

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Vošner, T., 2014. Analiza rabe zemljišč z uporabo podatkov daljinskega zaznavanja na komasacijskem območju Vihre. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Lisec, A., somentor Grigillo, D.): 51 str.

Datum arhiviranja: 11-11-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Vošner, T., 2014. Analiza rabe zemljišč z uporabo podatkov daljinskega zaznavanja na komasacijskem območju Vihre. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Lisec, A., co-supervisor Grigillo, D.): 51 pp.

Archiving Date: 11-11-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GEODEZIJA
SMER PROSTORSKA
INFORMATIKA

Kandidat:

TOMAŽ VOŠNER

**ANALIZA RABE ZEMLJIŠČ Z UPORABO PODATKOV
DALJINSKEGA ZAZNAVANJA NA KOMASACIJSKEM
OBMOČJU VIHRE**

Diplomska naloga št.: 969/PI

**ANALYSIS OF LAND USE USING REMOTE SENSING
DATA IN LAND CONSOLIDATION AREA VIHRE**

Graduation thesis No.: 969/PI

Mentorica:

izr. prof. dr. Anka Lisec

Predsednik komisije:

prof. dr. Bojan Stopar

Somentor:

asist. dr. Dejan Grigillo

Član komisije:

doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Ljubljana, 23. 10. 2014

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA

Podpisani **TOMAŽ VOŠNER** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »**Analiza rabe zemljišč z uporabo podatkov daljinskega zaznavanja na komasacijskem območju Vihre**«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 1. 10. 2014

Tomaž Vošner

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.8(043.2)
Avtor:	Tomaž Vošner
Mentor:	izr. prof. dr. Anka Lisec
Somentor:	asist. dr. Dejan Grigillo
Naslov:	Analiza rabe zemljišč z uporabo podatkov daljinskega zaznavanja na komasacijskem območju Vihre
Tip dokumenta:	diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	51 str., 4 pregl., 33 sl., 12 pril.
Ključne besede:	komasacija, daljinsko zaznavanje, Vihre, segmentacija, klasifikacija, morfološka obdelava, franciscejski kataster, raba zemljišč, živa meja

Izvleček

V okviru diplomske naloge smo analizirali spremembe pokritosti zemljišč na komasacijskem območju Vihre, ki so nastale zaradi postopka komasacije. Z nalogo smo prikazali, da je možno s prosto dostopnimi programskimi rešitvami uspešno izvesti prostorske analize v ta namen. Uvodni del naloge vključuje teoretične osnove obdelave podob daljinskega zaznavanja na eni, kakor tudi bistvene informacije o sami komasaciji na drugi strani. Predstavljeni so pomen in nujnost ohranjanja specifičnih ekosistemov v kmetijski krajini ter prednosti, ki jih le-ti prinašajo kmetijstvu, kakor tudi kmetijski krajini kot celoti. Med pomembne elemente kmetijske krajine spadajo žive meje in osamela drevesa, na katere smo bili pri analizi še posebej pozorni. Praktični del smo opravili s pomočjo prosto dostopnega programa SPRING. Vhodne podatke za analizo so predstavljali ortofoti iz obdobja pred in po komasaciji. Pri tem smo se osredotočili predvsem na identificiranje območij visoke vegetacije pred in po komasaciji ter spremembe poljskih poti. Ugotovili smo, da je postopek komasacije pomenil predvsem intenzifikacijo rabe zemljišč glede na stanje pred komasacijo.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 528.8(043.2)
Author: Tomaž Vošner
Supervisor: Assoc. prof. Anka Lisec, Ph. D.
Co–advisor : Assist. Dejan Grigillo, Ph. D.
Title: Analysis of land use using remote sensing data in land consolidation area Vihre
Document type: Graduation thesis – University studies
Notes: 51 p., 4 tab., 33 fig., 12 ann.
Keywords: land consolidation, remote sensing, Vihre, segmentation, classification, morphological processing, franciscan land cadastre, land use, hedge

Abstract

The thesis presents the results of the analyses of land cover change due to land consolidation, which was conducted for the study area of Vihre. The results show the success of spatial analysis for this purpose using free available software solutions. The introductory part includes both, the theoretical basis of the image processing in the field of remote sensing, and basic information about land consolidation. Additionally, the necessity and importance of preserving specific ecosystems in the agriculture landscape are presented, as well as advantages of the preserving measures for the agriculture and agricultural landscape itself. Among important elements of the agricultural landscape, hedges and individual trees have to be outlined, which have got a special attention during our research. The practical part of the research was carried out using the software solution SPRING, available as a freeware. The input data for the analysis of land cover before and after land consolidation were the orthophotos. The emphasis was on identification of the areas with high vegetation before and after land consolidation, and on modifications of field paths. It has been shown that land consolidation, above all, is associated with the intensification of land use.

ZAHVALA

Za strokovno usmerjanje, vodenje in pomoč pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorici izr. prof. dr. Anki Lisec in somentorju asist. dr. Dejanu Grigillu.

Zahvaljujem se vsem, ki so me spodbujali in verjeli vame, še posebno tistim, ki so študijska leta preživeli ob meni. Prav tako se zahvaljujem tudi vsem mojim bližnjim za vso podporo v času študija.

KAZALO VSEBINE

IZJAVA	II
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	III
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
KAZALO VSEBINE	VI
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	IX
1 UVOD	1
1.1 Motivacija.....	2
2 TEORETIČNA IZHODIŠČA	3
2.1 Hipoteze in cilji raziskave	3
2.2 Komasacije kmetijskih zemljišč	3
2.3 Specifični ekosistemi v kmetijski krajini in prednosti ohranjanja le-teh	4
3 METODOLOGIJA IN UPORABLJENI PODATKI	9
3.1 Metodologija oziroma glavne faze raziskave.....	9
3.2 Opis študijskega območja	9
3.3 Priprava podatkov za analizo	11
3.3.1 Vir podatkov	11
3.3.2 Združitev posameznih listov ortofota in maskiranje komasacijskega območja.....	12
3.4 Izbira med prosto dostopnimi programi za objektno klasifikacijo.....	13
3.5 Program SPRING	13
3.5.1 Segmentacija.....	14
3.5.2 Objektna klasifikacija	16
4 POSTOPEK IN REZULTATI RAZISKAVE.....	18
4.1 Definicija učnih vzorcev posameznih razredov.....	18
4.1.1 Učni vzorci za snemalno leto 2003.....	18
4.1.2 Učni vzorci za snemalno leto 2006.....	21
4.1.3 Učni vzorci za snemalno leto 2012.....	25
4.2 Poklasifikacija	26

4.3	Morfološka obdelava	27
4.4	Primerjava območja pred in po opravljeni komasaciji kmetijskih zemljišč.....	31
4.4.1	Priprava podatkov za časovno primerjavo	31
4.4.2	Objektni razred poljskih poti.....	32
4.4.2.1	Primerjava poljskih poti med podatki dejanske rabe zemljišč in klasificiranim razredom na podobi iz leta 2012.....	32
4.4.2.2	Primerjava poljskih poti pred in po komasaciji na podlagi rezultatov klasifikacij iz leta 2006 in 2012	35
4.4.3	Objektni razred visoke vegetacije	36
4.5	Območje Viher v franciscejskem katastru.....	40
4.5.1	Raba zemljišč na študijskem območju v franciscejskem katastru	40
4.5.2	Vzorčna primerjava rabe zemljišč pred komasacijo s podatki rabe zemljišč iz franciscejskega katastra.....	41
5	ZAKLJUČEK.....	46
VIRI.....		49

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Osnovni podatki o komasacijskem območju Vihre pred in po komasaciji.....	10
Preglednica 2: Glavne lastnosti ortofota v posameznih snemalnih letih	11
Preglednica 3: Parametri segmentacije vhodnih podatkov za posamezna obdobja.....	16
Preglednica 4: Klasifikacija poljskih poti (Prosen, 2011)	34

KAZALO SLIK

Slika 1: Vplivi živih mej (Knauer, 1991).	5
Slika 2: (Ne)urejene poljske poti in vpliv zasaditve na (ne)privlačnost krajine za ljudi (Prosen, 2011).	7
Slika 3: Ureditev kmetijske krajine na študijskem območju Vihre (Rovan, 2013).	8
Slika 4: Študijsko območje Vihre po izvedeni komasaciji in agromelioraciji (Rovan, 2013).	9
Slika 5: Vihre in študijsko komasacijsko območje (lasten prikaz).	12
Slika 6: Logotip programa SPRING (SPRING, 2013).	13
Slika 7: Postopek objektne klasifikacije na podatkih daljinskega zaznavanja (Veljanovski, Kanjir in Oštir, 2011).	14
Slika 8: Različne stopnje segmentacije podobe (prekomerna, ustrezna in prešibka) za ortofoto na študijskem območju iz leta 2006 (lasten prikaz).	16
Slika 9: Slaba segmentacija za leto 2003 (lasten prikaz).	20
Slika 10: Slaba klasifikacija rabe (pokritosti) zemljišč kot posledica slabe segmentacije za leto 2003 (lasten prikaz).	20
Slika 11: Slaba klasifikacija rabe (pokritosti) zemljišč kot posledica mešanja razredov (lasten prikaz).	20
Slika 12: Razlogi za slabšo klasifikacijo poljskih poti (lasten prikaz).	22
Slika 13: Različna tipa poljskih poti [<i>pot z ozkima kolesnicama ter nizko vegetacijo na sredini in ob straneh levo ter večja pot makadamskega ustroja desno</i>] (Rovan, 2013).	24
Slika 14: Neuspešna identifikacija osamelih dreves preko razredov visoke vegetacije (lasten prikaz).	25
Slika 15: Identifikacija osamelih dreves s pomočjo senc (lasten prikaz).	25
Slika 16: Podoba po klasifikaciji (levo) in po poklasifikaciji (desno) za leto 2006 (lasten prikaz).	26
Slika 17: Primer sheme poklasifikacije oziroma sestave glavnih razredov (poklasifikacija za leto 2006).	27
Slika 18: Izvorna podoba (a), strukturni element (b) in izhodni rezultat dilacije (c) (Grigillo, 2009).	28
Slika 19: Izvorna podoba (a), strukturni element (b) in izhodni rezultat erozije (c) (Grigillo, 2009).	28
Slika 20: Prikaz odpiranja in zapiranja: izvorna podoba (a), odpiranje (b), zapiranje (c), zapiranje odprte podobe (d) (Grigillo, 2009).	29
Slika 21: Različne stopnje morfološke obdelave objektnega razreda visoke vegetacije iz leta 2006 (lasten prikaz).	30
Slika 22: Grafična predstavitev delovanja Boolovih operatorjev AND, OR in XOR na množici A in B [zeleno = 1, rdeče = 0] (lasten prikaz).	31
Slika 23: Shema razdelitve klasificirane podobe na posamezne ločene razrede (lasten prikaz).	32
Slika 24: Izsek iz karte (Primerjava poljskih poti med podatki dejanske rabe zemljišč in klasificiranim razredom na podobi iz leta 2012) – Priloga G.	33

Slika 25: Težave pri segmentaciji in klasifikaciji zaradi »neizrazitega poteka« poljske poti in velike podobnosti s sosednjimi kmetijskimi površinami (lasten prikaz).	34
Slika 26: Izsek iz priloge H – Primerjava poteka poljskih poti pred (rdeče) in po (rumeno) izvedbi komasacije (lasten prikaz).	36
Slika 27: Razred visoke vegetacije brez morfološke obdelave (lasten prikaz).	37
Slika 28: Različne morfološke obdelave (morfološko odpiranje in zapiranje) razreda visoke vegetacije iz leta 2006 (lasten prikaz).	38
Slika 29: Visoka vegetacija v letu 2006 (črna) in 2012 (rdeča) na DOF–u iz leta 2012 (lasten prikaz).	39
Slika 30: Izsek dela komasacijskega območja iz franciscejskega katastra (Arhiv RS, 2014).	42
Slika 31: Izsek dela komasacijskega območja iz katastra pred komasacijo in DOF iz leta 2006 (lasten prikaz).	43
Slika 32: Njivska raba območja v franciscejskem katastru (vir: Arhiv RS).	44
Slika 33: Isto območje, ki je tudi po komasaciji ostalo v ekstenzivni rabi (lasten prikaz).	45

1 UVOD

Široka dostopnost prostorskih podatkov, hiter razvoj novih tehnologij in vedno boljši algoritmi na področju daljinskega zaznavanja so poleg številnih drugih pozitivnih lastnosti le nekateri izmed mnogih dejavnikov, ki vodijo k izjemni uporabnosti tega dela znanosti v praktičnih primerih. Vse te prednosti dostopnosti prostorskih podatkov in daljinskega zaznavanja se s pridom uporabljajo pri reševanju različnih nalog številnih strok. Brezkontaktna in stroškovno učinkovita izdelava kart, v našem primeru kart pokritosti zemljišč ter drugih tematskih kart za velika območja, predstavlja eno izmed največjih prednosti daljinskega zaznavanja pred drugimi pristopi analiziranja, spremljanja in kartiranja sprememb zemeljskega površja. Velika prednost podatkov daljinskega zaznavanja je hkraten zajem veliko raznovrstnih podatkov o površju. Iz teh osnovnih podatkov lahko nato kadarkoli in preko različnih programskih rešitev opravljamo različne analize, ne da bi morali podatke vsakič za različne namene ponovno zajemati. Algoritme je možno glede na potrebe in cilje poljubno spreminjati ter se tako prilagoditi izpolnitvi različnih zastavljenih ciljev.

Za podobe daljinskega zaznavanja bi lahko podobno kot za slike dejali, da slika pove več kot tisoč besed. Zaradi vseh teh prednosti podatkov daljinskega zaznavanja smo se odločili, da na študijskem območju ugotovimo zmožnosti odprtokodnih programov za obdelavo podatkov, pridobljenih z daljinskim zaznavanjem za namen analize rabe oziroma pokritosti zemljišč ter ugotavljanje sprememb v prostoru v izbranem časovnem obdobju. Za študijsko območje smo izbrali komasacijsko območje v spodnjeposavski statistični regiji, kjer smo proučevali vpliv agrarnih operacij na rabo zemljišč oziroma pokritost tal. Na študijskem območju so bila poleg komasacije izvedena tudi posamezna agromelioracijska dela, kot so intenzifikacija zemljišč preko krčenja visoke vegetacije, zarasti ipd. Na novo je bila delno oblikovana mreža poljskih poti, kar pomeni, da so bile posamezne poti obnovljene in sanirane, druge pa opuščene in nadomeščene z novimi. Te spremembe v prostoru smo v nalogi poskušali zaznati in identificirati z analizo podob daljinskega zaznavanja. Namen naloge je med drugim ugotoviti, kakšne vrste rabe oziroma pokritosti zemljišč je mogoče prepoznati z uporabljenimi programskimi rešitvami za analizo izbranih podatkov daljinskega zaznavanja ter kakšne težave se pojavljajo pri zaznavanju posameznih vrst oziroma razredov. Analize smo opravili na treh serijah podatkov cikličnega aerosnemanja Slovenije (CAS) za leta 2003, 2006 in 2012. Dve podobi sta bili iz obdobja pred komasacijo, ena pa se nanaša na obdobje po izvedeni komasaciji, tako da smo lahko opravili tudi primerjavo izbranih tematik (objektnih razredov) pred in po komasaciji.

V nalogi je med drugim predstavljen pomen ekoloških elementov v kmetijski krajini ter nujnost ohranjanja le-teh pri agrarnih in drugih operacijah v prostoru. Osnovni cilj je ugotoviti, ali je mogoče iz podatkov cikličnega aerosnemanja Slovenije z uporabo prosto dostopnih programov te spremembe v

prostoru zaznati in jih identificirati. V nalogi smo opozorili na posamezne težave, na katere smo naleteli med delom, ter predstavili načine reševanja le-teh.

1.1 Motivacija

Komasacije, kakor tudi druge agrarne operacije, katerih namen je izboljšati pogoje za kmetijsko pridelavo, vnašajo v prostor številne spremembe. Veliki posegi v prostoru, kamor uvrščamo komasacije in druge agrarne operacije, lahko poleg pozitivnih prinesejo tudi številne negativne učinke. Spremembe v prostoru zaradi komasacij se najlažje in najhitreje identificirajo preko analiz sprememb parcelne strukture. Vendar to ne zagotavlja celovite informacije, kaj se je s prostorom v resnici zgodilo ter kakšne spremembe so pri tem nastale. V nalogi bomo poskusili z analizo podatkov daljinskega zaznavanja ugotoviti uporabnost, prednosti ter pomanjkljivosti uporabe teh prostorskih podatkov za analizo sprememb v prostoru na območju izvedenih agrarnih operacij. Osredotočili se bomo na spremembe na komasacijskem območju, ki so nastale z izvedbo komasacij in spremljajočih agromelioracij. Omenjeno analizo bomo izvedli z uporabo prosto dostopnih programov za objektno klasifikacijo ter tako preverili uporabnost tako dostopnih programov. Podatki cikličnega aerosnemanja Slovenije so predstavljali primarni vir podatkov za analizo izbranega študijskega komasacijskega območja Vihre v občini Krško.

Pri ugotavljanju sprememb rabe oziroma pokritosti zemljišč zaradi postopka komasacije smo se osredotočili predvsem na identificiranje sprememb v prostoru za razred visoke vegetacije in razred poljskih poti.

