikost<br>(ha) | Barva na<br>karti                                                                   | Kategorije |      |      | Površine, ki jih razredi<br>zajemajo                                                | Prevladujoči GR v posamičnem<br>razredu (delež celotne površine).<br>Za šifre glej prilogo C. |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                |                                                                                     | 1992       | 2000 | 2005 |                                                                                     |                                                                                               |
| 1.<br><br>12.885,4             |   | 5          | 4    | 6    | 87 % gozd, ostalo<br>posamični travniki                                             | 117 (15%), 104 (9%), 107 (9%),<br>111 (8%), 307 (6%), 504 (5%),<br>217 (4%), 407 (4%)         |
| 2.<br><br>7.704,6              |  | 5          | 3    | 5    | Mešane površine –<br>gozd (69 %), kmetijske<br>površine (31 %)                      | 111 (10%), 104 (7%), 107 (5%),<br>117 (5%), 504 (5%), 407 (4%),<br>417 (4%)                   |
| 3.<br><br>3.746,3              |  | 6          | 5    | 6    | 95 % gozd (listavci)                                                                | 117 (32%), 204 (9%), 107 (7%),<br>104 (6%), 307 (6%), 111 (5%)                                |
| 4.<br><br>2.077,1              |  | 4          | 4    | 6    | V večini travniki,<br>gozda je 39 % (gozdne<br>jase)                                | 117 (8%), 111 (7%)                                                                            |
| 5.<br><br>2.666,9              |  | 4          | 2    | 4    | Gozd 69 % (večinoma<br>iglavci), posamezne<br>površine blizu naselij                | 305 (11%), 111 (10%), 103<br>(9%), 417 (6%), 217 (5%), 117<br>(4%)                            |
| 6.<br><br>1.960,5              |  | 4          | 3    | 5    | 72 % kmetijskih<br>površin (pretežno<br>travniki), gozda 28 %                       | 111 (5%)                                                                                      |
| 7.<br><br>1.410,3              |  | 5          | 2    | 5    | 68 % kmetijskih<br>površin (pretežno<br>barjanski travniki na<br>Cerkniškem jezeru) | 112 (4%)                                                                                      |

|     |                                                                                     |   |   |   |                                                             |                                                                                 |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 8.  |    | 5 | 3 | 4 | Mešano – 52 % gozda,<br>48 % kmet. površin                  | 104 (6%), 417 (6%), 103 (5%),<br>107 (4%), 217 (4%)                             |
| 9.  |    | 5 | 5 | 6 | 90 % gozd (večinoma<br>listavci)                            | 117 (46%), 111 (5%), 504 (5%),<br>119 (4%), 123 (4%), 204 (4%)                  |
| 10. |    | 3 | 0 | 3 | Naselja, vrtovi, ceste;<br>zajema tudi 17 %<br>gozda        | 305 (8%)                                                                        |
| 11. |    | 3 | 3 | 5 | 96 % kmetijske<br>površine                                  |                                                                                 |
| 12. |    | 3 | 2 | 5 | 78 % kmetijske<br>površine                                  | 305 (7%), 111 (4%)                                                              |
| 13. |   | 6 | 5 | 7 | 96 % gozd                                                   | 204 (33%), 117 (16%), 307<br>(13%), 504 (6%), 121 (5%)                          |
| 14. |  | 4 | 2 | 4 | 60 % gozd (večinoma<br>iglavci)                             | 305 (35%), 103 (5%)                                                             |
| 15. |  | 4 | 1 | 5 | 70 % kmetijske<br>površine (večinoma<br>močvirski travniki) | 112 (6%)                                                                        |
| 16. |  | 6 | 5 | 6 | 96 % gozd                                                   | 121 (28%), 112 (13%), 204<br>(11%), 307 (11%), 117 (10%),<br>107 (7%), 104 (4%) |
| 17. |  | 6 | 5 | 6 | 96 % gozd                                                   | 117 (37%), 121 (21%), 511<br>(5%), 204 (4%), 307 (4%)                           |
| 18. |  | 5 | 2 | 6 | 87 % kmetijske<br>površine (večina na<br>Cerkniškem jezeru) |                                                                                 |
| 19. |  | 5 | 5 | 4 | 91 % kmetijske<br>površine                                  |                                                                                 |

Razredi so oblikovani glede na podobne vrednosti NDVI skozi vsa tri opazovana obdobja. Sledijo si po velikosti, ki je v preglednici št. 31 vpisana pod zaporedno številko razreda in je izražena v hektarjih. Kategorije odražajo vrednost indeksa, preko katerih lahko vidimo tudi nihanja med leti.

Iz karte gozdnogospodarskih razredov (GR) smo izračunali delež gozdnih oz. kmetijskih površin. Razredi so bili oblikovani izključno na podlagi NDVI vrednosti, zato posamični razredi vsebujejo površine različne rabe. V zadnjem stolpcu so predstavljeni prevladujoči GR glede na celotno površino razreda. GR, ki so prispevali manj kot 4 % celotne površine razreda, nismo prikazali. Gozdnogospodarske razrede smo povzeli po podatkih dveh območnih enot Zavoda za gozdove Slovenije – OE Postojna in OE Kočevje, katerih šifranti niso med seboj povsem usklajeni (Priloga C).

Poletje 2000 je bilo v primerjavi z letom 1992 in 2005 precej bolj sušno, zato so NDVI vrednosti (posledično tudi vrednosti kategorij) tega leta precej nižje. Razredi oz. površine, ki imajo leta 2000 visoko povprečje, so bodisi bolj vitalne ali pa bolj enakomerno preskrbljene z vodo. Opaziti je, da večina gozdnih površin v letu 2000 nima velikega padca. Poglejmo npr. razred 9, ki zajema listnate gozdove, razred 3, 13, 16 (povečini bukovi gozdovi na *Ranunculo pl.-Fagetum orvaletosum*) in 17. Takšne površine so verjetno manj občutljive za sušo. Na drugi strani pa so tudi sestoji, za katere ocenjujemo, da je v sušnih obdobjih zanje mogoče določiti razlike na podlagi vegetacijskih indeksov. Takšne so površine v razredih 2 ter iglavci v razredih 5 in 14. Med negozdnimi zemljišči so taka zemljišča barjanski travniki razreda 7, močvirski travniki razreda 15 in druge površine predvsem na območju Cerkniškega jezera.

Na karti nenadzorovane klasifikacije je razred št. 1 precej večji od ostalih (zajema 12.885 ha) in zajema večino gozda. Zaradi podobnega spektralnega odboja so sem prišteti tudi posamezni travniki, za katere sklepamo, da niso bili košeni več kot enkrat letno, vendar so take površine izjema. Prevladujejo jelovo-bukovi gozdovi na rastiščih različnih subasociacij montanskih (*Omphalodo Fagetum*) in submontanskih (*Hacquetio – Fagetum*) bukovij. Gozdovi so mešani ali bukovi, običajno skupinsko raznodobni in raznomerni. Vrednosti NDVI so zelo visoke (0,4-0,6).