2 TEORETIČNA IZHODIŠČA

2.1 Hipoteze in cilji raziskave

Državni ortofoto (v nadaljevanju DOF) lahko služi kot odličen vir podatkov o prostoru, kot so na primer raba zemljišč ter njeno spreminjanje skozi čas. V nalogi smo želeli ugotoviti uporabnost teh podatkov pri identificiranju sprememb v prostoru zaradi komasacije in agromelioracije. Uvodoma smo oblikovali dve hipotezi, katerih pravilnost bomo preverili v nadaljevanju s pomočjo pridobljenih analitičnih rezultatov. Prva hipoteza se nanaša na uporabnost podatkov daljinskega zaznavanja in možnost zaznavanja sprememb v prostoru na temelju teh podatkov:

H1: *Na podlagi objektne klasifikacije DOF-a je mogoče določiti rabo zemljišč (pokritost).*

S pomočjo druge hipoteze želimo preveriti pravilnost domneve o spremembi rabe zemljišč, ki jih v prostoru povzroči komasacija in spremljajoči agrotehnični ukrepi. V mislih imamo predvsem oblikovanje novih kmetijskih površin na račun krčenja zaraščenih površin, gozda in pomembnih naravnih ekosistemov, kot so žive meje, manjše skupine dreves in posamezna osamela drevesa:

H2: *Komasacije kmetijskih zemljišč pomenijo intenzifikacijo rabe zemljišč.*

2.2 Komasacije kmetijskih zemljišč

Agrarne operacije združujejo vse ukrepe, s katerimi obdelovalci kmetijskih zemljišč določene zemljiške komplekse urejajo v lastnem in (ali) širšem družbenem interesu tako, da z njimi izboljšujejo možnosti za gospodarnejšo in intenzivnejšo obdelavo (Prosen, 2011). Z drugimi besedami lahko rečemo, da se z agrarnimi operacijami urejajo kmetijska zemljišča z namenom izboljšanja samih kmetijskih zemljišč in (ali) izboljšanja obdelave le-teh. S temi operacijami želimo doseči:

- izboljšanje agrarne strukture,
- ustvarjanje boljših pogojev za realizacijo kmetijskih in prostorskih planov,
- krepitev lastninskih in zakupnih razmerij,
- ustvarjanje zemljišč po obliki, legi in velikosti kot osnovi za smotrno gospodarjenje,
- preureditev polj v smislu ustvarjanja pogojev za učinkovito in trajnostno usmerjeno kmetijsko pridelavo,
- urejanje in vzdrževanje kulturne krajine itn.

Komasacija kmetijskih zemljišč predstavlja le eno izmed agrarnih operacij, kamor v širšem smislu prištevamo še agromelioracije, hidromelioracije, agrarno reformo, kolonizacijo, ekspropriacijo, arondacijo in denacionalizacijo (Prosen, 2011). Izraz komasacija je prevzet iz pozno latinskega izraza *commasatio* in latinske besede *commassare (con massare)*, kar pomeni zbiranje v maso. Komasacija je pomembna agrarna operacija, katere temeljni tradicionalni namen je preurediti razdrobljena kmetijska

zemljišča tako, da bodo z novo strukturo omogočala gospodarnejšo obdelavo in s tem posredno večjo produktivnost kmetijske obdelave. Glavna naloga komasacij je zbiranje razdrobljenih in razpršenih kmetijskih parcel istih lastnikov v združeno celoto ali v nekaj večjih zaokroženih območjih. Vsekakor predstavlja postopek komasacij enega izmed večjih posegov v prostor predvsem zaradi nove razdelitve in oblikovanja kmetijskih zemljišč med zemljiške lastnike in uporabnike. Razdelitev se opravi z namenom, da vsak posameznik dobi čim bolj zaokrožen zemljiški kompleks. Praviloma se hkrati posodobi, prilagodi oziroma izgradi tudi novo omrežje poljskih poti, morebitnih osuševalnih kanalov in drugih javnih objektov glede na potrebe in izdelan projekt. Postopki komasacij danes predstavljajo orodje in sredstvo za celovito urejanje podeželja, prenovo vasi ter nego, varstvo in vzdrževanje kmetijske krajine. Razlaga besede komasacija v tako širokem pomenu je zastopana predvsem v zahodnoevropskih državah, še zlasti v Nemčiji (Prosen, 2011), pa tudi na Danskem in Nizozemskem (Lisec in sod., 2011).

Pri postopkih komasacije in zlozb parcel se morajo upoštevati vsi agrotehnični, krajinski, naravovarstveni, prometni in vodnogospodarski ukrepi ter ukrepi urejanja prostora, prenove in razvoja vasi (Prosen, 2011). Številni krajinski elementi, ki so v modernem kmetijstvu nezaželeni in se jih s postopki komasacij želimo znebiti, ugodno in pozitivno vplivajo na številne druge vidike kmetijske krajine. Nekaj teh pozitivnih lastnosti ohranjanja ekoloških krajinskih elementov bomo poskušali predstaviti v nadaljevanju ter opozoriti na njihovo pomembnost.

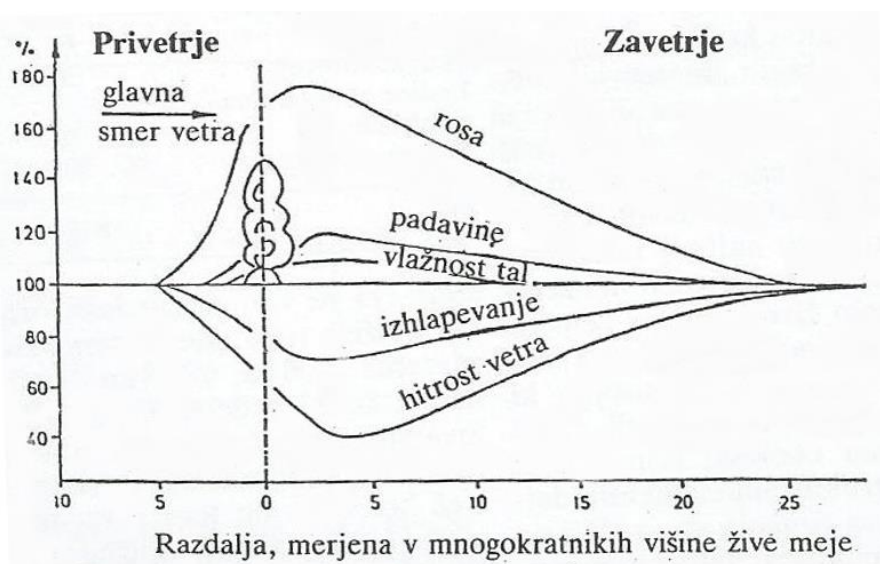
2.3 Specifični ekosistemi v kmetijski krajini in prednosti ohranjanja le-teh

Kmetijstvo zelo vpliva na videz pokrajine. Z razvojem kmetijstva in s tehničnim napredkom se je skozi čas spreminjala tudi kmetijska krajina. V splošnem se je skupaj z razvojem družbe in večanjem števila prebivalstva vedno bolj intenzivirala. Kljub intenzifikaciji se ne sme pozabiti na pestrost in pomembnost obstoja številnih elementov kmetijske krajine, ki v intenzivnem kmetijstvu niso najbolj zaželeni. Knauer (1991) navaja, da lahko v veliki večini kmetijsko oziroma agrarno krajino opišemo z glavnimi elementi kmetijske krajine, ki so:

- njive in travinje kot pridelovalna zemljišča,
- intenzivni nasadi,
- poljske ozare in obmejki, ki tvorijo naravne meje med pridelovalnimi zemljišči,
- žive meje,
- mreža kmetijskih poti,
- poljski gozdiči, mlake ipd. kot krajinski elementi, ki delujejo deloma pozitivno deloma negativno na pridelovalna zemljišča in
- kmetije.

Robni biotopi, med katere sodijo tudi žive meje, imajo poseben ekološki pomen. To so potrdili v številnih raziskavah različni avtorji (Knauer, 1991; Mader in Müller, 1984; Tischler, 1980), saj so jim pripisali številne pozitivne vplive. V nadaljevanju bomo izpostavili nekaj prednosti in ugodnih vplivov, ki jih ti elementi že samo s svojo prisotnostjo nudijo kmetijski krajini in posledično ljudem.

Žive meje predstavljajo enega izmed večjih in pomembnejših elementov kmetijske krajine, ki s svojo prisotnostjo ugodno vplivajo na več različnih segmentov. So večinoma trakasti strukturni elementi kmetijske krajine in predstavljajo delni ali stalni življenjski prostor, tako za kmetijske škodljivce (negativen vpliv), kakor tudi za veliko število koristnih živalskih vrst. Ugotovljeno je bilo, da žive meje povzročajo zmanjšanje pridelka le neposredno ob robu intenzivnih kmetijskih površin (Knauer, 1991). Po drugi strani tvorijo žive meje odličen varovalni mehanizem proti vetrni eroziji. Hkrati (posredno in neposredno) skrbijo za povečano vlažnost tal, kar prikazuje shema na sliki 1. Poleg zmanjševanja hitrosti vetra, izhlapevanja vlage iz tal, žive meje pomembno povečujejo potencial za nastajanje rose. Na območjih, ki so podvržena vetrni eroziji, se jim pripisuje izrazito pozitivno delovanje na kmetijsko pridelavo. Na nagnjenih terenih pomembno prispevajo še k zmanjševanju erozijske moči vode, v odvisnosti od razgibanosti reliefa in količine padavin v časovnem obdobju (Knauer, 1991).



Slika 1: Vplivi živih mej (Knauer, 1991).

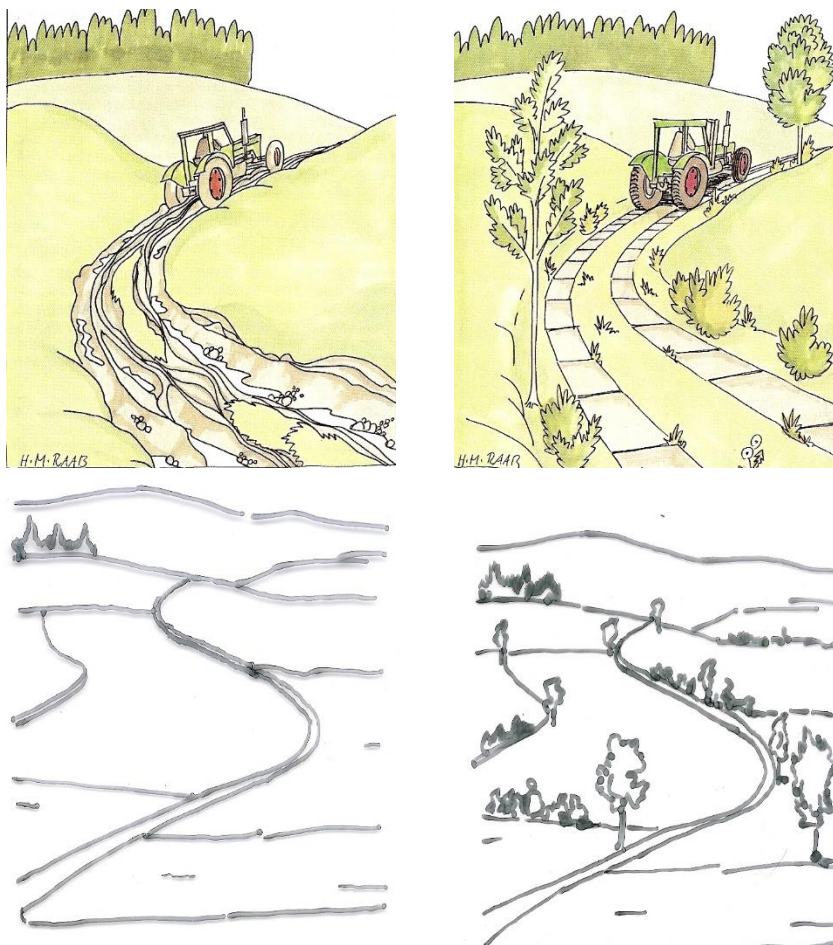
Prisotnost živih mej ugodno vpliva na pojavnost in število deževnikov v tleh, kar strokovnjaki pripisujejo predvsem boljšim mikroklimatskim razmeram tal in delno višjemu vnosu organskih snovi ter gostejši naselitvi plevelov. Žive meje prav tako predstavljajo življenjski prostor številnim koristnim žuželkam. V predavanjih Knauerja (1991) je bil predstavljen pozitiven učinek živih mej na primeru listnih uši, ki je v naslednjem odstavku na kratko predstavljen.

Listne uši uporabljajo žive meje predvsem za prezimovanje (negativni učinek). Raziskovalci so uspeli dokazati, da je bil napad listnih uši na pšenici manjši na tistih njivah, ki mejijo na žive meje, kakor na njivah, kjer živih mej v neposredni bližini ni bilo. To na prvi pogled nenavadno ugotovitev bomo poskušali razložiti v naslednjih stavkih. Odvisnost in pozitivni vpliv živih mej na zmanjšanje napada listnih uši je bil še posebej izrazit v letih, ko je bilo listnih uši zelo veliko. Žive meje so življenjski prostor poleg listnim ušem tudi številnim drugim vrstam koristnih žuželk, kot so na primer brzci. V raziskavah je bilo ugotovljeno, da je bila gostota naselitve brzcev na poljih blizu živih mej veliko večja kot na poljih, kjer živih mej v bližini ni bilo. Bližina živih mej je tako lahko prednost pri uspešnem zmanjševanju in omejevanju kmetijske škode zaradi napada listnih uši na intenzivnih kmetijskih površinah. Brzci znižujejo poleg listnih uši pod prag gospodarske škodljivosti tudi precej drugih fitofagnih vrst. H koristnim žuželkam štejemo poleg brzcev tudi posamezne druge vrste, kot so trepetavke, za katere je bilo dokazano, da je njihova pojavnost največja prav ob živih mejah ter drugih podobnih ekosistemih. Če želimo ohraniti naravno pestrost in število tako imenovanih koristnih žuželk, je potrebno najprej poskrbeti za njihov življenjski prostor. Zagotovimo ga lahko tudi v smislu ohranjanja obstoječih struktur živih mej, ozar ter drugih podobnih območij v kmetijski krajini (Knauer, 1991). Za te ekosisteme bi lahko sistemsko poskrbeli že v okviru načrtovanja komasacijskih del ter drugih agrarnih operacij. Pozitivnih vplivov živih mej je še mnogo, tako da bomo nadalje izpostavili le še možnosti gnezdenja in življenjskega prostora za številne ptice, ki prav tako zmanjšujejo pojavnost različnih škodljivcev.

Na koncu bi nekaj besed namenili pomenu živih mej, osamelih dreves in ostalih manjših ekstenzivnih območij kmetijske krajine, ki poleg naravovarstvenega in okoljevarstvenega vidika ugodno vplivajo na podobo in prijaznost kmetijske krajine za ljudi. Kmetijska krajina in na splošno podeželski prostor združuje mnogih funkcij. Poleg primarne ter najpomembnejše kmetijske funkcije opravlja še druge funkcije, kjer bi izpostavili funkcije:

- ohranjanja in zagotavljanja ekološkega ravnovesja,
- bivalnega in delovnega prostora mnogih ljudi,
- prostora za prosti čas in rekreacijo za prebivalce urbanih območij in
- lokacije regionalnih infrastrukturnih objektov in naprav.

Kot primer navajamo urejene in na novo zgrajene poljske poti po izvedeni komasaciji, ki vsekakor prispevajo k privlačnejši kmetijski krajini za sprehajalce in kolesarje tako iz ožjega kakor tudi iz širšega prostora (turisti). Različni stopnji privlačnosti krajine ter urejenosti poljskih poti sta posplošeno prikazana na sliki 2.



Slika 2: (Ne)urejene poljske poti in vpliv zasaditve na (ne)privlačnost krajine za ljudi (Prosen, 2011).

Številne lokalne skupnosti so že ali še načrtujejo skozi takšna kmetijska območja tematske in kolesarske poti po obstoječih ali novo načrtovanih poljskih poteh. Prav zaradi tega je potrebno ob načrtovanju in izvajanju velikih posegov v prostor, vključujoč komasacije in druge agrarne operacije poleg kmetijske funkcije upoštevati tudi druge funkcije podeželskega prostora. Slika 3 prikazuje fotografijo komasacijskega območja Vihre. Žive meje in posamezna drevesa ob poljski poti so med kolesarjenjem vsekakor dobrodošle, saj nudijo senco in zmanjšujejo moč vetra. To z drugimi besedami pomeni, da je pot, ki na sliki 3 zavije levo, kolesarjem najverjetneje vizualno privlačnejša kot tista, ki pelje naravnost in jim med kolesarjenjem ne nudi nikakršne zaščite. Opazimo lahko tudi, da je bila na omenjenem križišču poljskih poti predvidena točka za počitek. Zasaditev dreves bo v prihodnje sprehajalcem in kolesarjem nudila senco, pticam življenjski prostor ter še dodatno bogatila videz kmetijske krajine.



Slika 3: Ureditev kmetijske krajine na študijskem območju Vihre (Rovan, 2013).

Komasacija vsekakor v prostor prinaša določene spremembe, ki so v veliki meri pozitivne. Posamezne negativne vplive lahko povežemo z izginjanjem pomembnih ekstenzivnih območji oziroma delov teh pomembnih ekosistemov. Prav te spremembe, v smislu krčenja in izginjanja teh območij, smo želeli identificirati z analizo kronoloških podatkov daljinskega zaznavanja iz časa pred in po komasaciji. Večino sprememb lahko pripišemo predvsem intenzifikaciji površin. To je tudi primarni namen komasacij, da se številna posamezna neobdelana območja, ki so se skozi čas zaradi različnih vzrokov opustila (opustitev kmetijstva, postopno zaraščanje manjših površin ipd.) in bi bila lahko namenjena kmetijski proizvodnji, povrnejo v kmetijsko rabo ob hkratnem upoštevanju smernic vzdržnega razvoja.

3 METODOLOGIJA IN UPORABLJENI PODATKI

3.1 Metodologija oziroma glavne faze raziskave

Z namenom lažjega razumevanja nadaljnje vsebine najprej na kratko predstavljamo glavne korake, ki smo jih izvedli in so v naslednjih poglavjih podrobneje opisani. Glavne faze raziskovalnega dela so:

- priprava ortofotov:
 - združevanje listov,
 - obrezovanje ortofotov na mejo komasacijskega območja, maskiranje, ipd.
- objektna klasifikacija:
 - segmentacija,
 - objektna klasifikacija (definiranje objektnih razredov in definiranje učnih vzorcev) ter
 - poklasifikacija,
 - združevanje objektnih razredov v 4 glavne razrede;
- morfološka obdelava in
- kronološka primerjava rezultatov klasifikacije pred in po komasaciji.

3.2 Opis študijskega območja

V katastrski občini Drnovo je bila v letu 2013 na kmetijskih zemljiščih v okolici naselja Vihre uspešno dokončana agromelioracija in komasacija kmetijskih zemljišč (slika 4).



Slika 4: Študijsko območje Vihre po izvedeni komasaciji in agromelioraciji (Rovan, 2013).

Komasacijo je z namenom racionalizacije in optimizacije kmetijske pridelave izvedla Občina Krško, ki v samem postopku nastopa kot investitor. Sredstva za sofinanciranje projekta so bila pridobljena na javnem razpisu Agencije RS za kmetijske trge in razvoj podeželja. Financiranje projekta je tako v

75 % podprto s sredstvi Evropskega sklada za razvoj kmetijstva in podeželja. Preostalih 25 % je v proračunu zagotovila država Slovenija, medtem ko Občina Krško v projektu pokriva plačilo davka na dodano vrednost. Celoten projekt naj bi bil vreden 2,1 milijona evrov (Rovan, 2013). Za lastnike zemljišč je bila komasacija brezplačna.