V 2. razredu še prevladujejo gozdovi, vendar imajo ti že nižje NDVI vrednosti, kot v 1. razredu, pa tudi kmetijskih površin je za slabih 10 % več. Rastišča so podobna kot v prvem razredu, pojavijo pa se sestoji bora na *Hacquetio – Fagetum*.

Tudi v 3. razredu prevladujejo gozdovi, negozdnih površin tu praktično ni, gre le za robne slikovne elemente posameznih jas v gozdu. Vrednosti NDVI so tu najvišje, tudi sušna leta se tu zaradi vitalnosti in dobre preskrbljenosti z vodo skoraj ne poznajo. Zanimivo je, da so rastišča enaka prvima dvema razredoma, vendar so NDVI indeksi tu precej višji. Iz tega sklepamo, da je vitalnost vegetacije tu boljša, možno pa je tudi, da so rastline tu bolje preskrbljene z vlago in da je sklep krošenj tesnejši. 3. razred zajema večino gozdov, ki so razporejeni po celem analiziranem območju.

4. razred predstavlja travnike, ki so sodeč po rasti indeksa NDVI napredovali v količini travinja. Terenski ogledi kažejo na tipične ekstenzivne travnike ter na močno presvetljene dele gozdov. V Loškem potoku so v ta razred uvrščeni tudi nekateri s smreko zaraščeni pašniki.



Slika 20: Zaraščajoči pašniki na območju Kramarce (Loški potok)

5. razred je zelo zanimiv. Po karti GR gre tu za manjši delež mešanih, bukovih in borovih gozdov ter večji delež zasmrečenih gozdov. Terenski ogled potrjuje, da so to pretežno iglasti in zasmrečeni gozdovi, ki prevladujejo na vzhodni polovici Loškega potoka in v okolici Mašuna (Snežniški masiv). Od gozdov imajo skoraj najnižje vrednosti NDVI, ki v sušnih poletjih močno zanihajo.

6. razred sestavljajo večinoma kmetijske površine, ki ležijo na obdelanih kraških poljih. Vrednosti NDVI so leta 2005 višje kot leta 1992. Najverjetneje gre za površine, ki so bile leta 1992 pokošene, leta 2005 pa še ne.

7. razred v večji meri sestavljajo barjanski travniki. Večina Cerkniškega jezera je pokrita s tem razredom. Pojavljajo se malopovršinsko in enakomerno po kraških dolinah, pa tudi v obliki majhnih površin v gozdu (pobočja grebenov južno od Leskove doline – Tjure, Vavkovca, Pekla itd.). Značilno za 7. razred je močno znižanje vrednosti NDVI v sušnih letih.

8. razred sestavlja zanimiva kombinacija kmetijskih zemljišč in predvsem jelovih in borovih gozdov. Na karti je največja gostota takih površin v severnih gozdovih nad Sodražico in v Leskovi dolini (smer vzhod - zahod). Vrednosti NDVI so ravno obratne kot v razredu 6. Verjetni vzroki za take razlike so morebitna redčenja in sečnje na tem področju.

V 9. razred so uvrščeni pretežno bukove gozdove, majhen del je termofilnih listavcev (*Ostrya carpinifoliae* – *Fraxinetum*) in mešanih sestojev. NDVI vrednosti so zelo visoke, sušna in vroča poletja ne vplivajo na nižje vrednosti vegetacijskih indeksov. Velika večina površin se nahaja v okolici Križne gore in Petelinjka.

10. razred obsega površine z najmanjšim NDVI indeksom in zajema neporaščena področja – naselja, ceste in kamnolome. Označi nam tudi dovolj velika križišča gozdnih cest, zajema pa tudi del vrtov (sadovnjakov in njiv) blizu naselij, pa tudi majhen del zasmrečenih gozdov.

11. razred vsebuje kmetijske površine. Po nizkih NDVI vrednostih sklepamo, da gre bolj za intenzivne travnike oz. obdelane površine, ki se na karti nahajajo predvsem v Cerkljiški kotlini, deloma pa tudi v Loški dolini. Tudi razred 12 zajema kmetijske površine, ki imajo močno znižanje NDVI vrednosti v sušnem poletju leta 2000. Vsebuje tudi del zasmrečenih gozdov. Zanimivo je, da so zasmrečeni gozdovi v nihanju NDVI vrednosti podobni kmetijskim površinam.

V 13. razred spadajo mešani in bukovi raznomerni gozdovi, ki dosegajo najvišje vrednosti NDVI. V primerjavi s kmetijskimi zemljišči imajo precej manjše nihanje NDVI vrednosti. Na sliki se nahajajo predvsem v Javorniškem masivu.

14. razred je zelo podoben 5. razredu. Vsebuje veliko zasmrečenih gozdov, ki se nahajajo predvsem v Loškem potoku, deloma tudi na JZ pobočju Loške doline in v Leskovi dolini. Izmed pretežno gozdnatih površin ima najnižje vrednosti NDVI, kar je bilo za gozdove iglavcev pričakovano. V letu 2005 je bilo presenetljivo, da so imeli vsi drugi razredi razen naselij, višje NDVI vrednosti!



Slika 21: Zasmrečeni gozdovi na robu Loške doline (ob vasi Nadlesk)

Zanimalo nas je, po čem se razlikuje od 5. razreda. Podrobnejši pregled točnejših NDVI povprečij nam pojasni razliko. 14. razred ima malo nižje vrednosti NDVI, leta 2005 pa je razlika za skoraj eno kategorijo. Povprečne vrednosti NDVI za leto 2005 so za 5. razred znašale 0,450; za 14. razred pa 0,392. Težko rečemo, da je tu vitalnost najnižja, saj je lahko vzrok v spremenjenem sklepu krošenj zaradi redčenj ali drugih posekov. Dejstvo pa je, da imajo površine tega razreda najnižje vrednosti NDVI – leta 2005 nižje celo od kmetijskih zemljišč.

15. in 18. razred zajemata kmetijske površine, ki se v večini nahajajo na Cerkniškem polju. Verjetno gre za močvirske travnike (npr. trstičja ali barjanske travnike), ki so vitalni v mokrih obdobjih, v sušnih pa ne. Manjše površine se nahajajo tudi v gozdu.

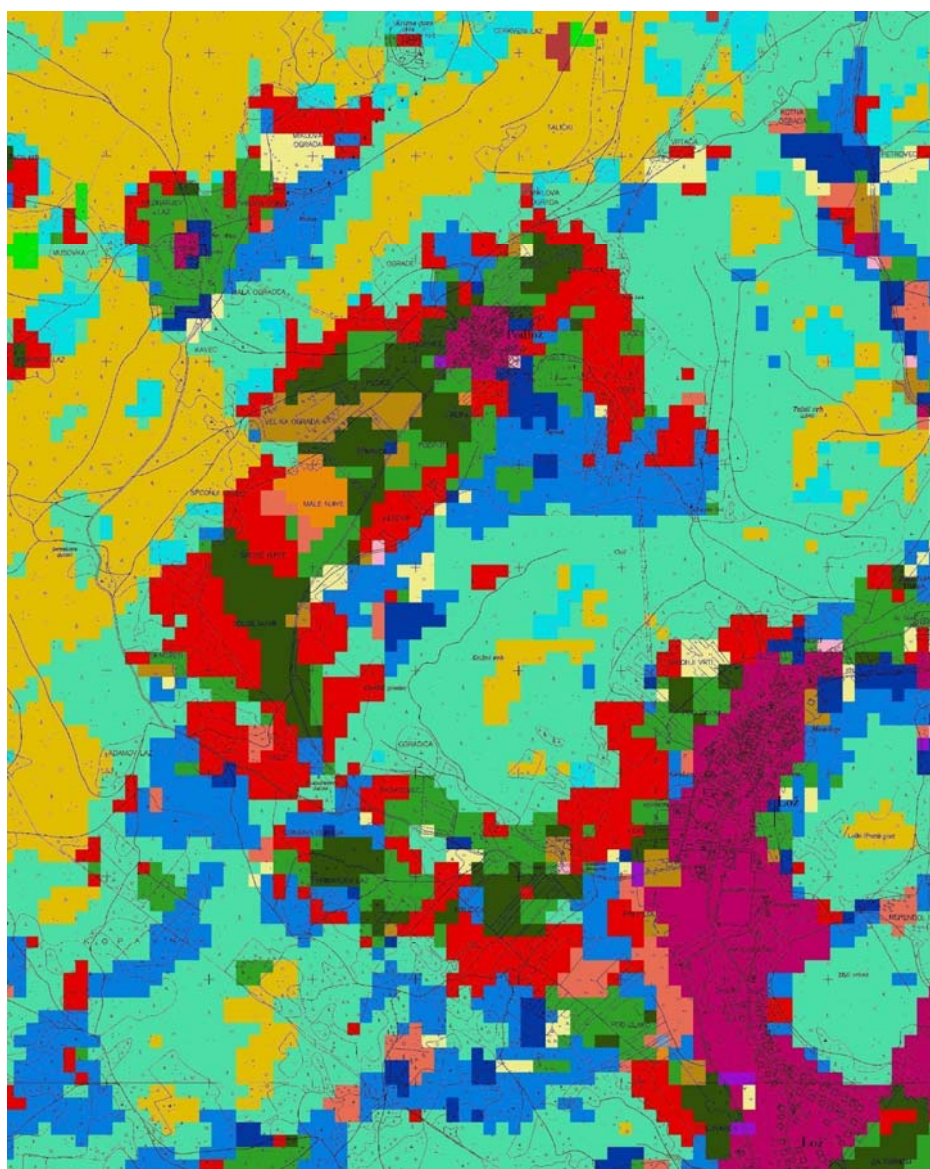
16. in 17. sta tipična gozdna razreda z visokimi vrednostmi in majhnimi nihanji NDVI. V obeh prevladujejo bukovi in mešani gozdovi, 17. razred zajema še skupinsko raznodobne gozdove na rastišču *Arunco – Fagetum*.



Slika 22: Bukovi gozdovi na rastišču *Hacquetio-Fag.* v. g. *Ruscus hyp.* (GR 117) na območju Jermendola (Loška dolina), ki prevladujejo v 17. razredu

Zadnji trije razredi (19. do 22.) so po površini majhni in so pretežno kmetijske rabe. Razlike med njimi so majhne, prav tako imajo nizke vrednosti NDVI ali velika nihanja. Zaradi svoje majhnosti (pod 20 ha) so bili izločeni iz analize, razen razreda 19.

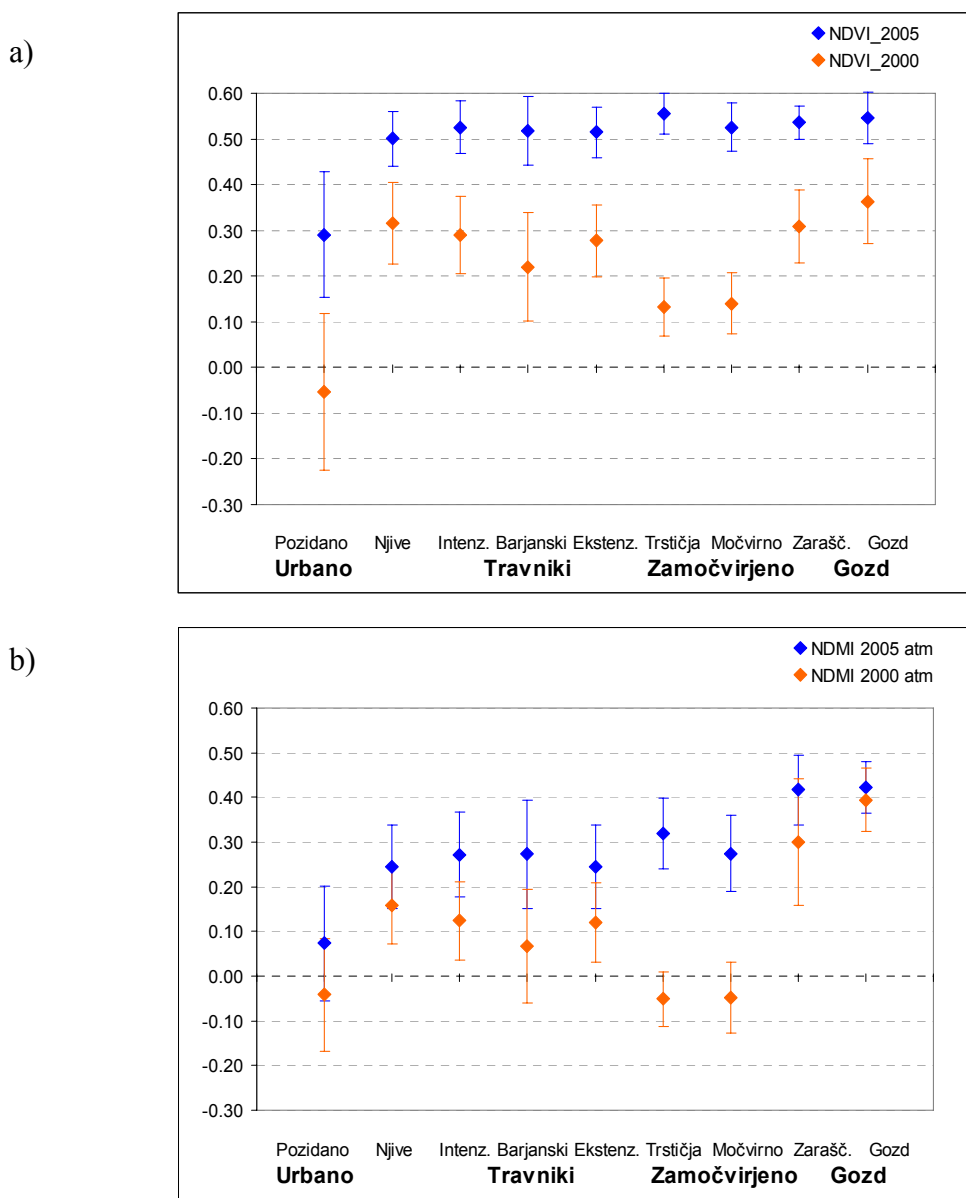
Na spodnji sliki je prikazan primer prekrivanja karte RGB-NDVI s temeljno topografsko karto (TTN). Kmetijske površine se vidno ločijo od gozdnih, prav tako naselja. Za razlago barv glej preglednico št. 31.