Komasacijsko območje obsega slabih 216 ha zemljišč. Število parcel se je iz prvotnih 919 prepolovilo in zmanjšalo na 437. Zaradi tega se je povečala povprečna velikost parcel iz prvotnih 23 arov na dobrih 49 arov po komasaciji (Umbrecht, 2012). Poleg komasacijskih del so potekala tudi agromelioracijska dela, ki so bila večinoma usmerjena v izgradnjo novih poti in čiščenje zarasti (Občina Krško, 2014). Zgrajenih je bilo 2409 m novih gramoznih poti in 2472 m novih zelenih poti. Posamezni deli poti so se s postopkom komasacije ukinili, tako je bilo 1523 m starih poti razgrajenih in saniranih. Obnovljene so bile številne obstoječe poti makadamskega ustroja v skupni dolžini 1,5 km. Prav tako so sanirali 2,4 km poljskih poti (Rovan, 2013). V preglednici 1 so povzeti bistveni statistični podatki o stanju pred in po komasaciji, ki smo jih pridobili iz tehničnega poročila o komasaciji Vihre (Umbrecht, 2012).

Preglednica 1: Osnovni podatki o komasacijskem območju Vihre pred in po komasaciji

	<i>Pred komasacijo</i>	Po komasaciji
Število parcel	919	437
Število posestnih listov	289	183
Število lastniških kosov	734	387
Povprečna velikost parcel [m ²]	2345	4935
Povprečno število parcel na ha	4,26	2,02
Povprečno število parcel na lastnika	3,33	1,59
Poti, ceste [m ²]	46.086	67.846

Poleg tega so agromelioracijska dela po dostopnih podatkih zahtevala čiščenje 60.000 m² zarasti, kar bomo poskušali v naši primerjalni analizi stanja pred in po komasaciji tudi zaznati.

Iz tehničnega poročila o komasaciji, ki ga je opravila Geodetska družba d.o.o. iz Ljubljane, je razviden kronološki potek postopka. V letu 2009 je bila izdana odločba o uvedbi komasacijskega postopka, ki je ustvarila pravno podlago za začetek del. V vseh postopkih komasacije je potrebno najprej urediti meje na obodu komasacijskega območja, kar se je v Vihrah izvajalo med 22. junijem in 5. julijem leta 2010. Terenska izmera je potekala med majem in avgustom istega leta. Proti koncu leta 2010 je bila opravljena razgrnitev idejne zasnove, obstoječega stanja in vrednotenja zemljišč, ki ji je nato 14. junija 2011 sledila javna razgrnitev elaborata nove razdelitve zemljišč. Seznanitev komasacijskih udeležencev z novimi parcelnimi mejami je potekala v septembru istega leta. Postopek se je nato

januarja 2012 zaključil, ko je bil na Upravno enoto Krško in Območno geodetsko pisarno Sevnica vložen elaborat novega stanja za komasacijsko območje Vihre (Umbrecht, 2012).

3.3 Priprava podatkov za analizo

3.3.1 Vir podatkov

Ciklično aerosnemanje se na območju Slovenije sistematično izvaja že nekaj desetletij. Skupaj z razvojem in napredkom tehnologije na področju snemalnih naprav in ostalega razvoja obdelave podob se je kakovost posnetkov, kakor tudi natančnost, skozi leta bistveno izboljšala. Po naročilu Geodetske uprave Republike Slovenije se na osnovi pankromatskih in barvnih posnetkov cikličnega aerosnemanja Slovenije od sredine 90-ih let 20. stoletja izdeluje digitalni ortofoto. Napredujoč razvoj in dvig kakovosti posnetkov in posledično izdelanih ortofotov je opazen tudi v obravnavanem relativno kratkem obdobju od leta 2003 do zadnjega opravljenega snemanja (na študijskem območju) v letu 2012. Za obravnavano komasacijsko območje smo pridobili tri državne ortofote na osnovi snemanj v letih 2003, 2006 in 2012. Ciklično aerosnemanje je bilo v letu 2003 izvedeno še z analognimi fotogrametričnimi fotoaparati, na osnovi katerih se je izdelal ortofoto s prostorsko ločljivostjo 0,50 m (Kosmatin Fras, 2011). Za omenjene ortofote se je uporabljala kratica DOF5. Od leta 2006 so analogne fotoaparate nadomestili digitalni fotogrametrični snemalni sistemi. Prav tako se je izboljšala prostorska ločljivost posnetkov, saj se je povečala na 0,25 m. Poleg snemanja v pankromatskem in barvnem (rdečem, zelenem, modrem) kanalu se je leta 2006 prvič opravilo snemanje v bližnjem delu IR-spektra. Iz teh kanalov sta se nato izdelala barvna ortofota DOF050 (0,5 m) in DOF025 (0,25 m) kakor tudi bližnji IR-ortofoto DOF100IR z ločljivostjo 1 m. Postopek zajemanja in kakovost ortofota v letu 2012 je primerljiva s kakovostjo predhodnega snemanja v letu 2006. Nekoliko se je izboljšala le prostorska ločljivost bližnjega IR ortofota, ki je bil v letu 2012 izdelan z boljšo, 0,5 m prostorsko ločljivostjo (DOF050IR). Glavne lastnosti v analizi uporabljenih ortofotov so predstavljene v preglednici 2.

Preglednica 2: Glavne lastnosti ortofota v posameznih snemalnih letih

Leto snemanja	2003	2006	2012
Datum snemanja	7. maj	19. julij	1. julij
Snemalni sistem (A – analogni, D – digitalni)	A	D	D
Prostorska ločljivost [m]	0,5	0,25	0,25
Bližnji IR spekter [m]	ne	da (1 m)	da (0,5 m)

3.3.2 Združitev posameznih listov ortofota in maskiranje komasacijskega območja

Z namenom lažjega pregledovanja, shranjevanja in dostopnosti podatkov je ortofoto za celotno Slovenijo sistematično razdeljen na posamezne liste. Razdelitev je opravljena po istem ključu, kot to velja za temeljne topografske načrte merila 1 : 5000 s kratico TTN5. Glede na omenjeno razdelitev po listih smo komasacijsko območje v grobem locirali ter iz arhiva podatkov Geodetske uprave RS pridobili potrebne podatke za vsa posamezna leta.

Komasacijsko območje (slika 5) je bilo razdeljeno na dva lista državnega ortofota, ki smo ju morali najprej združiti. Rumena linija prikazuje mejo med združenima listoma z nomenklaturo H 05 48 in H 05 49 v programu QGIS¹. Z odebeljeno rdečo črto je prikazan zunanji obod komasacijskega območja Vihre. Po omenjeni črti smo nato v istem programu obrezali ortofote, tako da smo v nadaljevanju analizirali le območje, kjer se je izvajala komasacija. Preko maskiranja smo nato izločili še območje naselja, ki v komasacijo ni bilo vključeno. Prav tako smo iz obravnave izločili manjše območje pod avtocesto. Na ta način smo zmanjšali velikost datotek ter zagotovili temelj za uspešnejšo in hitrejšo obdelavo podatkov. Celotno komasacijsko območje je prikazano v prilogi A.

Omenjene operacije združitve in maskiranja smo izvedli v prosto dostopnem programu QGIS. QGIS je brezplačen in odprtokoden program za pregledovanje, urejanje in analiziranje prostorskih podatkov. Program oziroma uporabniški vmesnik je uporabnikom prijazen in je podprt tudi v slovenskem jeziku, kar je vsaj v začetni fazi spoznavanja z delovanjem in funkcijami programa zelo dobrodošlo.



Slika 5: Vihre in študijsko komasacijsko območje (lasten prikaz).

¹ <http://www.qgis.org/en/site/>

3.4 Izbira med prosto dostopnimi programi za objektno klasifikacijo

Na spletu je prosto dostopnih veliko programov za izvajanje in reševanje nalog s področja prostorskih podatkov. Termin »prosta dostopnost« se uporablja za vse tiste programe, ki so brezplačni in prosto dostopni. S področja daljinskega zaznavanja lahko prosto dostopamo do nekaterih programov, med katere sodita tudi programa InterIMAGE in SPRING.

Objektne analize smo uvodoma želeli izvesti v prosto dostopnem programu InterIMAGE. Omenjen program smo zelo hitro opustili, saj so se že v začetni fazi obdelav podob pojavljale številne težave v samem delovanju programa. Zaradi problemov v delovanju omenjenega programa smo sklenili preizkusiti še program SPRING, kar se je hitro izkazalo za pravilno odločitev.

3.5 Program SPRING

Program SPRING² je prosto dostopen program za obdelavo in izvajanje analiz na različnih podobah s področja daljinskega zaznavanja. Nastal je kot rezultat večletnega razvoja in dela Nacionalnega inštituta za vesoljske raziskave – INPE³ in glavne raziskovalne ustanove za kmetijstvo – EMBRAPA⁴ v Braziliji. Potreba po programih za daljinsko zaznavanje in tehnologiji geografskih informacijskih sistemov (GIS) se je v Braziliji pojavila zaradi različnih potreb, kot so na primer spremljanje suše, upada vodnih virov, hitre urbanizacije in predvsem zaradi spremljanja obsežnih gozdnih površin Amazonskega gozda. Daljinsko zaznavanje s pomočjo tehnologije GIS tako predstavlja edino možnost spremljanja več kot 5.000.000 km² površin, na katerih se razprostira Amazonski pragozd (Camara in sod., 2013).



Slika 6: Logotip programa SPRING (SPRING, 2013).

Omenjeni okoljski problemi so motivirali in upravičili visoke investicije v razvoj programske opreme, združene v programu SPRING (slika 6), ki se pod okriljem omenjenega nacionalnega inštituta INPE vse od leta 1991 stalno izpopolnjuje in posodablja. Programska oprema za obdelavo digitalnih podob

² <http://www.dpi.inpe.br/spring/english/>

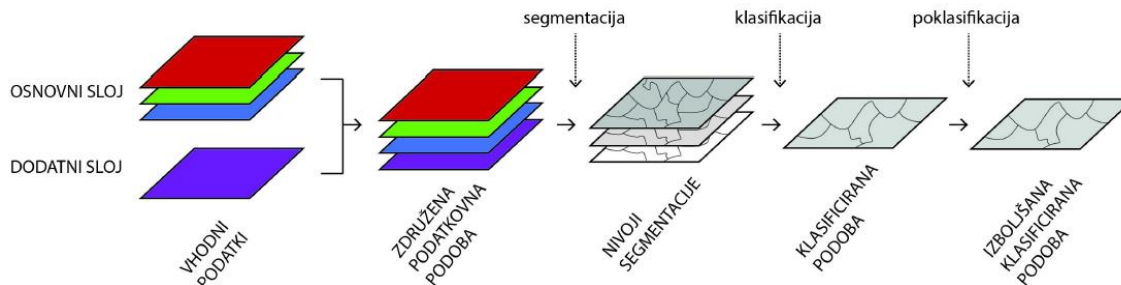
³ portug. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

⁴ portug. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

vključuje številne možnosti obdelave podob, kot so na primer izboljšanje kontrasta, radiometrične korekcije, aritmetične operacije, slikovna statistika ipd. Na voljo je več različnih tipov segmentacij ter klasifikacij podob daljinskega zaznavanja. V programu smo v okviru praktičnega dela za analizo komasacijskega območja izvajali različne postopke segmentacij in objektnih klasifikacij. V nadaljevanju sta nekoliko podrobneje opisani omenjeni glavni operaciji, s katerima smo se ukvarjali v prvem delu priprave podatkov za nadaljnjo analizo.

Pred začetkom izvajanja analiz smo v okviru novega projekta določili osnovne parametre delovnega okolja v programu, kot so na primer delovna datoteka, izbira projekcije, definiranje njenih parametrov ipd. Podatke vsakega analiziranega obdobja smo obravnavali ločeno v svojem projektu, kar se je predvsem v nadaljevanju izkazalo za dobro odločitev. Podatki so bili zaradi več projektov bolj strukturirani, imeli smo boljši pregled nad delom, manjše število datotek in manj težav pri obdelavi zaradi velikosti izvornih podob. Postopek objektno klasifikacije (slika 7) je v osnovi sestavljen iz treh glavnih faz:

- segmentacije,
- objektno oziroma semantično klasifikacije in
- poklasifikacije.



Slika 7: Postopek objektno klasifikacije na podatkih daljinskega zaznavanja (Veljanovski, Kanjir in Oštir, 2011).

3.5.1 Segmentacija

Prvi del obdelave podob je namenjen segmentaciji podob. Segmentiranje pomeni razmejevanje podobe v posamezna dovolj homogena območja sosednjih slikovnih celic oziroma pikslov z dovolj podobnimi opisnimi oziroma atributnimi vrednostmi (Veljanovski, Kanjir in Oštir, 2011). V idealnem primeru bi bil vsak realen objekt na podobi identificiran s posameznim segmentom (Zhang in Maxwell, 2006; Veljanovski, Kanjir in Oštir, 2011). V realnosti tega seveda ni mogoče pričakovati, vendar se lahko s kakovostno izvedeno segmentacijo in nadaljnjo klasifikacijo temu idealu približamo, v kolikor nam to omogočajo dovolj dobri vhodni podatki.

V preteklosti so bili razviti številni algoritmi za izvajanje segmentacij. V splošnem lahko segmentacijske algoritme razdelimo v dve glavni skupini. Prva skupina združuje vse algoritme, ki delujejo na »osnovi robov območij«⁵. Drugo skupino tvorijo algoritmi »razraščanja območij«⁶. V naši analizi smo uporabili segmentacijski postopek razraščanja območij. Omenjen algoritem deluje po principu, da se območja od primernih začetnih pikslov t. i. semen razširjajo in tvorijo vedno večja dovolj homogena območja oziroma regije, ki izpolnjujejo izbrane kriterije homogenosti. Postopek se iterativno ponavlja vse do trenutka, ko ni presežena predhodno nastavljena meja medsebojne podobnosti ali omejitev največje velikosti posameznega segmenta. Iteracije se zaključijo, ko so vse celice (piksli) na podobi porazdeljeni v posamezne segmente (Kosmatin Fras, 2011).

Na stopnjo segmentacije v programu smo lahko vplivali le preko določitve parametra stopnje homogenosti posameznega območja. V boljših in naprednejših programih segmentacija poteka ob upoštevanju drugih dodatnih atributov, ki so lahko prostorski (oblika, velikost, dolžina ...), spektralni (lastnosti multispektralnih pasov npr. povprečje in standardna deviacija), morfološki (parametri oblike, teksture ...) in drugo (Kosmatin Fras, 2011).

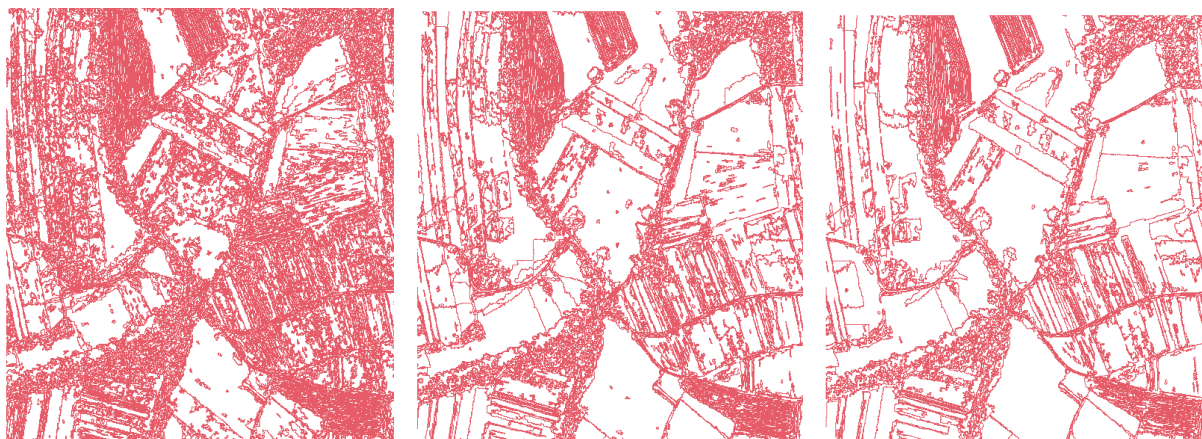
V okviru segmentacije smo morali poiskati pravo razmerje, da podobe za nadaljnjo obdelavo niso bile prekomerno ali prešibko segmentirane. Prekomerna segmentacija je posledica prevelikega upoštevanja tonskega kontrasta med sosednjimi segmenti, medtem ko prešibka segmentacija ne upošteva dovolj tonskega kontrasta, in se zato segmenti med seboj ne ločijo dovolj. Različne stopnje segmentacije podobe (ortofota) za študijsko območje iz leta 2006 so prikazane na sliki 8. Stopnjo segmentacije smo modelirali s spreminjanjem dveh parametrov, in sicer stopnjo podobnosti⁷ in velikostjo segmenta⁸. Na stopnjo segmentacije je najbolj vplival kriterij podobnosti, ki preko statističnih testov hipoteze preverja povprečja med območji, tako imenovanimi »regijami«. Merilo podobnosti temelji na evklidski razdalji med povprečnimi sivimi vrednostmi vsake regije. Dve regiji se obravnavata kot različni, če je razdalja med njunima povprečnima vrednostima nad vrednostjo podobnosti, ki jo definiramo kot vhodni parameter (SPRING, 2013).

⁵ angl. edge-based

⁶ angl. region growing

⁷ angl. similarity

⁸ angl. area



Slika 8: Različne stopnje segmentacije podobe (prekomerna, ustrezna in prešibka) za ortofoto na študijskem območju iz leta 2006 (lasten prikaz).

V preglednici 3 so predstavljeni vhodni podatki in parametri izbrane najoptimalnejše segmentacije, na osnovi katerih smo v naslednjem koraku nadaljevali s klasifikacijo.