Slika 23: Izsek iz slike RGB-NDVI na območju Loža in Podloža, na katero je položen TTN5

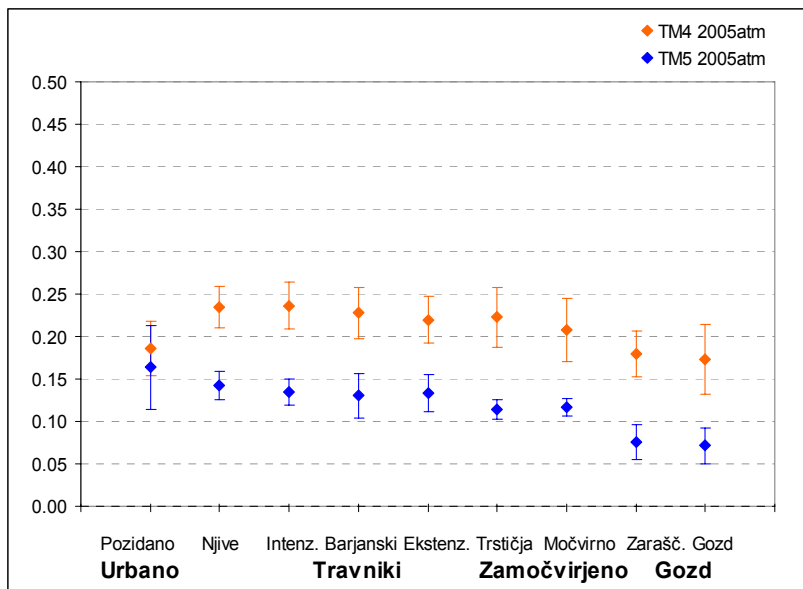
#### 4.7 ODKRIVANJE RAZLIK V VEGETACIJSKIH INDEKSIH

Z nenadzorovano klasifikacijo smo pojasnili del razlik v vegetacijskih indeksih na območju Loške doline v letih 1992, 2000 in 2005. Za posamezne skupine rabe prostora je bilo mogoče razlike pojasniti tudi zaradi vpliva suše in lažjega odkrivanja sprememb na kmetijskih zemljiščih. V letu 2000 so bile razlike med kmetijskimi zemljišči, zamočvirjenimi zemljišči ter gozdovi večje kot v deževnem poletju leta 2005.

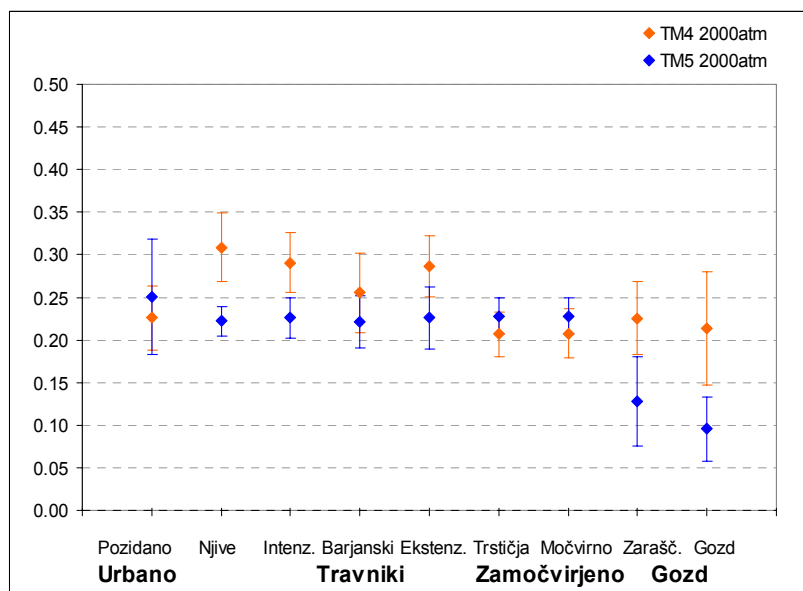


Slika 24: Povprečne vrednosti in intervali standardnih odklonov za vegetacijska indeksa NDVI (a) in NDMI (b) na območju Loške doline leta 2000 in 2005, izračunani po posameznih skupinah rabe prostora in z radiometrično korekcijo podatkov (b)

a)



b)



Slika 25: Povprečne vrednosti in intervali standardnih odklonov za 4 in 5 kanal satelitskega posnetka Landsat TM na območju Loške doline leta 2005 (a) in 2000 (b), izračunani po posameznih skupinah rabe prostora in radiometrični korekciji podatkov

Visoki standardni odkloni za vrednosti spektralnega odboja v letu 2000 kažejo na zelo velike razlike in pestro zgradbo gozdov ter zaraščajočih se zemljišč, nanje pa je vplival tudi pozen čas snemanja, kajti posnetek je bil posnet 10. septembra leta 2000. Leta 2005 so bile razlike manjše, toda gozdovi in zaraščajoče se površine so se od kmetijskih zemljišč dobro razlikovali zlasti v petem kanalu posnetka Landsat TM.

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

Satelitski posnetki se vse bolj uveljavljajo v praktični uporabi, saj se njihova cena znižuje, ločljivost in dostopnost pa se povečujeta. Poleg cene so v preteklosti njihovo uporabo zavirala še zahtevna programska orodja in slaba prostorska ločljivost. Uporaba se povečuje tudi v gozdarstvu, kjer lahko iz multispektralnih snemanj dobimo dobre podatke o stanju gozdov. V diplomski nalogi smo iz posnetkov Landsat TM izračunali vegetacijske indekse ter jih med seboj primerjali na območjih Loške doline, Loškega Potoka, Babnega polja in dela Blok ter Cerknice. Primerjali smo jih s sestojnimi kartami in karto rabe prostora ter opravili nenadzorovano klasifikacijo, kjer nas je zanimala predvsem ocena pokrovnosti in odraz rabe prostora prek vegetacijskih indeksov.

Računalniška priprava posnetkov zahteva natančnost, vendar ni zapletena. S pomočjo ortofoto posnetkov lahko kakovostno vpneemo posnetke v Gauss-Kruegerjev koordinatni sistem, kar nam omogoča nadaljnjo primerjavo z že obstoječimi tematskimi kartami. S ponovnim odčitavanjem točk smo pri vpenjanju dosegli zelo majhno napako, ki je znašala pod tretjino slikovnega elementa pri vseh posnetkih. Poleg posnetkov satelita Landsat TM s 30 m ločljivostjo smo uporabili še posnetek indijskega satelita IRS-1C iz leta 1997 s 5 m ločljivostjo.

Kompozitne slike so presenetljivo dobro pokazale stanje na opazovanem območju Loške doline z okolico. Na izbranih kombinacijah so dobro vidne razlike med naselji, kmetijskimi površinami in gozdovi. Na kompozitnih slikah RGB 432, RGB 453 in RGB 743 je mogoče vizualno oceniti prostorsko razporeditev iglastih, mešanih in listnatih gozdov. Pri treh omenjenih kombinacijah smo uporabili 4. kanal satelitskega posnetka Landsat TM, ki je občutljiv za spektralni odboj površin, pokritih z vegetacijo, saj zaznava bližnji del IR spektra.

Preizkušena vegetacijska indeksa NDVI in NDMI sta se izkazala za dobra pokazatelja stanja vegetacije, saj upoštevata odboje v bližnjem in srednjem delu IR spektra (4 in 5 kanal). Pri preseku karte rabe prostora in vegetacijskih indeksov smo primerjali med seboj posamezne rabe tal (njive in vrtove, intenzivne in ekstenzivne travnike ter naselja) na

kmetijsko obdelanih območjih Loške doline, Loškega potoka, Blok in Babnega polja. Velika ovira pri iskanju razlik je bila pregroba ločljivost satelitskih posnetkov, saj je ločljivost enega slikovnega elementa (piksla) 30 x 30 m. Parcele na teh področjih so zelo razdrobljene, običajno gre za ozka in dolga zemljišča, pri katerih prevladujejo ekstenzivni travniki. Tako je en slikovni element običajno zajel več parcel, s katerimi so gospodarili različni lastniki.

Primerjava vrednosti NDVI in NDMI je pokazala, da so vrednosti v letu 2005 precej višje. Vzrok je verjetno v večji količini padavin, ki so padle v poletju 2005. Razlike med samimi kmetijskimi rabami tal niso razpoznavne. Očitno višje vrednosti imajo le njive in vrtovi v Loškem potoku v letu 2000. Vzrok je verjetno v boljši preskrbljenosti z vodo v sušnem obdobju. Vrednosti istih zemljišč so namreč leta 2005 izenačene z njivami in vrtovi v drugih kraških dolinah in planotah. Znotraj iste rabe so razponi povprečij indeksov za zemljišča precej visoki, še posebej za intenzivne travnike. Košnja ima močan vpliv na značilnosti spektralnega odboja, kar je mogoče učinkovito uporabiti v monitoringu stanja kmetijskih zemljišč in morebitnega zaraščanja opuščenih travnikov. Sveže pokošene površine imajo nizke vrednosti vegetacijskih indeksov, saj je na njih le malo zelene biomase in so vrednosti vegetacijskih indeksov na takih zemljiščih podobne tistim v naseljih. Travniki z visoko in gosto travo pa imajo višje vrednosti vegetacijskih indeksov in so po teh vrednostih podobni gozdovom, ki smo jim ocenili najnižje vegetacijske indekse. Očitne razlike med intenzivnimi in ekstenzivnimi travniki ni bilo moč zaznati, kar smo tudi pričakovali, saj je bila že sama klasifikacija površin v omenjeni dve kategoriji vprašljiva.

Hočevar in sodelavci (1996) so analizirali zaraščanje kraške krajine, pri čemer so poiskali dejavnike zaraščanja in z regresijskim modelom pojasnili 71 % variabilnosti. Z uporabo satelitskih posnetkov Landsat TM so uspešno ločili zaraščajoče površine in tudi napovedali trend zaraščanja. Podobno so analizirali tudi Kobler in sodelavci (2002) na območju Postojne, Cerknice in Pivke, pri čemer so si pomagali s postopki numerične klasifikacije in strojnega učenja. Dosegli so 82 % skupno tematsko natančnost karte gozdov, pri agregaciji v dve skupini gozdih in negozdih zemljišč pa 91 % (Kobler in sod. 2002).

Čeprav v diplomski nalogi nismo posebej raziskovali zaraščanja kmetijskih zemljišč, smo na podlagi vrednosti NDVI in NDMI uspeli ločiti zaraščajoče površine od ostalih. Na analiziranem območju je bilo na karti rabe tal (MKGP 2002) razmejenih malo površin v zaraščanju. Več smo jih pričakovali v Loškem potoku, ki ima zanimive pašnike s postopnim zaraščanjem smreke. Kmetje smreko pustijo na pašnikih in tako se ti počasi in vztrajno zaraščajo, vendar niso opredeljeni kot zaraščajoče se površine. V Loški dolini jih je razmeroma malo, ker se je prenova v kmetijstvu (menjava generacij, načina gospodarjenja, preusmeritev polkmetov) zgodila že pred leti. Tako so se slabo kakovostni travniki in pašniki zarasli že prej ter so sedaj že poraščeni s pionirskimi vrstami in grmovjem. V Loškem potoku in Babnem polju pa je več takih površin, saj ocenjujemo, da se je taka menjava generacij zgodila šele pred kratkim.

Wilson in Sader sta s pomočjo multispektralnih satelitskih posnetkov v eni izmed svojih raziskav analizirala različne tipe sečenj. Prav tako sta uporabila vegetacijska indeksa NDVI in NDMI, pa tudi več zaporednih posnetkov. Skozi leta sta tako spremljala goloseke in zaraščanje v Mainu – ZDA. Dobila sta dobre rezultate, saj se goloseki dobro vidijo na satelitskih posnetkih, prav tako pa tudi napredovanje zaraščanja (Wilson in Sader, 2002). Tudi analizirane površine so precej večje, kot smo vajeni v slovenskih razmerah. Poleg golosekov sta spremljala tudi redčenja (*partial harvests*), ki so bolj primerljiva z našimi razmerami, kjer pa sta dobila manjšo natančnost zaznavanja (55-80%). Pri spremljanju tropskih golosekov in nato zaraščanja teh površin v Guatemali sta tudi Sader in Hayes primerjala različne tehnike daljinskega zaznavanja. Prav tako sta uporabila 3 zaporedne posnetke, vendar z 2 letnim razmakom (Sader in Hayes, 2001). Na Slovenskem je zgradba gozdnatih krajin zelo pestra, parcele kmetijskih zemljišč majhne in tudi zgradba gozdov je pestra, kar močno otežuje obdelavo podatkov satelitskih posnetkov.

Z metodo nenadzorovane klasifikacije smo glede na vrednost NDVI vseh 3 posnetkov združili slikovne elemente v 22 razredov. Postopek generalizacije (oz. filtriranja) nam je olajšal vizualno interpretacijo. Ker so bili razredi smiselno oblikovani glede na vrednosti slikovnih elementov, je bila vidna razlika med gozdnimi sestoji in kmetijskimi zemljišči, pa tudi med posameznimi skupinami gozdnih sestojev. Z nenadzorovano klasifikacijo smo jih razvrstili v več razredov, ki so se med seboj razlikovali po vrednostih vegetacijskih

indeksov in tudi po različnih nihanjih teh indeksov v treh časovnih obdobjih. Vzroki zmanjšanja vrednosti vegetacijskih indeksov so lahko manjša vsebnost vode v listih in iglicah, lahko pa tudi sečnje in redčenja, ki vplivajo na sklep krošenj. Največja nihanja vegetacijskih indeksov smo odkrili v dveh razredih nenadzorovane klasifikacije, ki sta obsegala veliko zasmrečenih in spremenjenih gozdov. Take površine se nahajajo na severnem delu Loškega Potoka, na JZ robu Loške doline, posamično pa tudi v Leskovi dolini in na območju Blok. Podrobneje bi bilo treba raziskati, ali je v teh sestojih večja tudi osutost krošenj dreves, kdaj in v kakšnem obsegu je prišlo do morebitnih razlik v zastornosti, kakšna so bila morebitna redčenja in sečnje. Na žalost leta 2006 na Zavodu za gozdove Slovenije še ni bilo dokončanih sestojnih kart za vse gozdnogospodarske enote na območju Loške doline, raziskovanja takih sprememb v sestojni zgradbi pa na podlagi agregiranih podatkov po posameznih odsekih ni mogoče zanesljivo izpeljati.