Preglednica 3: Parametri segmentacije vhodnih podatkov za posamezna obdobja

Obdobje snemanja	2003	2006	2012
Spektralni kanali	rdeč, zelen, moder	rdeč, zelen, moder, bližnji IR	rdeč, zelen, moder, bližnji IR
Stopnja podobnosti	15	20	15
Velikost segmenta	100	100	100

3.5.2 Objektna klasifikacija

V prvi fazi smo s segmentacijo podob podobne piksele združili v posamezne segmente. Posamezni segmenti (podobjekti) v večini primerov še ne predstavljajo celotnih objektov, vendar le njegove dele. Z združevanjem segmentov v fazi klasifikacije in poklasifikacije pridobimo približke realnih objektov s skupnimi značilnostmi. Objektna klasifikacija tako razvrsti dovolj podobne segmente glede na njihove značilnosti v pripadajoč objektni razred. Klasificiranje segmentov se lahko opravi na več načinov. Objekte klasificiramo s hevrističnimi tehnikami ali s tehnikami, ki temeljijo na semantičnih mrežah (Veljanovski, Kanjir in Oštir, 2011). Z določitvijo učnih vzorcev smo za vsak objektni razred klasificirali segmente v posamezne objektne razrede. Vhodni podatki za klasifikacijo so:

- segmentirana podoba,
- podobe (državni ortofoto v posameznih spektralnih kanalih) in
- učni vzorci za posamezne razrede.

V postopke klasifikacije smo vključili vse spektralne kanale ortofota iz posameznega obdobja snemanja. Klasifikacija ortofota iz let 2006 in 2012 je bila občutno boljša kot v letu 2003, saj smo poleg vidnega barvnega spektra imeli podatke tudi v bližnjem IR-spektralnem kanalu, ki je močno izboljšal kakovost rezultatov.

4 POSTOPEK IN REZULTATI RAZISKAVE

V tretjem poglavju so bili opisani koraki analitičnega dela naloge. V nadaljevanju podrobneje opisujemo korake s hkratno predstavitvijo rezultatov.

4.1 Definicija učnih vzorcev posameznih razredov

Pri definiranju učnih vzorcev se je število razredov med posameznimi leti razlikovalo. Najmanj razredov smo definirali v letu 2003 (10), nekoliko več v letu 2012 (19) in največ v letu 2006 (30). Število razredov se je razlikovalo glede na kakovost segmentacije in vrste pokritosti (dejanske rabe) zemljišč v letu snemanja. Pokritost zemljišč na komasacijskem območju je oblikovala ključni faktor, ki je v največji meri vplival na število razredov. Razrede in vzorce za posamezne razrede smo nato preko iteracij spreminjali tako, da smo prišli do minimalnega mešanja med nesorodnimi razredi. Mešanja smo zmanjševali tako, da smo glede na dobljene rezultate, identificirana mešanja in s pomočjo vizualne interpretacije poleg spreminjanja vzorcev dodajali oziroma reducirali razrede na posameznih kritičnih območjih, kjer je prihajalo do mešanj. Razrede smo asociativno poimenovali, kar je med iteracijami določevanja pomagalo pri izbiri najoptimalnejših vzorcev za posamezne razrede.

Največ pozornosti smo v vseh analiziranih obdobjih namenili identifikaciji poraščenih območij, kot so gozd, grmičevje in druge poraščene površine ter ne nazadnje identifikaciji številnih osamelih dreves. Omenjene površine smo želeli čim bolj natančno in enolično definirati ter hkrati na še sprejemljivi ravni obdržati mešanja z drugimi objektnimi razredi.

4.1.1 Učni vzorci za snemalno leto 2003

Segmentacija in klasifikacija podobe iz leta 2003 sta bili glede na vizualno interpretacijo najslabši. Razlogi za slabšo kakovost ne izvirajo iz drugačnega postopka obdelave podatkov glede na leti 2006 in 2012, ampak lahko vzroke pripišemo več drugim dejavnikom. Podatki v letu 2003 so bili zajeti z analognim aerofotoaparatom. V nadaljevanju so bile te analogne podobe preko skeniranja pretvorjene v digitalno obliko ter posledično modificirane v odvisnosti od skenerja (kakovost skeniranja, parametri barvne ločljivosti, kontrast ipd.) in njegovih takratnih nastavitev. V postopku skeniranja so se lahko tako določeni detajli iz izvorne podobe izgubili ali pa so postali manj izraziti. Boljše rezultate bi verjetno lahko dobili, če bi analizo opravili z izvornimi podatki. Posnetki iz omenjenega snemanja imajo slabšo prostorsko ločljivost, ki znaša 0,5 m. Enega izmed ključnih razlogov za slabše rezultate, ki so se odražali najprej v slabi segmentaciji in nato tudi klasifikaciji za leto 2003, lahko pripišemo predvsem odsotnosti bližnjega IR-spektralnega kanala.

Žal so potekala takratna snemanja še brez omenjenega spektralnega kanala in so se izvajala le v vidnem delu barvnega spektra (rdeč, zelen, moder spektralni kanal). Slabši rezultati so se odražali predvsem v prevelikih segmentih. Uporabljena programska rešitev je segmente obravnavala kot homogene, čeprav to v resnici niso bili. Večjim površinam so bila pridružena tudi manjša območja z drugo rabo zemljišč. V nadaljevanju je tako izpostavljenih le nekaj glavnih težav, s katerimi smo se soočali.

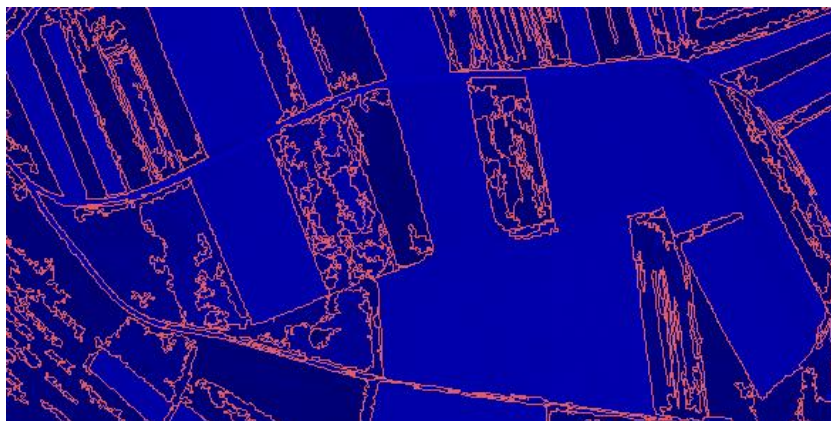
Težave so se pojavljale predvsem z ločevanjem med naslednjimi glavnimi razredi:

- poljskimi potmi in golimi njivami,
- poljskimi potmi in travniki ter
- zaraščenimi površinami (grmičevje, deli gozda ipd.) in temnejšimi kmetijskimi površinami (njive s koruzo).

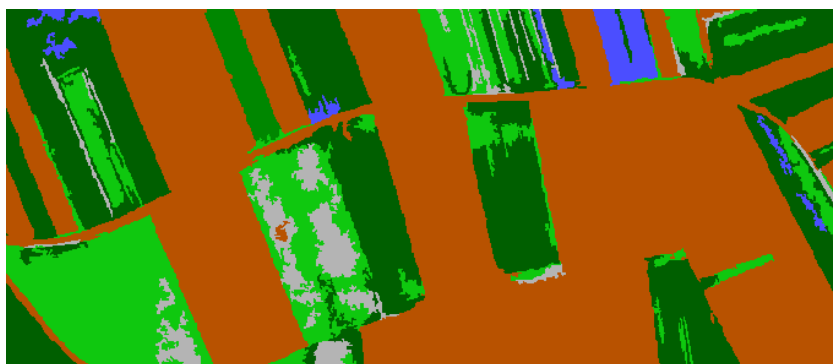
Že v osnovi smo izhajali iz slabe segmentacije, saj so številna območja v fazi segmentacije ostala združena in jih nikakor nismo uspeli ločiti v različne segmente. Druga težava se je pojavila pri določevanju vzorcev za omenjene razrede, saj smo se soočali z velikim mešanjem med razredi. Problem smo poskušali rešiti z izbiro različnih kombinacij vzorcev v enem in drugem razredu, vendar mešanja nikakor nismo uspeli zmanjšati na za nas sprejemljivo raven.

Težave, s katerimi smo se srečevali, so predstavljene na konkretnem primeru mešanj poljskih poti ter ostalih površin. S temi problemi smo se soočali tudi v nadaljevanju (leto 2006 in 2012), vendar je bila ta problematika v izpostavljenem letu 2003 najbolj izrazita. Poljske poti imajo raznoliko sestavo. Lahko so poraščene s travo ali pa ne in potekajo po golih tleh. Te poti se tako brez težav mešajo z večino sosednjih površin, torej z razredi travnikov, njiv ipd., saj se od njih zelo malo ali praktično v ničemer ne razlikujejo po spektralnih lastnostih za obravnavane kanale. Številne poljske poti so tako ostale zajete v razredu »golih« njiv (njive brez vegetacije). Prav tako so bile tudi na drugi strani posamezne njivske površine identificirane kot poljske poti.

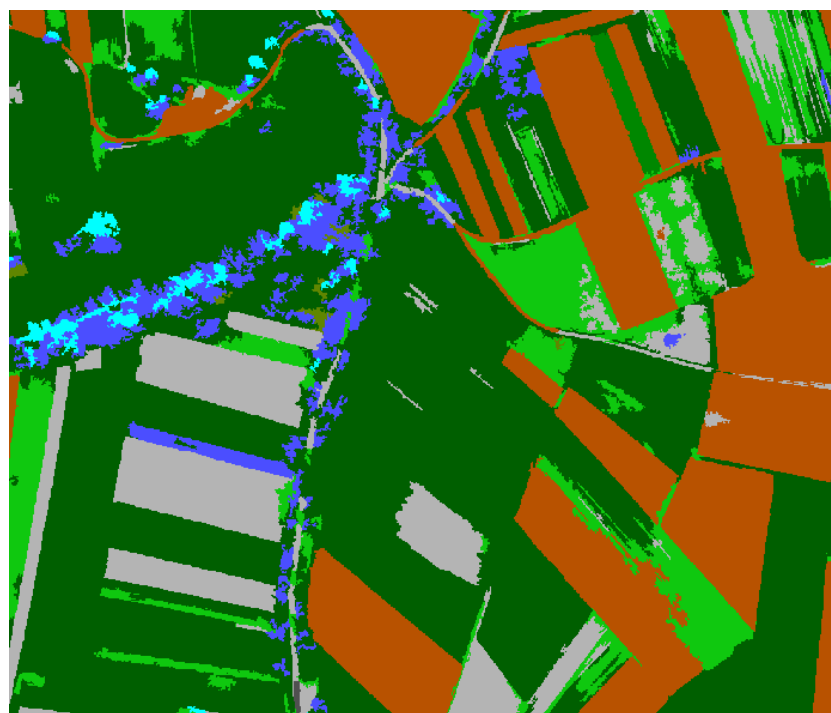
Omenjena mešanja so opazna na prikazanih izsekih (slika 9 in 10) iz študijskega komasacijskega območja. Slika 9 prikazuje slabo segmentacijo na delu komasacijskega območja. V zgornjem delu slike 9 lahko razberemo potek poljske poti, ki se zaradi premajhne različnosti od sosednjih površin (golih njiv) nikakor ni uspela segmentirati v ločen segment. Razloge za to lahko poiščemo v veliki podobnosti med omenjenima razredoma.



Slika 9: Slaba segmentacija za leto 2003 (lasten prikaz).



Slika 10: Slaba klasifikacija rabe (pokritosti) zemljišč kot posledica slabe segmentacije za leto 2003 (lasten prikaz).



Slika 11: Slaba klasifikacija rabe (pokritosti) zemljišč kot posledica mešanja razredov (lasten prikaz).

V nekaterih drugih primerih, ko nam je segmentacija uspela ločiti posamezne razrede med seboj, so se težave začele pojavljati pri izbiri učnih vzorcev za posamezen razred. Posameznim mešanjem se nismo uspeli izogniti, saj so se t. i. »kritični oziroma mejni segmenti« v večji ali manjši meri naključno pojavljali enkrat v enem, drugič v drugem razredu. Poskušali smo poiskati najbolj optimalno rešitev preko določitve novih dodatnih objektnih razredov za mešajoče se segmente. Na sliki 11 lahko na primeru mešanja med poljskimi potmi in golimi njivami opazujemo izpostavljeno težavo. Posamezni deli cest so bili prepoznani (klasificirani) kot njive, prav tako so se zaradi velike podobnosti na drugi stani posamezne njive klasificirale kot poljske poti.

Podobne težave so bile v mešanju gozdnih površin z nekaterimi temnejšimi kmetijskimi površinami. Struktura gozda, grmičevja in podobnih z visoko vegetacijo zaraščenih površin je zelo raznolika in se močno spreminja iz temnejših do zelo svetlih območij. Prav ta velika pestrost in nehomogenost omenjenih površin ima za posledico številne majhne ter raznolike segmente. Prav ta močna raznolikost skorajda istovrstnih površin je tako predstavljala drugega izmed glavnih vzrokov za mešanje z ostalimi objektnimi razredi kmetijskih površin.

4.1.2 Učni vzorci za snemalno leto 2006

Rezultati v letu 2006 so občutno boljši kot v letu 2003. Izboljšanje lahko pripišemo več dejavnikom:

- vključitvi bližnjega IR spektralnega kanala,
- boljši prostorski ločljivosti 0,25 m,
- zajemu podatkov preko digitalnih snemalnih sistemov.

Vsi zgoraj omenjeni razlogi so se odrazili tako v boljši segmentaciji podobe, ki je vodila v semantično bolj korektno klasifikacijo. Po izvedeni segmentaciji smo izvedli klasifikacijo podobe v 30 objektnih razredov. Rezultati klasifikacije so se na vseh področjih glede na leto 2003 bistveno izboljšali, čeprav so bili pri posameznih razredih še vedno prisotni posamezni moteči dejavniki. To lahko pripišemo veliki pestrosti in nehomogenosti kmetijskega okolja. Poljske poti so bile relativno dobro identificirane. Težave so se pojavljale predvsem zaradi dveh značilnosti poljskih poti, ki sta predstavljeni v nadaljevanju in prikazani na sliki 12.



Slika 12: Razlogi za slabšo klasifikacijo poljskih poti (lasten prikaz).

Prvi problem v identifikaciji je bila prisotnost visoke vegetacije nad oziroma ob poljskih poteh, ki je poti deloma ali v celoti zakrivala. Pred komasacijo je visoka vegetacija preko številnih krošenj dreves prekrivala potek poljskih poti pod njimi. Poteka poljskih povezav v teh primerih nismo uspeli zaznati v celoti. Posledično smo lahko identificirali le posamezne manjše segmente, iz katerih smo nato bolj ali manj uspešno sklepali o poteku poljskih poti. Z rdečo barvo so na sliki 12 prikazani segmenti poljske poti, ki smo jih uspeli identificirati. Vsi ostali odseki poti so ostali skriti zaradi prej omenjene prisotnosti visoke vegetacije, ki je pot zakrivala. Tudi boljši programi bi imeli na teh območjih podobne težave, saj nimamo »podatkov«, kaj se nahaja pod krošnjami. Parcialno rešitev omenjenega problema bi omogočala sprememba časa snemanja. Večina visoke vegetacije ob poteh je listavcev, ki v pozni jeseni ali zgodnji pomladi ne bi imeli krošenj z listi in bi tako lahko te poti uspešneje zaznali. Zavedati se je potrebno, da bi s spremenjenim časom snemanja po drugi strani izgubili posamezne druge prednosti krošenj dreves. Izgubili bi na primer možnost identifikacije osamelih dreves preko krošenj, prav tako bi bila veliko slabša tudi identifikacija vse vegetacije.

Poljske poti so zelo različne in predstavljajo prometne povezave med, do in po posameznih kmetijskih zemljiščih. Primarno služijo za reden ali občasen dostop kmetijske mehanizacije do obdelovalnih površin. Velika večina, če izzamemo nekaj glavnih večjih poljskih poti, jih poteka ob robu kmetijskih površin in se od njih zelo malo razlikuje. Majhna stopnja razlikovanja od samih kmetijskih površin je predstavljala poleg prekritosti z visoko vegetacijo drugo največjo težavo pri identifikaciji poljskih prometnic. Znotraj rumenega kvadrata na sliki 12 poteka del ene izmed poljskih poti, kjer smo poskušali vizualno prikazati omenjeno težavo, katera je prisotna v vseh treh analiziranih obdobjih.

Kot smo že omenili, se nekatere poljske poti od sosednjih kmetijskih površin zelo malo ali skoraj da nič ne razlikujejo, ko primerjamo podatke razpoložljivih spektralnih kanalov. Težave imamo že, če bi morali sami individualno preko vizualne interpretacije določevati potek poti. Ponekod je podobnost s kmetijskimi površinami tako velika, da poljske poti sploh ne bi zaznali. Visoka stopnja podobnosti je lepo vidna na sliki 12, kjer se manjša desna poljska pot v posameznih delih popolnoma zlije s travnikom na eni in z žitom posejano njivo nekoliko nižje na drugi strani. Rešitve za omenjeni težavi smo iskali predvsem preko določevanja vzorcev za posamezne razrede, torej kaj v posamezen razred še vključiti ter katerih vzorcev ne, da se v čim večji meri izognemo mešanju z drugimi zelo podobnimi (kmetijskimi) objektnimi razredi.

Manjše poljske poti potekajo po najrazličnejših podlagah in so večinoma v celoti ali delno prekrile z različno nizko travniško vegetacijo. Omenjena raznolikost v pokritosti poljskih poti na eni ter velika podobnost s sosednjimi kmetijskimi površinami na drugi strani, identifikacijo teh poti zelo otežuje. Preko iterativnega določevanja vzorcev smo tako želeli identificirati čim več poljskih poti ter hkrati na razumnem minimumu obdržati mešanja z ostalimi razredi. Dobro smo uspeli klasificirati predvsem večje in glavne poti makadamskega ustroja ter posamezne dele poljskih poti, kjer so bile kolesnice (naravna podlaga brez vegetacije – zemlja) dovolj močno poudarjene, da so se razlikovale od sosednjih z različno vegetacijo porastlih kmetijskih površin. Tudi tukaj smo morali poiskati najoptimalnejšo razmerje, kakšne vzorce v identifikacijo poti še vključiti in katere ne. Mešanja z drugimi razredi, kjer imamo v mislih predvsem gole kmetijske površine, kot so njive in ostalo nizko vegetacijo, smo želeli obdržali na za nas še sprejemljivi minimalni ravni mešanja med objektnimi razredi.