Indeks NDMI bolje prikazuje razlike med posameznimi rabami tal kot indeks NDVI. Razlike so bolj očitne (primer slika 24), kar izvira iz uporabe 5 kanala. Bolje se je izkazal tudi pri medsebojni primerjavi različnih gospodarskih razredov oz. gozdnih sestojev. Prikazal je nižje vrednosti pri zasmrečenih gozdovih in nizkokakovostih sestojih z nizko lesno zalogo (grmišča).

Z metodo vegetacijskih indeksov NDVI in NDMI nismo odkrili razlik med kmetijskimi površinami v Loški dolini in Loškem potoku. Deloma smo potrdili delovno hipotezo, da je na podlagi razlik v vegetacijskih indeksih mogoče razlikovati gozdne površine od kmetijskih. Ocenili smo, da je mogoče kljub grobi prostorski ločljivosti posnetkov Landsat TM odkriti območja brez sprememb in taka, kjer lahko sklepamo o morebitnem zaraščanju kmetijskih zemljišč. Ko take razlike odkrijemo, lahko s terenskim ogledom podrobneje raziščemo in odkrijemo razloge za odstopanja vegetacijskih indeksov. Na tak način lahko oblikujemo učinkovit monitoring rabe prostora in verjetno tudi racionaliziramo delo pri vzdrževanju podatkov o rabi prostora.

## 6 POVZETEK

V diplomski nalogi smo iz posnetkov Landsat TM izračunali vegetacijske indekse ter jih med seboj primerjali na območjih Loške doline, Loškega Potoka, Babnega polja in dela Blok ter Cerknice. Primerjali smo jih s sestojnimi kartami in karto rabe prostora, zanimala pa nas je ocena pokrovnosti in odraz rabe prostora prek vegetacijskih indeksov.

Na raziskovalnem območju je kmetijska raba prostora večinoma ekstenzivna, naseljene in obdelane so kraške doline in planote. Gozd predstavlja matico prostora in se širi na Snežniško-Javorniškem masivu ter na pobočjih Racne gore, ki se stikajo s Kočevsko-ribniškim kompleksom Velike gore. Gre za izrazit kraški svet, na katerem prevladujejo jelovo - bukovi in bukovi gozdovi.

Pri izdelavi diplomske naloge smo uporabili satelitske posnetke Landsat TM iz let 1992, 2000 in 2005 s 30 m ločljivostjo, pomagali pa smo si še s posnetki Indijskega satelita IRS-1C iz leta 1997 s 5 m ločljivostjo. Podatke smo geometrično korigirali in jih transformirali v Gauss-Kruegerjev koordinatni sistemu ter izdelali kompozitne slike, na katerih so se dobro videle razlike med kmetijskimi površinami, naselji, pa tudi med iglastimi in listnatimi gozdovi. Velika ovira pri iskanju razlik v kmetijskem prostoru je bila pregroba ločljivost satelitskih posnetkov, saj je en slikovni element običajno zajel več parcel različne rabe.

V okolju geografskih informacijskih sistemov smo izdelali preseke kart rabe prostora, sestojnih kart in izračunanih vrednosti o vegetacijskih indeksih. Primerjava vegetacijskih indeksov NDVI (*normalized difference vegetation index*) in NDMI (*normalized difference moisture index*) je pokazala, da oba indeksa dobro odražata stanje vegetacije in sta si precej podobna, vendar NDMI bolje prikazuje razlike znotraj gozdnega prostora.

S preseki karte rabe prostora, sestojnimi kartami ter nenadzorovano klasifikacijo vrednosti vegetacijskih indeksov smo ugotovili, da je na podlagi razlik v vegetacijskih indeksih mogoče razlikovati gozdne površine od kmetijskih. Ocenili smo, da je mogoče kljub grobi

prostorski ločljivosti posnetkov Landsat TM odkriti območja brez sprememb in taka, kjer lahko sklepamo o morebitnem zaraščanju kmetijskih zemljišč. Na podlagi vrednosti NDVI in NDMI smo uspeli ločiti zaraščajoče površine od ostalih.

Z nenadzorovano klasifikacijo vegetacijskih indeksov smo oblikovali razrede, ki so se med seboj razlikovali po vrednostih vegetacijskih indeksov in tudi po različnih nihanjih teh indeksov v treh časovnih obdobjih. Opisali smo razlike po posameznih razredih nenadzorovane klasifikacije, na podlagi katerih je bilo mogoče razlikovati gozdne sestoje in kmetijska zemljišča, pa tudi posamezne skupine gozdnih sestojev. Vzroki zmanjšanja vrednosti vegetacijskih indeksov so lahko manjša vsebnost vode v listih in iglicah, lahko pa tudi sečnje in redčenja, ki vplivajo na sklep krošenj. Največja nihanja vegetacijskih indeksov smo odkrili v dveh razredih nenadzorovane klasifikacije, ki sta obsegala veliko zasmrečenih in spremenjenih gozdov. Ocenili smo, da je mogoče kljub grobi prostorski ločljivosti posnetkov Landsat TM odkriti območja brez sprememb in taka, kjer lahko sklepamo o morebitnem zaraščanju kmetijskih zemljišč ali celo spremenjeni zgradbi gozdnih sestojev. Ko take razlike odkrijemo, lahko s terenskim ogledom podrobneje raziščemo in odkrijemo razloge za odstopanja vegetacijskih indeksov. Tako lahko oblikujemo učinkovit monitoring rabe prostora in verjetno tudi racionaliziramo delo pri vzdrževanju podatkov o rabi prostora.

## 6 VIRI

Bojc D. 2004. Ocenjevanje sprememb gozdnega roba v katastrski občini Gorenja vas: diplomska naloga. Ljubljana, samozaložba: 59 str.

Češarek G. 2005. Zgradba gozdnih robov v Ribniški dolini: diplomska naloga. Ljubljana, samozaložba: 41 str.

Eastman J.R. 2004. Guide to GIS and Image processing. Worcester, Idrisi Production, Clark University.

Gozdnogospodarski načrt za GE Javorje 1997 - 2006. 1997. Stari trg, ZGS – OE Postojna, KE Stari trg.

Gozdnogospodarski načrt za GE Racna gora – Križna gora 1999 - 2008. 1999. Stari trg, ZGS – OE Postojna, KE Stari trg.

Habič P. 1977. Nekaj geografskih značilnosti Loške doline. V: Notranjski listi 1. Šumrada J. (ur.). Ljubljana, Epid-Paralele: 11-15.

Hayes D. J., Sader A. S. 2001. Comparison of change-detection techniques for monitoring tropical forest clearing and vegetation regrowth in a time series. Photogrammetric engineering & remote sensing, 67, 9: 1067-1075.

Hladnik D. 2005. Spatial structure of disturbed landscapes in Slovenia. Ecological engineering, 24: 17-27

Hočevar M. 1996. Uporaba satelitske detekcije v gozdarstvu. V: Uporaba vesoljskih tehnologij. Matko D.(ur.). Radovljica, Didakta: 280-305.

Hočevar M., Kušar G., Cunder T. 2004. Monitoring in analiza zaraščanja kraške krajine v GIS okolju. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 75: 21-52.

Interaktivni naravovarstveni atlas. Realis d.o.o in MOP-Agencija RS za okolje.

<http://kremen.arso.gov.si/NVatlas> (17.10.2005)

Kobler A., Kušar G., Hočevar M. 2002. Uporaba multispektralnih satelitskih posnetkov in metod GIS za zaznavanje ter napoved zaraščanja. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 69: 277-308.

Kobler A. 2001. Sprejemljivost zaraščanja kot funkcija kakovosti kulturne krajine: magistrsko delo. Ljubljana, samozaložba: 187 str.

Pavlin B. 1996. Primer uporabe satelitskih podatkov za izdelavo karte rabe tal. V: Uporaba vesoljskih tehnologij. Matko D.(ur.). Radovljica, Didakta: 256-264.

Rakovec J., Hočevar M. 1996. Fizikalne osnove daljinskega zaznavanja in komunikacij. V: Uporaba vesoljskih tehnologij. Matko D.(ur.). Radovljica, Didakta: 87-106.

Tretjak A., Šabić D. 1996. Sateliti za opazovanje Zemlje. V: Uporaba vesoljskih tehnologij. Matko D.(ur.). Radovljica, Didakta: 169-201.

Wilson E. H., Sader A. S. 2002. Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery. Remote sensing of environment, 80: 385-396.

Woodcock C. E., Song C. 2003. Monitoring Forest Succession With Multitemporal Landsat Images: Factors of Uncertainty. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41, 11: 2557-2567.

Zajem in spremljanje rabe kmetijskih zemljišč: projekt posodobitve evidentiranja nepremičnin. 2002. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano.

Zhang M., Ustin S. L., Rejmankova E., Sanderson E. W., 1996. Monitoring pacific coast salt marshes using remote sensing. Ecological applications, 7, 3.

## **7 ZAHVALA**

Za pomoč in dobro mentorstvo se zahvaljujem mentorju doc. dr. Davidu HLADNIKU, doc. dr. Janezu Pirnatu pa za recenzijo diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi doc. dr. Janezu Krču za pomoč pri računalniški obdelavi podatkov.

Zahvaljujem se gozdarjem ZGS OE Postojna in KE Stari trg za pomoč pri pridobivanju podatkov.

Posebna zahvala gre mojim staršem, da so mi omogočili študij in mi pri tem pomagali. Za spodbudne besede in prijaznost hvala sestricam in svakom ter Simoni.

Hvala vsem prijateljem in študijskim kolegom.

## 8 PRILOGE

Priloga A: Odstopanja in koordinate izbranih 20 točk pri satelitskem posnetku Landsat TM iz leta 1992

| Lokalne k. (x, y) |        | Gaus-krugerjeva projekcija (y, x) |          | Odstopanja |
|-------------------|--------|-----------------------------------|----------|------------|
| x                 | y      | y                                 | x        |            |
| 120,7             | 1161,3 | 433736,4                          | 78708,7  | 0,7866     |
| 317,6             | 2775,3 | 449312,0                          | 124935,0 | 0,0764     |
| 321,4             | 862,5  | 437763,0                          | 68743,0  | 0,9735     |
| 373,4             | 1432,3 | 442795,1                          | 85162,2  | 0,4418     |
| 388,9             | 115,3  | 435196,5                          | 46352,0  | 1,4472     |
| 398,3             | 1560,0 | 444318,3                          | 88754,3  | 0,6045     |
| 485,8             | 85,2   | 437842,6                          | 44966,7  | 1,5421     |
| 513,1             | 1092,2 | 444827,4                          | 74323,9  | 0,6509     |
| 557,9             | 2511,3 | 455149,4                          | 111486,8 | izpuščena  |
| 627,3             | 1130,6 | 448389,9                          | 74749,5  | 0,3123     |
| 684,3             | 1734,5 | 453730,0                          | 92125,0  | 0,4998     |
| 778,8             | 879,9  | 451325,0                          | 66463,1  | 0,7212     |
| 924,4             | 1979,0 | 462290,4                          | 97833,7  | 0,7027     |
| 922,1             | 2037,8 | 462544,4                          | 99558,5  | 0,8386     |
| 940,7             | 2223,4 | 464210,8                          | 104918,7 | 0,6530     |
| 987,2             | 2108,1 | 464911,7                          | 101262,3 | 0,8040     |
| 1146,6            | 1002,7 | 462844,5                          | 67794,7  | 0,5861     |
| 1225,7            | 663,9  | 463075,9                          | 57365,3  | 0,8420     |
| 2013,5            | 873,3  | 487504,5                          | 58704,3  | 0,2824     |
| 2133,4            | 801,9  | 490606,3                          | 55867,8  | 0,2661     |

Napaka (RMS): 0,7735

Priloga B: Šifrant rabe zemljišč (MKGP 2002, Raba kmetijskih zemljišč)