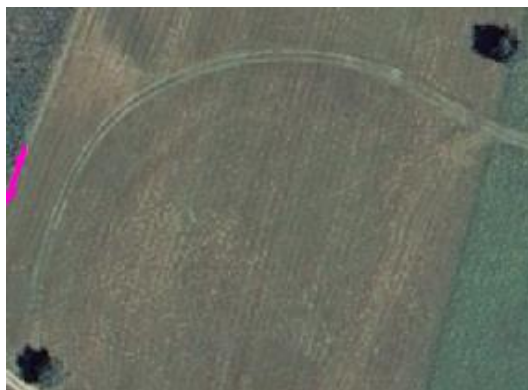
Zaradi posledično pretiranega mešanja z drugimi razredi smo se »odpovedali« identifikaciji poljskih poti, ki so pretežno ali v celoti porastle z nizko vegetacijo. Veliko omenjenih poti se že v okviru segmentacije, zaradi svoje velike podobnosti in premajhnega razlikovanja od sosednjih kmetijskih površin, ni uspelo segmentirati v ločen segment. Manjše poti so bile tako pridružene večjim sosednjim segmentom travnikov, z žitom posejanim njivam ipd. Na sliki 13 so vidni razlogi, zakaj je bila segmentacija in klasifikacija poljskih poti ponekod zelo slaba, drugod pa skoraj popolna.



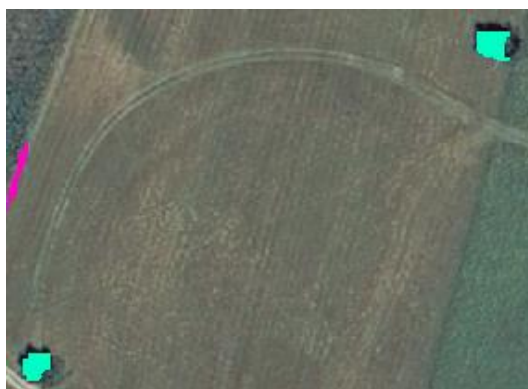
Slika 13: Različna tipa poljskih poti [*pot z ozkima kolesnicama ter nizko vegetacijo na sredini in ob straneh levo ter večja pot makadamskega ustroja desno*] (Rovan, 2013).

Klasifikacija ostalih površin, predvsem razredov kmetijskih površin in zaraščenih površin, ni predstavljala težav, saj so v ta razred združene vse površine, ki so v intenzivni kmetijski rabi (njive, travniki ipd.). Zaraščene površine združujejo več razredov, kateri predstavljajo visoko vegetacijo, kot so grmičevje, gozdne površine in druga zaraščena območja. Tudi tukaj se pojavljajo posamezna mešanja med razredi specifičnih kmetijskih površin. Z območji temnejših gozdov se mešajo posamezne temnejše kmetijske površine, kot so na primer manjši temnejši deli njiv porastlih s koruzo. To so bili predvsem zelo ozki in dolgi pasovi ob senčnih robovih koruznih njiv. Največja mešanja zaraščenih površin so bila prav s koruznimi njivami, saj je njihova struktura močno nehomogena. Mešanje smo zmanjšali na minimum, tako da smo zaraščene površine razdelili v še več ločenih razredov ter tako skupaj z izbiro optimalnih vzorcev uspešno reducirali mešanja. Razloge za mešanje lahko iščemo v nekoliko drugačnih radiometričnih vrednostih ob robovih njiv (na primer senčni rob koruzne njive podobnost s temnim gozdom, svetli rob ali sušni predeli podobnost s svetlim gozdom ipd.). Mešanja kljub uvajanju dodatnih razredov in več iteracijam določevanja vzorcev nismo uspeli popolnoma preprečiti, tako da so se mešanja minimalizirala predvsem na posamezne ozke trakove vzdolž njiv, kjer je rastla koruza ali njej podobna poljščina, kot je na primer krmni sirek. Do mešanja zaraščenih površin z drugimi kmetijskimi površinami ni prihajalo ali je bilo le minimalno.

Izpostaviti je potrebno tudi razred, kamor smo klasificirali vsa območja senc. Omenjen razred je zelo dobro definiran in je med vsemi najbolj homogen. To se odraža v tem, da je mešanje z drugimi razredi minimalno oziroma ga praktično ni. Podatki o sencah so se v našem primeru izkazali za zelo koristne, saj so nam ponudili številne dodatne informacije. Potrjevali so nam prisotnost visoke vegetacije ter predvsem omogočili dodatno identifikacijo osamelih dreves in manjših območij, ki jih drugače ne bi uspeli klasificirati.



Slika 14: Neuspešna identifikacija osamelih dreves preko razredov visoke vegetacije (lasten prikaz).



Slika 15: Identifikacija osamelih dreves s pomočjo senc (lasten prikaz).

Na slikah 14 in 15 lahko vidimo dve osameli drevesi, ki smo ju uspeli identificirati le preko razreda senc (svetlo modra barva). Zavedamo se, da položajna natančnost zaradi senc ni najboljša, vendar sposobnost zaznave teh dreves s pomočjo senc vsekakor odtehta njihov nekoliko linearno zamaknjen prostorski položaj in delno nepravilno obliko.

4.1.3 Učni vzorci za snemalno leto 2012

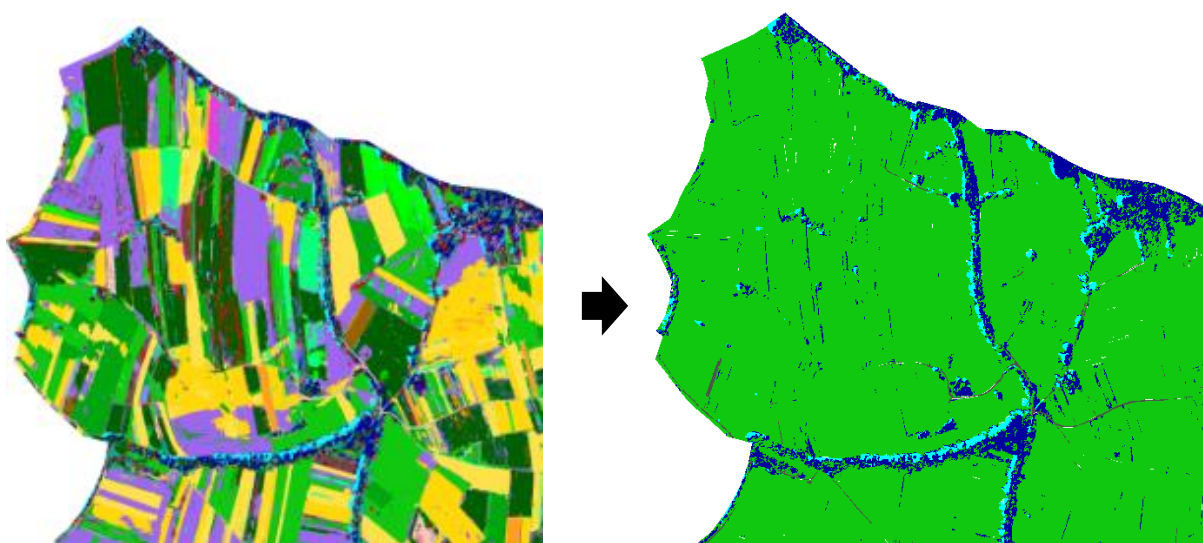
Med snemanjema v letih 2006 in 2012 se je na območju Viher opravila komasacija skupaj z agromelioracijskimi deli na kmetijskih zemljiščih. Ugotoviti smo želeli, ali bi lahko s primerjavo podatkov med snemanjem pred komasacijo in po komasaciji identificirali posamezne spremembe v prostoru. Zanimajo nas predvsem spremembe poteka poljskih poti, krčenja gozdnih in zaraščenih površin ter izginjanje osamelih dreves. Pripravo podatkov (postopka segmentacije in klasifikacije) smo za leto 2012 izvedli na enak način kot v letu 2006.

V letu 2012 smo imeli, tako kot leta 2006, poleg osnovnih (rdeč, zelen in moder) spektralnih kanalov, podatke tudi v bližnje rdečem spektralnem kanalu. Po opravljeni segmentaciji podobe smo podobo razdelili v 19 razredov, kar je nekoliko manj kot v letu 2006. Število razredov je manjše zaradi manj območij visoke vegetacije, večjih in bolj homogenih zemljišč ter nekoliko spremenjene pokritosti tal.

Tudi tukaj smo v okviru več iteracij določitve vzorcev za posamezne razrede poskusili podobo čim boljše klasificirati ter na minimumu obdržati mešanja med razredi. Pri klasifikaciji smo se soočali s podobnimi problemi kot v analiziranem obdobju 2006.

4.2 Poklasifikacija

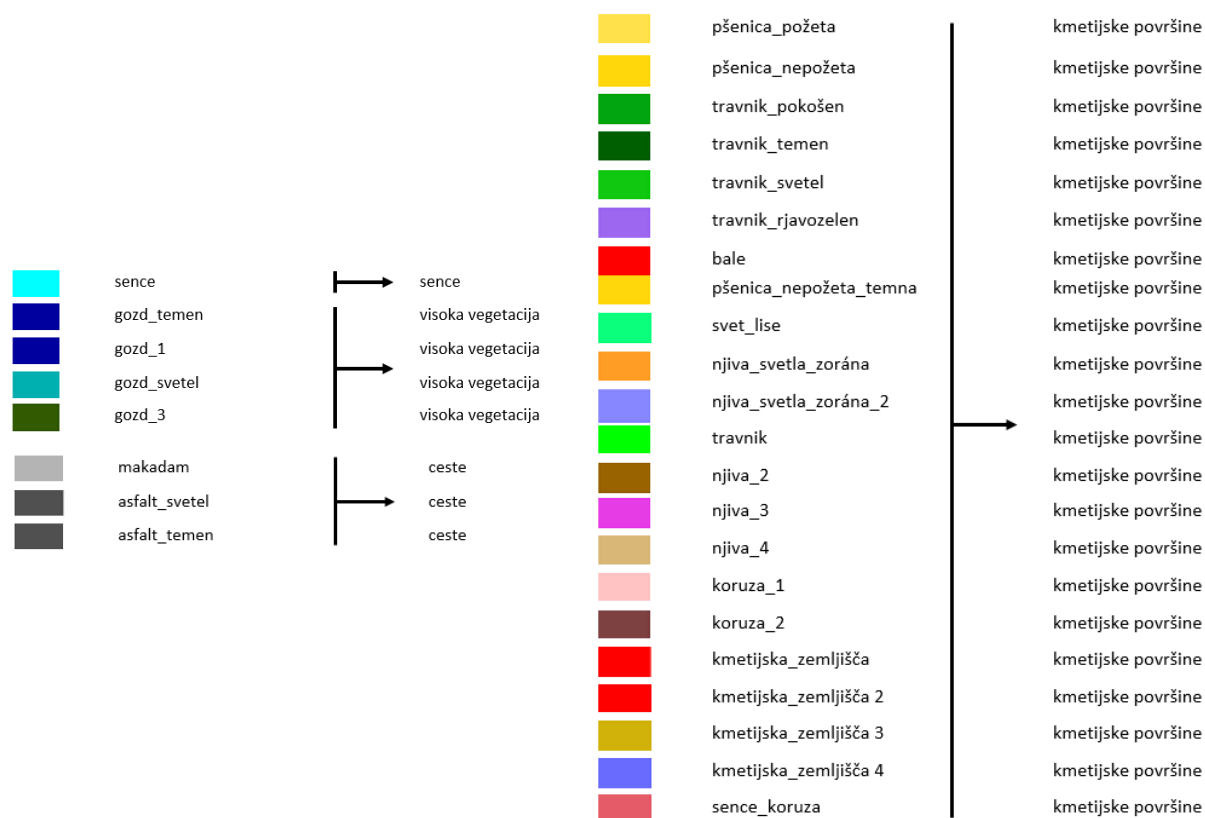
V postopku poklasifikacije (slika 16) smo več objektnih razredov združili v štiri glavne razrede. Istovrstne površine smo tako lahko v nadaljevanju medsebojno lažje primerjali. V glavne razrede smo združili vse vsebinsko podobne objektne razrede. Združevanje razredov za leto 2006 prikazuje slika 17.



Slika 16: Podoba po klasifikaciji (levo) in po poklasifikaciji (desno) za leto 2006 (lasten prikaz).

Glavni razredi so:

- kmetijske površine – zeleno (združujejo vsa kmetijska zemljišča intenzivne rabe kot so njive, travniki, pašniki ipd.),
- ceste – sivo (združujejo razrede poti makadamskega ustroja in druge poljske poti),
- visoka vegetacija – temno modro (združujejo razrede gozdnih zemljišč, zaraščenih površin in osamelih dreves) in
- sence – svetlo modro (sence).



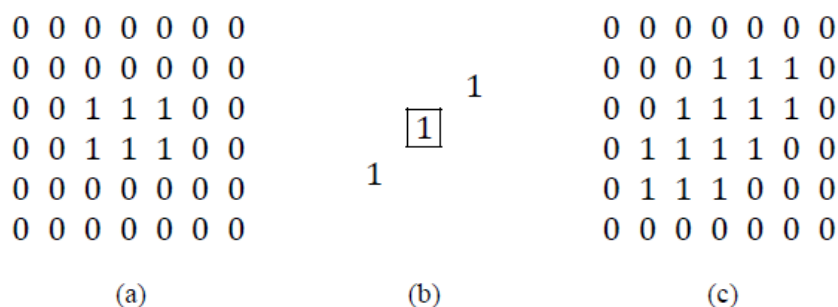
Slika 17: Primer sheme poklasifikacije oziroma sestave glavnih razredov (poklasifikacija za leto 2006)

4.3 Morfološka obdelava

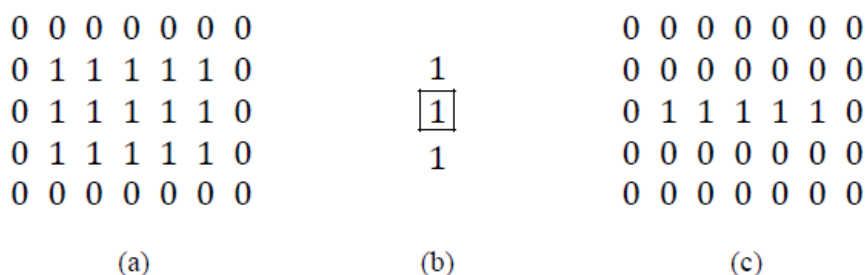
Preko algoritmov morfološke obdelave smo želeli kakovost poklasificiranih podatkov še dodatno izboljšati. Priloga B na ortofotu prikazuje območja visoke vegetacije iz obeh let, ki pa poleg pravilno identificiranih vključujejo še številna napačna območja v klasifikacijah za obe leti. Podatke objektnih razredov visoke vegetacije je bilo potrebno za morfološko obdelavo najprej pripraviti. Podobe smo najprej binarizirali ter tako pripravili za nadaljnje operacije. Morfološko obdelavo smo izvedli v programu MATLAB⁹. V splošnem poznamo več različnih morfoloških operacij, ki se uporabljajo na podobah v smislu morfološkega filtriranja. Najosnovnejši morfološki operaciji sta postopka erozije in dilacije (Grigillo, 2009).

Dilacija je morfološka operacija, ki širi oziroma razteza objekte na podobi, medtem ko ima erozija ravno nasprotno funkcijo krčenja oziroma oženja (Grigillo, 2009). Delovanje obeh algoritmov si lahko najlažje predstavljamo z naslednjima podobama na slikah 18 in 19 .

⁹ <http://www.mathworks.com/products/matlab/>



Slika 18: Izvorna podoba (a), strukturni element (b) in izhodni rezultat dilacije (c) (Grigillo, 2009).



Slika 19: Izvorna podoba (a), strukturni element (b) in izhodni rezultat erozije (c) (Grigillo, 2009).

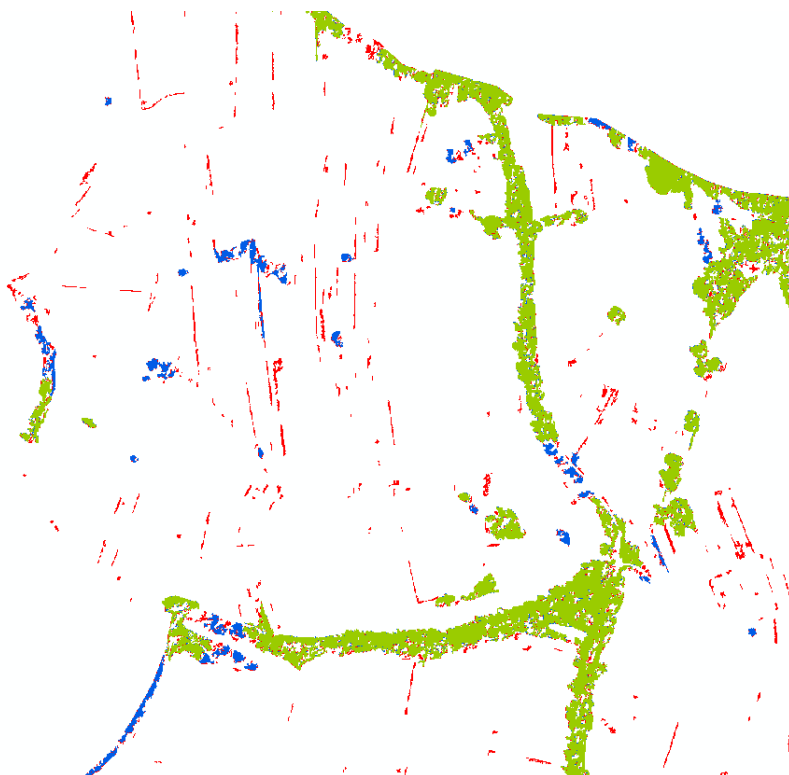
Pri obdelavi podob se dilacija in erozija pogosto uporabljata zaporedno ena za drugo. Najpogostejši kombinaciji hkratne uporabe teh dveh postopkov z istim strukturnim elementom sta t. i. operaciji odpiranja in zapiranja. Pri obeh kombinacijah za erozijo in dilacijo uporabljamo isti strukturni element. Strukturni element si lahko predstavimo kot poljubno matriko sestavljeno iz enk in ničel. Ta element nato piksel za pikselom potuje čez izvorno podobo ter tako ustvarja novo izboljšano podobo. Morfološko odpiranje je sestavljeno iz erozije, ki ji sledi dilacija. S to operacijo iz podob odstranjujemo dele objektov in tiste objekte, ki ne morejo vsebovati celotnega strukturnega elementa. Prav tako gladimo obrise, prekinjamo tanke povezave in odstranjujemo tanke izbokline (Grigillo, 2009).

Pri operaciji morfološkega zapiranja podobe je zamenjan le vrstni red postopkov. Operacija zapiranja se tako začne z dilacijo, ki ji nato sledi erozija z istim strukturnim elementom. Ta postopek poleg splošnega glajenja obrisov objektov tudi združuje ozke prelome, zapolnjuje tanke ožine in luknje, ki so manjše od definirane strukturnega elementa (Gonzales, Woods, Eddins, 2004). Na sliki 20 je prikazano posplošeno delovanje morfološkega odpiranja in zapiranja podobe s strukturnim elementom, ki ima obliko kvadrata dimenzij 20 x 20 pikslov (Grigillo, 2009).



Slika 20: Prikaz odpiranja in zapiranja: izvorna podoba (a), odpiranje (b), zapiranje (c), zapiranje odprte podobe (d) (Grigillo, 2009).

Morfološko obdelavo odpiranja in zapiranja smo izvedli le na objektnem razredu visoke vegetacije, saj se je ravno tukaj pojavljalo največ težav z zelo majhnimi segmenti in mešanji z drugimi objektnimi razredi. Poleg odpiranja in zapiranja smo na podobah, glede na pogoj minimalne velikosti (npr. objekt sestavljen vsaj iz 250 pikslov), izločili tudi vse zelo male skupke pikslov, ki so bili manjši od izbrane minimalne velikosti, kar je podobo občutno izboljšalo. Z morfološkima postopkoma odpiranja in zapiranja smo izboljšali kakovost klasifikacije. Podobo smo obdelovali z različnimi vrstami strukturnih elementov in različnim pogojem minimalne velikosti. Glede na vhodne parametre smo tako dobili različne rezultate, ki so prikazani na sliki 21. Vse barve skupaj predstavljajo celoten objektni razred visoke vegetacije v letu 2006 pred morfološko obdelavo. Z rdečo barvo so označena številna mala napačno klasificirana območja, ki smo jih izločili že s šibko morfološko obdelavo. Z modro barvo je predstavljena srednja morfološka obdelava, z zeleno pa močnejša obdelava (večji strukturni element in višji pogoj minimalne velikosti). Enostavne rešitve, na kakšen način izbrati najprimernejše parametre morfološke obdelave, ni, saj je to odvisno predvsem od samih vhodnih podatkov in z naše strani postavljene zahteve, katera je tista minimalna velikost elementov visoke vegetacije, ki jo še želimo obdržati v izvornem objektnem razredu.



Slika 21: Različne stopnje morfološke obdelave objektnega razreda visoke vegetacije iz leta 2006 (lasten prikaz).

Na sliki 21 smo podobo iz leta 2006 obdelali z različnima strukturnima elementoma ter različnim pogojem minimalne velikosti. Prva obdelava s strukturnim elementom razsežnosti 1×20 ($A_1 = [1 \ 1 \ 1 \dots 1]_{1 \times 20}$) in pogojem minimalne velikosti 200 pikslov je odstranila večino napačno klasificiranih območij in senčnih linij ob robovih njiv. Vsa ta območja so prikazana z rdečo barvo. V nadaljevanju smo nato z strukturnim elementom razsežnosti 1×35 ($A_2 = [1 \ 1 \ 1 \dots 1]_{1 \times 35}$) ter minimalnim pogojem velikosti 250 pikslov dodatno odstranili še vsa območja vidna z modro barvo. Ostala so tako le največja območja, ki so prikazana z zeleno. Večja območja zelene barve, ki nas najbolj zanimajo, smo nato uporabili za primerjavo z območji visoke vegetacije v letu 2012. Različne stopnje morfološke obdelave iz leta 2006 za celotno študijsko območje so v celoti vidne v prilogi C ob koncu naloge. Objektna razreda visoke vegetacije iz let 2006 in 2012 smo za primerjavo obdelali z istim strukturnim elementom in istim pogojem minimalne velikosti (priloge D in E). V prilogi F je ortofotu iz leta 2006 dodan objektni razred visoke vegetacije istega leta po morfološki obdelavi.

Prav zadnja primerjava (slika 29) je na vizualni ravni najboljši pokazatelj sprememb v prostoru. Spremljamo lahko, v kolikšni meri so se zaradi izvedenega postopka komasacije in agromelioracijskih del na študijskem območju skrčila območja visoke vegetacije do leta 2012 glede na izhodiščno leto 2006. Prav s tem smo uspeli identificirati številna področja krčenja večjih območij visoke vegetacije na račun intenzifikacije površin.

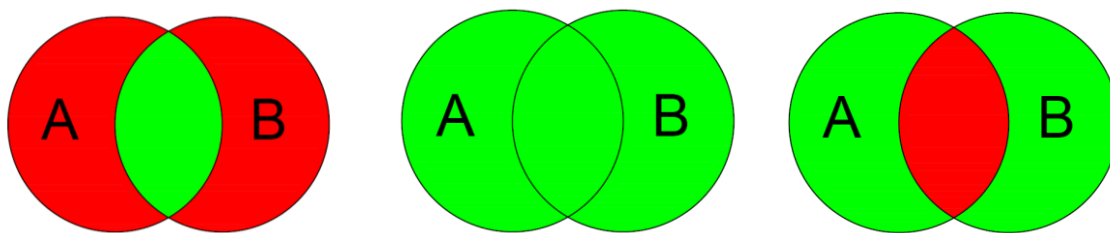
4.4 Primerjava območja pred in po opravljeni komasaciji kmetijskih zemljišč

Vpliv sprememb komasacije na obravnavanem območju smo identificirali glede na rezultate klasifikacije podob v letih 2006 in 2012. Podatkov klasifikacije iz leta 2003 v analizo nismo vključili, saj so bili slabše kvalitete in iz njih za našo analizo ne bi uspeli pridobiti uporabnih informacij. Z namenom lažje razumljivosti in primerjave smo tako med seboj primerjali posamezne razrede.

4.4.1 Priprava podatkov za časovno primerjavo

Poklasificirane podobe smo uvozili v program ArcMap, kjer smo klasificirano podobo s pomočjo Boolove algebre razdelili tako, da smo za vsak objektni razred izdelali svoj podatkovni sloj. Predpriprava podatkov je bila potrebna, da smo lahko v nadaljevanju preko algoritmov Boolove algebre med seboj primerjali istovrstne razrede, na primer razred poljskih poti pred in po komasaciji. Boolovi operatorji medsebojno primerjajo logične vrednosti dveh objektov, v našem primeru rastrskih celic, saj izvajamo operacije na rastrski mreži. Po primerjavi dveh vrednosti celic se v primeru pravilne trditve celici dodeli neničelna vrednost (običajno 1), ki jo na sliki 22 prikazuje zelena barva. V primeru napačne trditve pa je vrednost celice 0 (rdeča barva).

Boolovih operatorjeve je več in so sestavljeni iz pravil, ki natančno določajo, kdaj se katerim celicam pripiše kakšna vrednost. Slika 22 grafično prikazuje nekaj posameznih pravil. Območja znotraj krogov so pravilna, vendar to še ni dovolj, saj pravila posameznega operatorja natančneje določijo, katerim podobmočjem znotraj krogov se bodo pripisale ničelne in katerim neničelne vrednosti. Operator AND¹⁰ definira kot pravilno rešitev presek. Kot rezultat tega pravila se vrne pravilno, če sta hkrati pravilni obe vrednosti. Operator OR¹¹ vrne pravilno, če je pravilen vsaj eden, XOR pa, če je pravilen ali A ali B, vendar ne oba hkrati (Lisec, 2012).

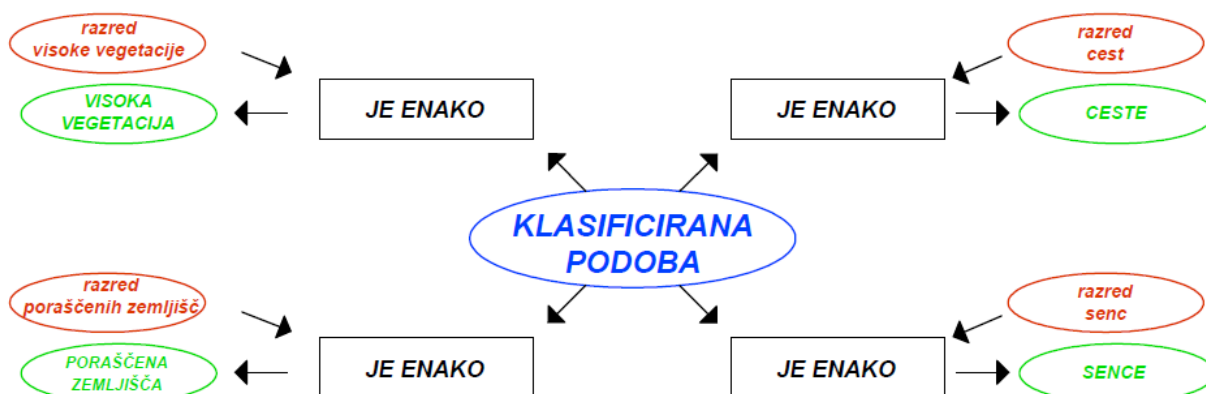


Slika 22: Grafična predstavitev delovanja Boolovih operatorjev AND, OR in XOR na množici A in B [zeleno = 1, rdeče = 0] (lasten prikaz).

¹⁰ in

¹¹ ali

Do iskane množice ne uspemo priti vedno le z enim korakom primerjave vrednosti, ampak je potrebno pogosto v pravilnem zaporedju smiselno uporabiti več Boolovih operatorjev hkrati. Slika 23 prikazuje eno izmed enostavnih modelnih shem, ki smo jo izdelali v programu ArcMap. Preko predstavljene modelne sheme smo iz osnovne podobe, v kateri so bili združeni vsi štirje razredi skupaj, pridobili za vsak razred ločen podatkovni sloj. Isto operacijo smo izvedli tako na klasificirani podobi iz leta 2006, kakor tudi iz leta 2012. Posamezni ločeni razredi so tako predstavljali vhodne podatke za nadaljnje analize podatkov.



Slika 23: Shema razdelitve klasificirane podobe na posamezne ločene razrede (lasten prikaz).

4.4.2 Objektni razred poljskih poti

4.4.2.1 Primerjava poljskih poti med podatki dejanske rabe zemljišč in klasificiranim razredom na podobi iz leta 2012

Za začetek bi predstavili zanimivo primerjavo (slika 24) med slojem poljskih poti v bazi dejanske rabe zemljišč kmetijskega ministrstva in slojem poti, ki smo ga pridobili s klasifikacijo podobe iz leta 2012. Za potrebe analize smo s strani Ministrstva za kmetijstvo in okolje RS pridobili podatke dejanske rabe iz Evidence dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč (Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, 2014).



Slika 24: Izsek iz karte (Primerjava poljskih poti med podatki dejanske rabe zemljišč in klasificiranim razredom na podobi iz leta 2012) – Priloga G.

Iz podatkov dejanske rabe zemljišč kmetijskega ministrstva v letu 2012 smo podobno kot za klasificirano podobo najprej naredili individualen sloj poljskih poti. Območje poti znotraj naselja in prometnih poti (regionalne ceste in avtoceste) smo zanemarili, čeprav smo jih uspeli zelo uspešno identificirati. Podatki Evidence dejanske rabe zemljišč je podatke neposredno prevzela iz komasacijskih podatkov, kar pomeni, da smo lahko v tem primeru za razred poljskih poti neposredno ugotavljali kakovost in uspešnost naše klasifikacije.

Uspešnost identifikacije poljskih poti smo lahko povezali s kategorijami, v katere so poljske poti razdeljene. Strokovna literatura deli poljske poti v štiri kategorije (preglednica 4).

Preglednica 4: Klasifikacija poljskih poti (Prosen, 2011)

Kategorija poljske poti	Širina poti	Namembnost poti
Glavna pot	7–10 m	Povezuje komplekse polj in sprejema notranji promet iz zbirnih in dostopnih poti na utrjene poti, ki vodijo proti naselju, kmetijam in obratno.
Zbirna pot	6–8 m	Sprejema notranji promet iz dostopnih poti, ga prenaša oz. preusmerja na glavne ali utrjene poti proti kmetijam, naselju in obratno.
Dostopna pot	5–6 m	Namenjena za notranji promet in zagotavlja neposredni dostop na polja in parcele znotraj polj.
Lokalna pot	4 m (izjemoma 3 m)	Namenjena za notranji promet in neposredni dostop na polja in parcele znotraj polj.

Črna barva predstavlja vse poljske poti v Evidenci dejanske rabe, kar pomeni vse poljske poti na tem območju. Rdeča barva prikazuje napake pri klasifikaciji oziroma mešanje objektnega razreda poljskih poti z ostalimi razredi. Z zeleno barvo so prikazane vse poti, ki smo jih uspeli pravilno klasificirati. Karta v prilogi G to primerjavo za območje v celoti prikazuje. Pri vseh večjih, širših in urejenih poteh se je klasifikacija izkazala kot zelo uspešna. Manj uspešna je bila, kot že omenjeno (poglavje 4.1.2), le na območjih:

- kjer so bile poljske poti zaradi visoke vegetacije zakrite,
- kjer so poti ožje in redkeje v uporabi (neizrazit potek dostopnih in lokalnih poti) in
- kjer zaradi izjemno velike podobnosti s sosednjimi kmetijskimi površinami algoritma segmentacije in klasifikacije podobe poti nista uspela ločiti od sosednjih kmetijskih površin.



Slika 25: Težave pri segmentaciji in klasifikaciji zaradi »neizrazitega poteka« poljske poti in velike podobnosti s sosednjimi kmetijskimi površinami (lasten prikaz).

Tekstura poti in stopnja različnosti v primerjavi s sosednjimi do ostalih sosednjih površin je pri poljskih poteh zelo raznolika. Poti potekajo po različnih površinah, od makadama (najvišja stopnja

razlike) do travnatih površin in prsti, kjer razlik med poljsko potjo in kmetijskimi površinami skorajda ni. Na sliki 25 lahko spremljamo potek ene izmed poljskih poti po različnih podlagah. Posamezne segmente poti smo uspeli uspešno identificirati, druge pa nekoliko manj, saj je pot na različnih podlagah različno podobna sosednjim kmetijskim površinam in je ponekod od le-teh ni mogoče razločiti.

Po predvidevanju bi imeli na prej omenjenih kritičnih območjih težave vsi programi. Med analizo je nujno skleniti določene kompromise. To smo poskušali preko natančnejše določitve vzorcev in večjim številom vzorcev, vendar so se potem težave pojavile na drugi strani. K poljskim potem so se tako klasificirala tudi druga njim zelo podobna kmetijska zemljišča, kjer pa teh poti sploh ni bilo. Algoritmi so sposobni identificirati poti tudi v nekoliko višji meri. V tem primeru nas zaradi boljše identifikacije poljskih poti doleti močno povečano mešanje objektnega razreda poti z ostalimi razredi kmetijskih površin.

4.4.2.2 Primerjava poljskih poti pred in po komasaciji na podlagi rezultatov klasifikacij iz leta 2006 in 2012

Drugi del primerjave se nanaša na ugotavljanje sprememb v poteku poljskih poti, ki jih je prinesel proces komasacije. Posamezne glavne poti v smeri sever – jug so se tekom komasacije ohranile. Številne druge manjše in pomožne poti, večinoma v smeri vzhod – zahod, so bile nadomeščene z novimi, boljšimi. Že na prvi pogled (slika 26) lahko med staro in novo prometno mrežo nedvoumno opazimo večje spremembe. Poti v novi mreži poljskih prometnic so med seboj pravokotne oziroma vzporedne. To nesporno nakazuje, da so bile te površine načrtovane na novo in čim bolj optimalno. Poljske poti po komasaciji so bile v večji meri pravilno identificirane kot pred komasacijo. Razloge za to lahko pripišemo več dejavnikom. Eden izmed teh je ta, da so bila med postopkom komasacije ob poteh posekana številna drevesa, ki so pred komasacijo s svojimi krošnjami onemogočala identifikacijo. Prav tako je k višji stopnji klasifikacije prispevala ureditev, utrditev in obnovitev že obstoječih poljskih poti. V prilogi H je prikazan potek poljskih poti pred in po komasaciji.



Slika 26: Izsek iz priloge H – Primerjava poteka poljskih poti pred (rdeče) in po (rumeno) izvedbi komasacije (lasten prikaz).

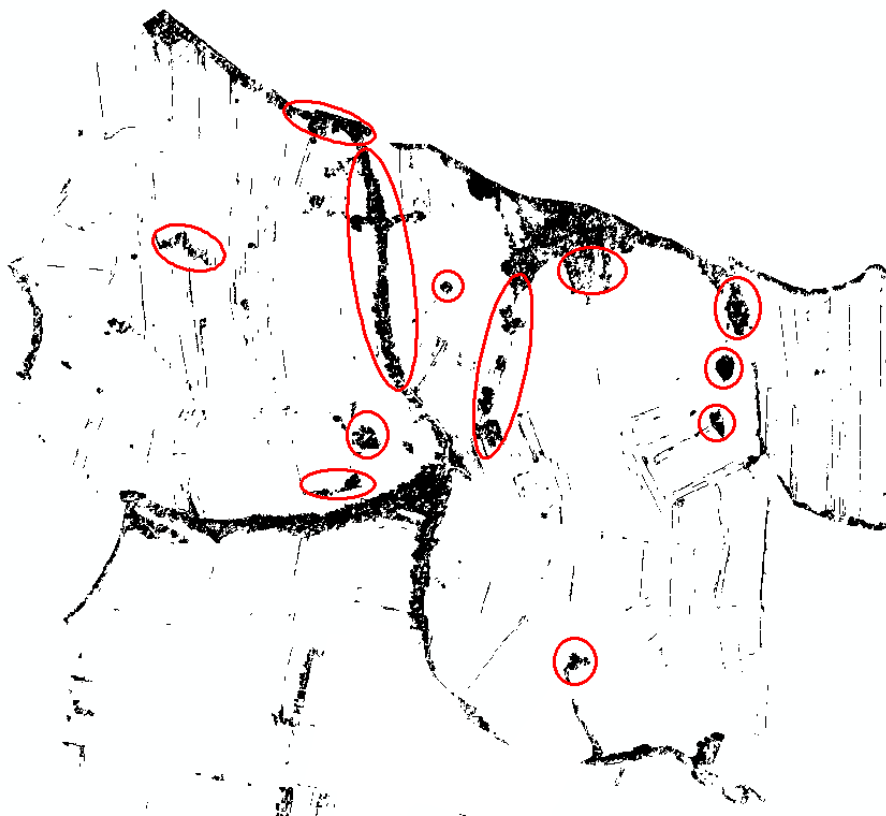
4.4.3 Objektni razred visoke vegetacije

Spremljanje sprememb na področju visoke vegetacije pred in po komasaciji (na podlagi podatkov klasifikacij 2006 in 2012) je bil eden izmed glavnih ciljev in namenov te naloge. Ugotovitvi smo želeli, ali lahko s podatki daljinskega zaznavanja pridobimo oprijemljive rezultate, oziroma če so spremembe dovolj velike, da jih bomo v prostoru sploh lahko zaznali.