| Nivo                                                                   | Šifrant                                                           | Min.pov.            |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>1. Kmetijska zemljišča</b>                                          |                                                                   |                     |
|                                                                        | 1100 Njive in vrtovi                                              | 5000 m <sup>2</sup> |
|                                                                        | 1160 Hmeljišča                                                    | 1000 m <sup>2</sup> |
|                                                                        | 1211 Vinogradi                                                    | 500 m <sup>2</sup>  |
|                                                                        | 1221 Intenzivni sadovnjaki                                        | 1000 m <sup>2</sup> |
|                                                                        | 1222 Ekstenzivni sadovnjaki                                       | 1000 m <sup>2</sup> |
|                                                                        | 1230 Oljčni nasadi                                                | 500 m <sup>2</sup>  |
|                                                                        | 1240 Ostali trajni nasadi                                         | 1000 m <sup>2</sup> |
|                                                                        | 1310 Intenzivni travniki                                          | 5000 m <sup>2</sup> |
|                                                                        | 1321 Barjanski travniki                                           | 5000 m <sup>2</sup> |
|                                                                        | 1322 Ekstenzivni travniki                                         | 5000 m <sup>2</sup> |
|                                                                        | 1410 Zemljišča v zaraščanju                                       | 5000 m <sup>2</sup> |
|                                                                        | 1420 Plantaže gozdnega drevja                                     | 5000 m <sup>2</sup> |
|                                                                        | 1500 Mešana raba zemljišč-kmetijska zemljišča in gozd             | 5000 m <sup>2</sup> |
| <b>2. Gozd in ostale poraščene površine</b>                            |                                                                   |                     |
|                                                                        | 2000 Gozd in ostale poraščene površine                            | 5000 m <sup>2</sup> |
| <b>3. Pozidana in sorodna zemljišča</b>                                |                                                                   |                     |
|                                                                        | 3000 Pozidana in sorodna zemljišča                                | 10 m <sup>2</sup>   |
| <b>4. Odprta zamočvirjena zemljišča</b>                                |                                                                   |                     |
|                                                                        | 4100 Barje                                                        | 5000 m <sup>2</sup> |
|                                                                        | 4210 Trstičja                                                     | 5000 m <sup>2</sup> |
|                                                                        | 4220 Ostala zamočvirjena zemljišča                                | 5000 m <sup>2</sup> |
| <b>5. Suha odprta zemljišča s posebnim rastlinskim pokrovom</b>        |                                                                   |                     |
|                                                                        | 5000 Suha odprta zemljišča s posebnim rastlinskim pokrovom        | 5000 m <sup>2</sup> |
| <b>6. Odprta zemljišča brez ali z nepomembnim rastlinskim pokrovom</b> |                                                                   |                     |
|                                                                        | 6000 Odprta zemljišča brez ali z nepomembnim rastlinskim pokrovom | 5000 m <sup>2</sup> |
| <b>7. Vode</b>                                                         |                                                                   |                     |
|                                                                        | 7000 Vode                                                         | 10 m <sup>2</sup>   |

Priloga C: Šifrant gozdnogospodarskih razredov za Območni enoti ZGS Postojna (male tiskane črke) in Kočevje (velike tiskane črke)

| Šifra | Poimenovanje gospodarskega razreda (GRGE)                           |
|-------|---------------------------------------------------------------------|
| 7     | JELOVI SESTOJI NA RASTIŠČU <i>A-F DIN. MERCURIALETOSUM</i> (07)     |
| 68    | KRAJINSKI PARKI (68)                                                |
| 69    | GOZDNI REZERVATI V OBMOČJU VAROVALNIH GOZDOV (69)                   |
| 70    | GOZDNI REZERVATI OSTALI (70)                                        |
| 71    | GOZDOVI ZA OSTALE NALOGE (71)                                       |
| 103   | Mešani gozdovi na rast. <i>Omphalodo-Fag. lycopodietosum</i> (103)  |
| 104   | Jelovi gozdovi na rastišču <i>Omphalodo-Fagetum typicum</i> (104)   |
| 107   | Jelovi gozdovi na <i>Omphalodo-Fagetum mercurialetosum</i> (107)    |
| 109   | Mešani gozdovi na <i>Omphalodo-Fagetum maianthemetosum</i> (109)    |
| 111   | <i>ABIETI-FAGETUM D. OMPHALODETOSUM</i> - SKUPINSKO RAZNODOBNI      |
| 112   | Mešani gozdovi na <i>Omp.-Fag. homogynetosum</i> (apnenec) (112)    |
| 113   | Mešani gozdovi na <i>Omp.-Fag. homogynetosum</i> (dolomit) (113)    |
| 115   | Mešani in raznomerni gozdovi na <i>Neckero-Abietetum</i> (115)      |
| 116   | Smrekovi gozdovi v mraziščih (116)                                  |
| 117   | Bukovi gozdovi na <i>Hacquetio-Fag. v. g. Ruscus hyp.</i> (117)     |
| 119   | Bukovi gozdovi na rastišču <i>Ostryo-Fagetum</i> (119)              |
| 121   | Bukovi gozd. na <i>Ranunculo pl.-Fagetum orvaletosum</i> (121)      |
| 122   | <i>ABIETI-FAGETUM D. HACQUETIETOSUM</i> - SKUPINSKO RAZNODOBNI      |
| 123   | Gozdovi termfolnih list. na <i>Ostryo carpinifoliae-Frax.</i> (123) |
| 124   | Mešani gozdovi na <i>Ulmo-Aceretum pseudoplatani</i> (124)          |
| 131   | <i>ABIETI-FAGETUM D. HACQUETIETOSUM</i> - PREBIRALNI                |
| 133   | <i>ABIETI-FAGETUM D. HACQUETIETISUM</i> - ZABUKOVLJENI              |
| 135   | <i>ABIETI-FAGETUM D. HACQUETIETOSUM</i> - ZASMREČENI                |
| 136   | <i>ABIETI-FAGETUM D. HACQUETIETOSUM</i> - MALODONOSNI               |
| 161   | <i>ABIETI-FAGETUM D. TYPICUM</i> - SKUPINSKO RAZNODOBNI             |
| 162   | <i>ABIETI-FAGETUM D. TYPICUM</i> - PREBIRALNI                       |
| 171   | <i>ABIETI-FAGETUM D. ACERETOSUM</i> - SKUPINSKO RAZNODOBNI          |
| 181   | <i>ABIETI-FAGETUM D. CLEMATIDETOSUM</i> - SKUPINSKO RAZNODOBNI      |
| 201   | Smrekovi gozdovi na rast. <i>Omphalodo-Fag. asaretosum</i> (201)    |
| 204   | Mešani gozdovi na rastišču <i>Omphalodo-Fagetum typicum</i> (204)   |
| 217   | Bukovi gozdovi na <i>Omphalodo-Fagetum mercurialetosum</i> (207)    |
| 301   | <i>HACQUETIO-FAGETUM</i> - SKUPINSKO RAZNODOBNI                     |
| 305   | <i>HACQUETIO-FAGETUM</i> - ZASMREČENI                               |
| 306   | <i>HACQUETIO-FAGETUM</i> - MALODONOSNI                              |
| 307   | Mešani gozdovi na <i>Omphalodo-Fagetum mercurialetosum</i> (307)    |
| 317   | Mešani in raznomerni gozd. sm., bu., je. na dolomitu (317)          |
| 401   | <i>ENNEAPHYLLO-FAGETUM</i> - SKUPINSKO RAZNODOBNI                   |
| 404   | Smrekovi gozdovi na rastišču <i>Omphalodo-Fag. typicum</i> (404)    |
| 407   | Mešani in raznomerni gozd. na <i>Omp.-F. mercurialetosum</i> (407)  |
| 417   | Gozdovi rd. bora na <i>Hacquetio-Fag. v. g. Ruscus hyp.</i> (417)   |
| 504   | Mešani in raznomerni gozd. na <i>Omphalodo-Fag. typicum</i> (504)   |
| 511   | <i>ARUNCO-FAGETUM</i> - SKUPINSKO RAZNODOBNI                        |
| 531   | <i>CEPHALANTHERO-FAGETUM</i> - SKUPINSKO RAZNODOBNI                 |
| 731   | <i>DRYOPTERIDO - ABIETETUM</i> - SKUPINSKO RAZNODOBNI               |
| 9000  | GOZDNI REZERVATI                                                    |