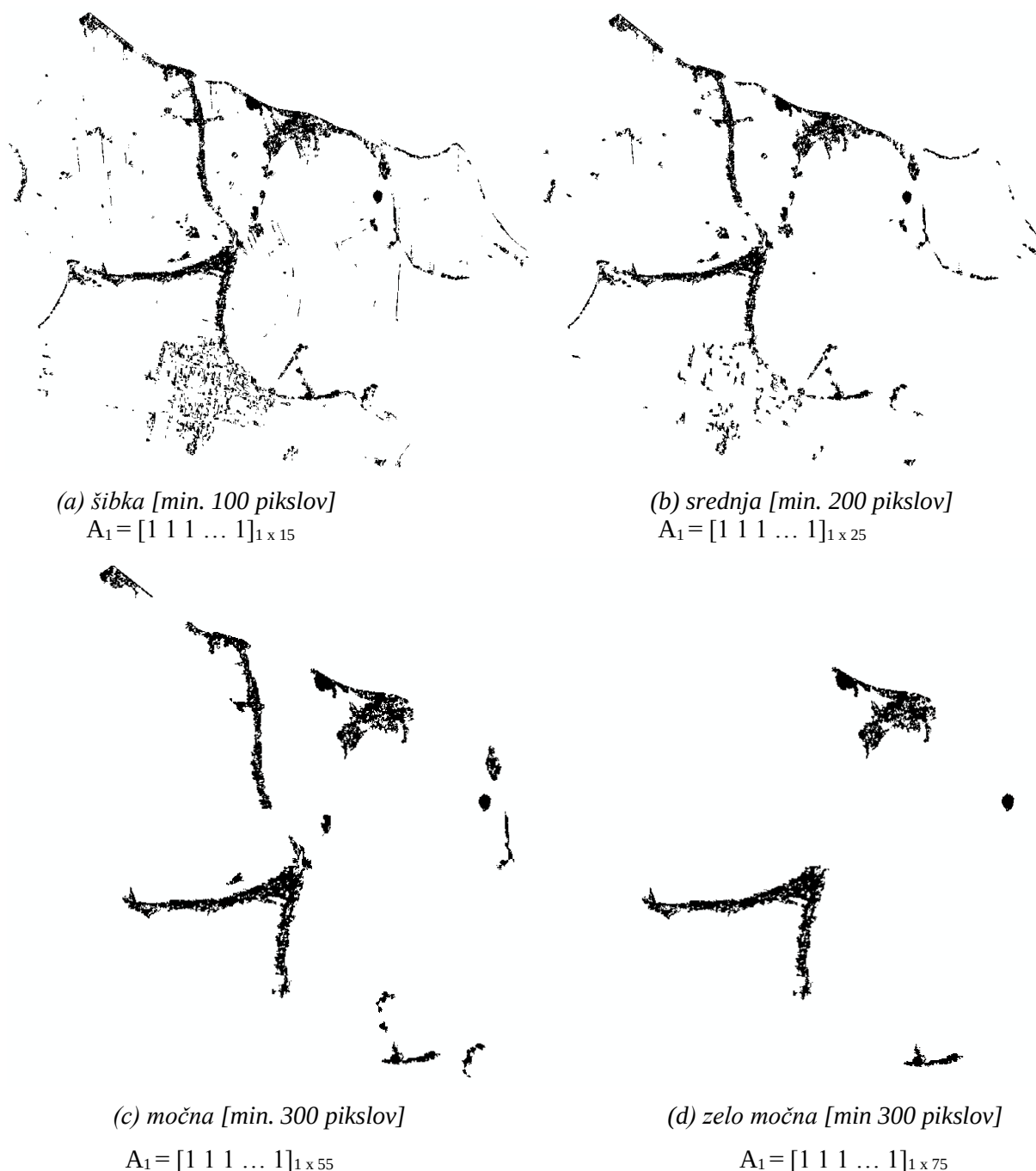
Krčenje površin visoke vegetacije v smislu intenzifikacije površin so bile vidne že na prvi pogled pri vizualni primerjavi obeh ortofotov. Pomembnejše vprašanje je bilo, ali bomo sposobni in zmožni te spremembe zaznati tudi s pomočjo metod daljinskega zaznavanja. Prve težave so se pojavile v fazi klasifikacije, saj imamo opravka z zelo raznovrstno vegetacijo. Opraviti imamo z iglavci in listavci ter drugimi najrazličnejšimi vrstami zaraščenih površin. Posebno poglavje so predstavljala osamela drevesa. Ta problem smo na zanimiv in relativno enostaven način tudi uspešno rešili. Kljub uvedbi številnih dodatnih razredov z namenom kvalitetnejše klasifikacije se v nobenem primeru nismo uspeli

popolnoma izogniti mešanju visoke vegetacije s posameznimi zelo podobnimi kmetijskimi površinami. Gozdne oziroma zaraščene površine so zelo raznolike sestave, saj lahko gre za gosteje ali redkeje zaraščene površine, s soncem bolj ali manj obsijana področja ipd. Vsa ta pestrost je še dodatno prispevala k temu, da so se v vsakem razredu, ko smo ga poskušali čim bolj izolirati, v večji ali manjši meri vseeno pojavljala mešanja s podobno pestro sestavo kmetijskih površin preostale nizke vegetacije.

Preko dodatne *morfološke* obdelave podob smo uspeli zmanjšati mešanja z ostalimi razredi ter tudi izolirati oziroma pridobiti le večja strnjena območja visoke vegetacije, ki so prikazana v prilogi I. Priloga J na ortofotu prikazuje objektna razreda območij visoke vegetacije v letu 2006 pred in po morfološki obdelavi. Uporabnost in učinkovitost morfoloških obdelav lahko najlažje ocenimo preko naslednjih podob na slikah 27 in 28.



Slika 27: Razred visoke vegetacije brez morfološke obdelave (lasten prikaz).



Slika 28: Različne morfološke obdelave (morfološko odpiranje in zapiranje) razreda visoke vegetacije iz leta 2006 (lasten prikaz).

Identifikacija osamelih dreves je najprej povzročala težave, saj individualnih dreves oziroma krošenj nikakor nismo uspeli dovolj dobro klasificirati v noben razred visoke vegetacije. Identifikacije smo se nato podrobneje lotili posredno preko razreda senc ter hitro prišli do dobrih rezultatov. Mešanja razreda senc z drugimi razredi praktično ni, kar pomeni, da je povsod ob identifikaciji senčnega območja nujno prisotna neke vrste visoka vegetacija. Iz primerjave med razredoma senc pred in po komasaciji v prilogi K lahko nedvoumno sklepamo, da je na posameznih območjih zagotovo prišlo do krčenja visoke vegetacije ter zmanjšanja njenega celotnega obsega.

Ob koncu nas je zanimala predvsem konkretna razlika med pojavnostjo visoke vegetacije pred in po opravljeni komasaciji. Preko morfološke obdelave smo določili optimalno stopnjo generalizacije (minimalna velikost: 300 pikslov; strukturni element: $A_1 = [1 \ 1 \ 1 \ \dots \ 1]_{1 \times 55}$), tako da so nam za primerjavo ostala le večja območja objektnega razreda visoke vegetacije. Dobljena podatkovna sloja smo nato primerjali med seboj. Primerjavo lahko spremljamo na prilogi L. Med obema obdobjema je vidna velika razlika v pojavnosti visoke vegetacije, kar nam potrjuje izsek iz komasacijskega območja na sliki 29. Številna zaraščena območja so bila po komasaciji kultivirana. Te površine so se tako preoblikovale v nove kmetijske površine, kar je dobro vidno tudi na ortofotu. Po podatkih tehničnega poročila so na celotnem komasacijskem območju tako očistili oziroma intenzivirali okoli 6 ha površin.



Slika 29: Visoka vegetacija v letu 2006 (črna) in 2012 (rdeča) na DOF-u iz leta 2012 (lasten prikaz).

Z rezultatom te primerjave smo uspeli poleg prve (da lahko na podlagi objektna klasifikacije DOF-a določimo rabo zemljišč), potrditi tudi drugo hipotezo, da komasacije skupaj z agromelioracijo kmetijskih zemljišč pomenijo intenzifikacijo in ozelenjevanje rabe zemljišč. Za dodatne informacije

smo pogledali še nekoliko dlje v preteklost. V franciscejskem katastru smo preverili, kakšna je bila takrat raba zemljišč na izbranem študijskem območju.

4.5 Območje Viher v franciscejskem katastru

Arhiv Republike Slovenije ima v svojih zbirkah številne pomembne zgodovinske dokumente, med katere vsekakor sodijo tudi temeljne arhivske evidence o zemljiščih v naši deželi. Glede na to, da nas je zanimala intenzifikacija zemljišč na obravnavanem območju, smo v zvezi s spreminjanjem teh zemljišč skozi čas pogledali še nekoliko dlje v preteklost. Stanje po komasaciji smo primerjali s podatki iz franciscejskega katastra. Franciscejski kataster je nastajal v prvi polovici 19. stoletja, ko je cesar Franc I. leta 1806 izdal ukaz o vpeljavi skupnega, enako delujočega in stabilnega katastra za celotno monarhijo (Verderber, 2013). Kataster je vsebinsko sestavljen iz grafičnega in spisovnega dela. Grafični del sestavljajo barvni katastrski načrti in indikacijske skice (večinoma v merilu 1:2880), medtem ko spisovni del preko zapisnikov, seznamov lastnikov, opisom katastrskih občin ipd. tekstovno dopolnjuje ter pojasnjuje načrte iz grafičnega dela.

4.5.1 Raba zemljišč na študijskem območju v franciscejskem katastru

V franciscejskem katastru so zemljiške kategorije, torej rabo zemljišč, določali grafično preko različnih barv na katastrskem načrtu. Dodatne informacije in natančnejšo opredelitev so dopolnjevali s črkami in topografski simboli. Glavne rabe zemljišč na analiziranem območju so bile njiva, pašnik, travnik in cesta. Med najpogostejše rabe zemljišč spada tudi gozd, ki ga takrat na analiziranem območju skoraj ni bilo evidentiranega.

Svetlo rjavi oziroma oker odtenki predstavljajo njivske, zeleni pa travniške površine, ki so jih takrat natančneje delili na travnike in pašnike. Travniške površine so temno, pašniki pa svetlo zelenih odtenkov. Literatura travnike definira kot svetlozelene, pašnike pa kot blede zeleno barve. Poleg njiv predstavljajo pašniki drugo najpogostejšo rabo zemljišč na študijskem območju. Praviloma je bilo v tistem obdobju več pašnih kot travniških površin, saj je bil čas izdelave franciscejskega katastra tudi čas prehoda iz pretežno pašniške v hlevsko živinorejo. Ker hlevska živinoreja še ni bila pravilo, so kmetje zaradi tega potrebovali bistveno več pašnikov kot travnikov (Kačičnik, 2014).

Rabo na posameznih zemljiščih dodatno določajo črke. Zasledimo lahko predvsem oznaki W (*die Weide*) – pašnik ter G. W. (*die Gemeinde Weide*), ki označuje skupne pašnike. Gozd je označen s sivo barvo, pri čemer so njegovo starost, dorastlost, kvaliteto ter vrsto dreves v kartah natančneje definirali s topografskimi znaki. To so smrečice ali dreveščki z listnato krošnjo v različnih velikostih in oblikah. Simboli so bili pri gozdnih površinah kombinirani še s črkami, ki so gozd dodatno opredeljevale. Kombinacija smrečice in črk M. H. (*das Mittel Holz*) predstavlja iglasti gozd srednje starosti, G. H.

(*das Gemischte Holz*) mešan gozd ipd. Gozdnih zemljišč na analiziranem območju ne zasledimo, prav tako ni nobenih z grmičevjem in drevesi gosto zaraščenih zemljišč. Na posameznih pašnikih lahko iz posameznih topografskih znakov le sklepamo na prisotnost posameznih dreves in manjših površin grmičevja.

Zasledimo lahko tudi dve beli oziroma skoraj beli zemljiški parceli, ki predstavljata neobdelana zemljišča, v tistem času imenovane pustote. Vzroki za neobdelanost so bili lahko različni. V večini je bil razlog teren, ki zaradi različnih dejavnikov ni bil primeren za kmetijsko obdelavo.

4.5.2 Vzorčna primerjava rabe zemljišč pred komasacijo s podatki rabe zemljišč iz franciscejskega katastra

Na rabo zemljišč vplivajo številni naravno geografski kakor tudi družbeno geografski dejavniki. Prav družbene spremembe, ki jih lahko spremljamo preko razvoja kmetijstva, so skupaj z ostalimi pomembnimi mejniki v naši zgodovini vplivale tudi na spremembe rabe zemljišč.

Preveriti želimo, ali sta postopka agromelioracije in komasacije res pomenila pridobivanje povsem »novih« kmetijskih zemljišč. Postopka sta po drugi strani lahko pomenila le »oživitev« posameznih zemljišč, ki so nekdaj že bila kmetijska in so se tekom časa zaradi različnih razlogov, kamor vsekakor sodi tudi opuščanje kmetovanja, zarastla.

Spreminjanje rabe zemljišč lahko analiziramo neposredno preko primerjave rabe zemljišč med izbranimi obdobjema. S takšno primerjavo lahko spremljamo spremembe le za vsako kategorijo posebej. Veliko boljše kot spremljanje vsake kategorije posebej je identificiranje in opredelitev prevladujočega procesa sprememb rabe zemljišč v tistem obdobju. Geografi (Kladnik in Petek, 2007) pri ugotavljanju sprememb prevzemajo uveljavljeno Medvedovo metodologijo (Medved, 1970), ki vsebuje naslednje glavne tipe sprememb:

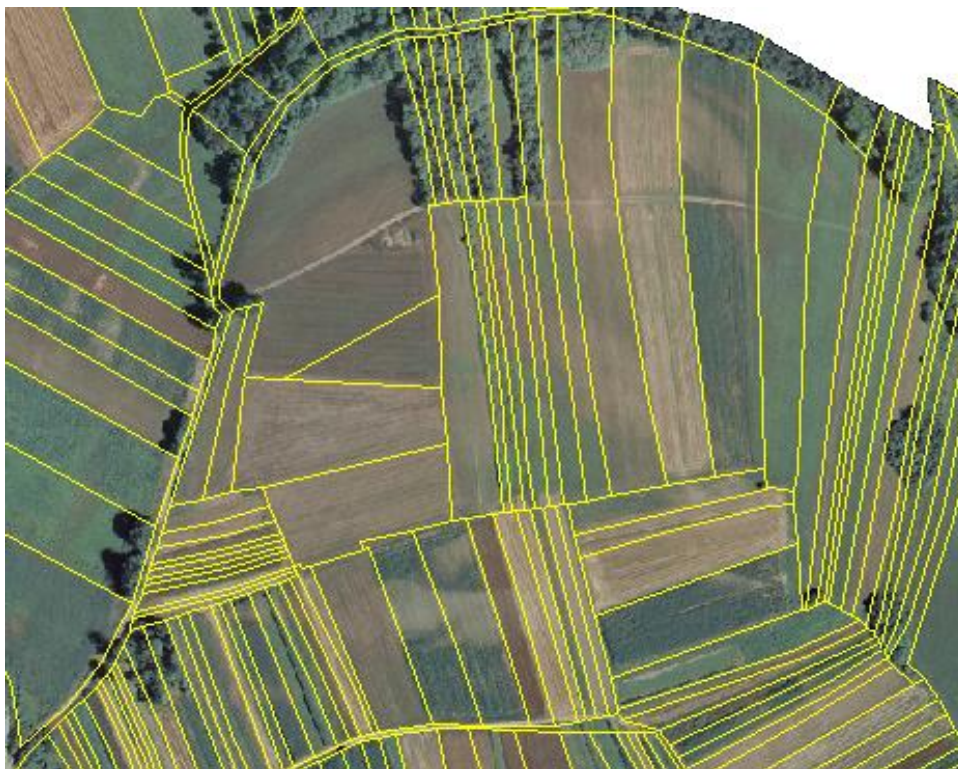
- **intenzifikacija:** raba zemljišč se spremeni iz manj v bolj intenzivno, na primer iz travinja ali gozda v njive, sadovnjake ipd.;
- **ozelenjevanje:** raba zemljišč se spremeni v travinje, na primer iz njiv v travnike ali pašnike, lahko pa tudi iz gozda v pašnike (v tem primeru gre za intenzifikacijo rabe, vendar jo opredeljujemo kot ozelenjevanje);
- **ogozdovanje:** raba zemljišč se spremeni v gozd;
- **urbanizacija:** raba zemljišč se spremeni v pozidano oziroma urbanizirano zemljišče.

V primerjavi smo se osredotočili predvsem na večje površine, ki so bile na podobi v letu 2006 zaraščene z visoko vegetacijo (grmičevjem ali gozdom). Pri identifikaciji teh območij smo si pomagali

s parcelno strukturo, ki se je skozi čas zelo malo spreminjala. Parcelna struktura v franciscejskem katastru je zelo podobna strukturi pred komasacijo kmetijskih zemljišč. Glede na skoraj 200-letno razliko med obema katastroma je pričakovati posamezne spremembe v dodatnem drobljenju zemljišč v smislu parcelacij. Na več manjših parcel so se glede na stanje v franciscejskem katastru razdelile posamezne zelo velike parcele kmetijskih zemljišč, ki pa niso bile njive, ampak pašniki oziroma travniki. Zanimiva je ugotovitev, da je bilo glede na vsa kmetijska zemljišča najmanj sprememb na njivskih parcelah, saj je njihova struktura tudi po skoraj 200 letih ostala skoraj identična in nespremenjena, kar je lepo vidno na enem izmed izsekov iz študijskega območja (sliki 30 in 31).



Slika 30: Izsek dela komasacijskega območja iz franciscejskega katastra (Arhiv RS, 2014).



Slika 31: Izsek dela komasacijskega območja iz katastra pred komasacijo in DOF iz leta 2006 (lasten prikaz).

Večina glavnih poljskih poti je, glede na tiste evidentirane že v franciscejskem katastru, ostala skoraj nespremenjena. Le del ene izmed poti se ni uporabljal več, saj je bila pot v prvem delu vzporedna pomembnejši poti in se je zato v tem odseku njena uporaba opustila. Njen potek v parcelni strukturi je še vedno jasno razviden. Glede na podatke iz preteklosti se je do komasacije na študijskem območju oblikovala le ena nova večja poljska pot. Razloge za to lahko pripišemo predvsem potrebi po dostopu do novih parcel, ki so nastale z delitvijo takrat ene izmed večjih parcel na številne manjše.

Pri ugotavljanju rabe zemljišč glede na rabo zemljišč v franciscejskem katastru smo prišli do naslednjih ugotovitev. Izpostavimo lahko dva prevladujoča procesa, in sicer trenutno intenzifikacijo in ozelenjevanje površin ter pojav ogozdovanja v zadnjih nekaj desetletjih. Napredek kmetijstva, predvsem pojav hlevske živinoreje, ki se je v takratnem času šele pričela razvijati, je predstavljal enega izmed glavnih momentov intenzifikacije rabe zemljišč. Pašnikov dandanes zaradi hlevske živinoreje in intenzivnega poljedelstva skorajda ni več. Njihovo število se je tako skozi čas postopoma zmanjševalo in se spreminjalo predvsem v travnike ali njive.

V drugem delu smo se osredotočili na iskanje rabe zemljišč v franciscejskem katastru za tista območja, ki so bila pred komasacijo zaraščena. Ugotovili smo, da so imele do komasacije številne zaraščene površine v preteklosti drugačno in intenzivnejšo rabo. Zavedamo se, da podatki izpred 200 let niso

tako natančni in ne prikazujejo tako realnega stanja v naravi, kot nam ga ponujajo današnji ortofoti. Zaradi manjše popolnosti podatkov, predvsem za rabi pašnikov in travnikov, imamo pri naših ugotovitvah nekoliko višjo stopnjo negotovosti kot pri njivskih površinah. Z veliko gotovostjo lahko trdimo, da znotraj teh površin ni bilo zaraščenih in neobdelanih območij ali dreves. Obstaja možnost obstoja posameznih dreves ob parcelnih mejah, katera so v preteklosti služila predvsem kot naravni mejniki med posameznimi parcelnimi lastniki. Prav tako smo v primerjavi stanja pred komasacijo in franciscejskim katastrom identificirali posamezna večja območja, katera so se iz intenzivne rabe v franciscejskem katastru skozi čas počasi preoblikovala v ekstenzivna z drevjem ali grmičevjem porasla zemljišča. Številna od teh zemljišč so tako preko postopka komasacije ponovno oživila ter bila intenzivirana v nova kmetijska zemljišča.



Slika 32: Njivska raba območja v franciscejskem katastru (vir: Arhiv RS).



Slika 33: Isto območje, ki je tudi po komasaciji ostalo v ekstenzivni rabi (lasten prikaz).

Zaznali smo tudi območja, ki so po izvedeni komasaciji še vedno ostala ekstenzivna, čeprav so bila v preteklosti sodeč po podatkih franciscejskega katastra v intenzivnejši rabi. Na slikah 32 in 33 je predstavljeno eno izmed teh večjih območij. Po podatkih franciscejskega katastra je bila tukaj opredeljena raba zemljišč njive. Na ortofotu po izvedeni komasaciji lahko vidimo, da so te parcele ostale zaraščene in se niso »vrnile« v svojo predhodno intenzivnejšo njivsko rabo.

5 ZAKLJUČEK

Z nalogo smo poskušali odgovoriti na več odprtih vprašanj iz obravnavane tematike. Gre za področja daljinskega zaznavanja ter uporabo teh podatkov za namen spremljanja sprememb rabe zemljišč (pokritosti) na komasacijskih območjih. Glavne ugotovitve z zaključki bomo tako poskušali strniti v naslednjih nekaj odstavkih.

Eno izmed prvih vprašanj, s katerim smo se v nalogi soočili, je bila odločitev o izbiri prosto dostopnega programa za analizo podatkov daljinskega zaznavanja (ortofota) za študijsko območje. Z nekaterimi prosto dostopnimi programi (InterIMAGE) smo imeli težave že na samih začetnih stopnjah priprave podatkov za analizo. Z delom smo zaradi tega nadaljevali v programu SPRING. Omenjena odločitev se je izkazala za dobro, saj smo tekom različnih modifikacij v pripravi podatkov prišli do uporabnih podatkov za nadaljnjo kronološko primerjavo. Analize smo izvajali na podatkih Cikličnega aerosnemanja Slovenije iz obdobja pred komasacijo (leti 2003 in 2006) in po komasaciji (leto 2012). Kakovost podatkov se je medsebojno zelo razlikovala. Najslabše podatke in posledično najslabše rezultate iz analize smo dobili za leto 2003, zato smo ga v nadaljevanju morali izključiti iz primerjave. Vzroke za to lahko pripišemo več dejavnikom, med katerimi sta glavna slabša prostorska ločljivost in odsotnost bližnjega IR spektralnega kanala. Takratna snemanja se v tem spektralnem kanalu še niso izvajala. Podatki iz let 2006 in 2012 so bili veliko kvalitetnejši in med seboj primerljive kakovosti.

Med postopkom objektne klasifikacije, ki je v splošnem sestavljena iz treh glavnih korakov (segmentacija, klasifikacija in poklasifikacija), smo se osredotočili na čim boljše rezultate v razredih visoke vegetacije in poljskih poti. Visoka vegetacija je združevala objektne razrede dreves in zaraščenih površin. Razred poljskih poti so tvorile vse poljske poti na študijskem območju. Pri segmentaciji in klasifikaciji, ki sta med seboj zelo soodvisni, smo imeli največje težave z mešanjem omenjenih objektnih razredov z objektnimi podrazredi intenzivnih kmetijskih zemljišč. Visoka vegetacija se je mešala predvsem z objektnimi podrazredi kmetijskih površin (npr. temen gozd – temnejše poljščine, svetel gozd – svetlejše poljščine). Pri klasifikaciji poljskih poti je bilo težav še nekoliko več. S širokimi potmi in potmi makadamskega ustroja ni bilo posebnih težav, saj so bile le-te zelo dobro prepoznavne. Posameznih segmentov nismo uspeli zaznati, saj jih je prekrivala visoka vegetacija. Težave so se pojavljale predvsem pri ožjih in redkeje uporabljenih poljskih poteh (dostopna in lokalna pot), saj so bile razlike med sestavo poti in sestavo sosednjih kmetijskih površin zelo majhne oziroma jih sploh ni bilo, če je pot potekala tik ob robu travnika. Tako travnik kot pot sta bila v večini porasla z istovrstno vegetacijo. Identifikacija na osnovi ozkih ter neizrazitih kolesnic ni bila možna. Z vizualno interpretacijo tudi sami na posameznih delih ne bi bili sposobni ugotoviti poteka poti, če ne bi vedeli, da tam poteka pot, kaj šele, da bi to prepoznal program. V splošnem lahko povzamemo, da se je bilo ob koncu potrebno odločiti za nekakšen kompromis med željo po

klasifikaciji poljskih poti v čim večji meri in ohranitvijo minimalnega mešanja poljskih poti z drugimi razredi. Klasifikacija poti po komasaciji je bila veliko uspešnejša kot tista pred komasacijo, saj so bile številne poti sanirane, razširjene in z novim makadamskim ustrojem.

Poudariti velja dokazano pozitiven doprinos senc, katerih si na podatkih daljinskega zaznavanja praviloma želimo v čim manjšem obsegu. Objektni razred senc se je izkazal kot odličen pri klasifikaciji osamelih dreves, katerih drugače kakor preko senc nikakor ne bi uspeli klasificirati. Pri tem objektnem razredu prav tako ni bilo nikakršnega mešanja z ostalimi objektnimi razredi, kar predstavlja že drugo veliko pozitivno lastnost senc. Nekoliko »slabša« je le prostorska natančnost, ki bi jo lahko z linearnim premikom vsekakor enostavno izboljšali. Sence kakor tudi krošnje dreves v naravi niso nikoli natančno definirane in ploskovno opredeljene, saj so spremenljivih oblik. Sposobnost zaznave osamelih dreves preko senc vsekakor odtehta nekoliko zamaknjen absolutni položaj in popačeno obliko.

Mešanja med objektnimi razredi v smislu izločitve majhnih napačno klasificiranih območij visoke vegetacije smo odpravili z algoritmi morfološke obdelave preko postopkov odpiranja in zapiranja podob. Programu smo določili strukturni element in njegovo velikost ter ga nato piksel za pikselom poslali čez podobo. Hkrati smo določili tudi minimalno velikost objektov ter tako bistveno izboljšali kakovost podatkov. V nalogi so prikazane različne stopnje morfoloških obdelav.

Po opravljenih klasifikacijah podob smo opravili kronološko primerjavo študijskega območja. V primerjavi stanja pred in po komasaciji smo ugotovili spremembe v poteku poljskih prometnic. Nekatere poti so bile ohranjene, druge pa zaradi drugačne parcelne strukture zgrajene na novo. Vse opuščene poti so bili razgrajene ter preoblikovane v kmetijska zemljišča. Največje spremembe so bile identificirane v objektnem razredu visoke vegetacije. Priloga L prikazuje zaraščena območja z lepo vidnimi razlikami v poraščenosti v obdobju pred in po komasaciji. Območja visoke vegetacije so se po opravljeni komasaciji močno skrčila iz več razlogov. H krčenju so svoj delež prispevali intenzifikacija površin (zaraščene površine in neobdelana zemljišča spremenjena v kmetijska zemljišča), sečnja dreves in krčenje poraščenih območij ob poljskih poteh (delno zaradi novih poljskih poti, delno zaradi čiščenja zarasti z namenom kultiviranja kmetijskih površin) ter zmanjšanje števila osamelih dreves (posamezna drevesa, ki ne predstavljajo več naravnih mej med parcelami, so bila posekana, zaradi enostavnejše kmetijske obdelave ipd.). Ugotovljena je bila ponovna kmetijska raba zaraščenih površin, predvsem za večja predhodno zaraščena območja, ki so včasih že bila v intenzivni kmetijski rabi, vendar so se skozi čas zaradi različnih razlogov zarastla.

To domnevo smo potrdili s primerjavo s franciscejskim katastrom. Poiskali smo namreč podatke, kakšna je bila raba na študijskem območju v času izdelave franciscejskega katastra. Številna večja območja, katera so bila pred komasacijo zaraščena oziroma neobdelana, so bila v franciscejskem katastru opredeljena z intenzivnejšo rabo (njive). Prav postopek komasacije, kateremu so bila pridružena tudi posamezna agromelioracijska dela, je ta območja ponovno oživil v kmetijska zemljišča. Po podatkih iz tehničnega poročila o komasaciji je bilo tako na celotnem komasacijskem območju, katero je obsegalo okoli 216 ha, očiščenih približno 6 ha zaraščenih površin.

Kmetijska krajina ima poleg primarne kmetijske funkcije še druge funkcije, med katerimi je potrebno vsekakor izpostaviti ekološko in estetsko funkcijo. Podeželski prostor hkrati predstavlja bivalni in delovni prostor (kmetijstvo), kakor tudi prostor za preživljanje prostega časa in rekreacijo. Pri velikih posegih v prostor je potrebno poleg želje po čim večji izpolnitvi primarne funkcije (izboljšanje pogojev za kmetijstvo), poskrbeti tudi za ohranitev ostalih funkcij, ki jih mora podeželski prostor kljub temu še vedno izpolnjevati. Žive meje, katere so bile predvsem ob poljskih poteh posekane, ta prostor dodatno izpostavljajo vetrni eroziji in krčijo življenjske prostore številnim koristnim žuželkam. Te žuželke dokazano zmanjšujejo pojavnost različnih škodljivih organizmov, tako da njihovo število zmanjšajo pod prag gospodarske škodljivosti. Podobno se tudi številne poljske poti uporabljajo za rekreacijo, saj so skozi takšna kmetijska področja po poljskih poteh pogosto speljani deli kolesarskih poti. Kmetijska krajina mora biti ljudem (lokalno prebivalstvo, sprehajalce, kolesarje in turiste) vsekakor vizualno privlačna. S tem pa hkrati v veliki meri izpolnjuje podeželsko estetsko funkcijo.

Za sonaravno urejanje podeželskega prostora, trajnostni razvoj in vedno večji razmah različnih vrst ekološke pridelave hrane je ohranjanje omenjenih ekstenzivnih površin izjemnega pomena. Tekom načrtovanja komasacije bi se lahko opredelila posamezna območja oziroma površine, ki bi jih bilo smiselno v ta namen ohraniti. Za okolje in obstoj pomembnih ekosistemov bi bil lahko zagotovljen tudi določen delež iz mase skupnih površin. Številna osamela drevesa, katera so bila med komasacijo posekana, bi lahko bila nadomeščena z novimi. Z zasaditvami ob parcelnih mejah bi, podobno kot v preteklosti, to v naravi lahko predstavljalo naravne mejnike med zemljiškimi lastniki.

V nalogi smo tako prikazali, da je možno s prosto dostopnimi programskimi rešitvami uspešno izvesti posamezne prostorske analize na temelju državnega ortofota. Pridobljeni rezultati so lahko ali v pomoč pri vizualni interpretaciji sprememb v prostoru ali na konkretnem primeru prikazujejo pridobivanje novih kmetijskih površin na eni ter krčenje območij visoke vegetacije oziroma izginjanje za naravo pomembnih ekosistemov na drugi strani.

VIRI

Arhiv Republike Slovenije. 2014. SI AS 176 Franciscejski kataster za Kranjsko (1823–1869), novomeška kresija, k. o. Drnovo (N33A07).

Camara G., Souza R. C. M., Freitas U. M., Garrido J., Mitsuo F. 2002. SPRING: Integrating remote sensing and gis by object-oriented data modelling. <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/spring.pdf> (Pridobljeno 4. 1. 2013.)

Grigillo, D. 2009. Samodejno odkrivanje stavb na visokoločljivih slikovnih virih za potrebe vzdrževanja topografskih podatkov. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba D. Grigillo): 51–54

Gonzales, R. C., Woods, R. E., Eddins, S. L. 2004. Digital image processing using Matlab. New Jersey, Pearson Prentice-Hall: loč. pag.

Kačičnik, A. 2014. Franciscejski kataster – pomen barv in črk. Osebna komunikacija. (3. 3. 2014.)

Kladnik, D., Petek, F. 2007 Kmetijstvo in spreminjanje rabe tal na ljubljanskem polju. Geografski vestnik 79, 2: 25–40.

Knauer, N. 1991. Žive meje in obrobni pasovi vodotokov kot sestavni del agrarnih ekosistemov in njihov kmetijsko-ekološki pomen v kulturni krajini. Sodobno kmetijstvo 10: 427–433.

Kosmatin Fras, M. 2011. Predavanja pri predmetu Daljinsko zaznavanje – Interno učno gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: loč. pag.

Lisec, A. 2011. Vaje pri predmetu Strukture in analize prostorskih podatkov – Interno učno gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: loč. pag.

Lisec, A., Pintar, M., Bovha, D., Ferlan, M., Šumrada, R., Drobne, S., Zavodnik Lamovšek, A., Foški, M., Prosen, A., Prus, T., Grčman, H., Glavan, M., Novak, P., Čeh, M., Trobec, B. 2011. Komasačije in celovito urejanje podeželskega prostora. Končno poročilo: CRP "Konkurenčnost Slovenije 2006–2013" v letu 2010: raziskovalni projekt št. V4–1057. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo in Biotehniška fakulteta; Celje, Geodetski zavod Celje d. o. o.: 150 str.

Mader, H.-J., Müller, K. 1984. Der Zusammenhang zwischen Heckenlänge und Artenvielfalt. Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung 25: 282–293.

Medved, J. 1970. Spremembe v izrabi zemljišča in preslojevanja kmečkega prebivalstva v Sloveniji v zadnjih dveh desetletjih. Geografski vestnik 42: 17–18.

Ministrstvo za kmetijstvo in okolje. 2014. http://rkg.gov.si/GERK/Pomoc/sc.jsp?action=entry&entry_id=4270 (Pridobljeno: 23. 2. 2014.)

Občina Krško. 2014. Komasačije kmetijskih zemljišč na Krškem polju. Komasačijska gradiva 2012–2014. Krško, Občina Krško: loč. pag.

Prosen, A. 2011. Predavanja pri predmetu Ruralno planiranje – Interno učno gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: loč. pag.

Rovan, G. 2013. Na Vihrah končana prva komasačija in agromelioracija, MMC. RTV SLO. <http://www.rtvsllo.si/lokalne-novice/na-vihrah-koncani-prva-komasacija-in-agromelioracija/310395> (Pridobljeno: 23. 2. 2014.)

SPRING. 2013. Priročnik SPRING. <http://www.dpi.inpe.br/spring/english/index.html> (Pridobljeno: 24. 10. 2013.)

Tischler, W. 1980. Biologie der Kulturlandschaft. Stuttgart, New York. Gustav Fischer Verlag: loč. pag.

Umbrecht, B. 2012. Tehnično poročilo o komasačiji Vihre. Ljubljana, Geodetska družba: 1–9

Veljanovski, T., Kanjir, U., Oštir, K. 2011. Objektno usmerjena analiza podatkov daljinskega zaznavanja. Geodetski vestnik 55, 4: 641–664.

Verderber, D. 2013. Študija možnosti uporabe arhivskih gradiv Franciscejskega katastra za analizo sprememb v prostoru. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Prostorska informatika (samozaložba D. Verderber): 7 str.

Zhang, Y., Maxwell, T. 2006. A fuzzy logic approach to supervised segmentation for objectoriented classification. Proceedings of the ASPRS Annual Conference, 1.–5. maj 2006, Reno, Nevada, Združene države Amerike. http://www.ecognition.com/sites/default/files/186_asprs2006_0183.pdf (Pridobljeno: 3. 2. 2014.)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: Prikaz komasacijskega območja Vihre

PRILOGA B: Primerjava območij visoke vegetacije pred in po komasaciji na podobi iz leta 2012
(rezultati pred morfološko obdelavo)

PRILOGA C: Različne stopnje morfološke obdelave objektnega razreda visoke vegetacije na podobi
iz leta 2006

PRILOGA D: Morfološka obdelava objektnega razreda visoke vegetacije iz leta 2006

PRILOGA E: Morfološka obdelava objektnega razreda visoke vegetacije iz leta 2012

PRILOGA F: Območja visoke vegetacije po morfološki obdelavi na podobi iz leta 2006

PRILOGA G: Primerjava poljskih poti med podatki dejanske rabe zemljišč in klasificiranim razredom
na podobi iz leta 2012 (rezultat klasifikacije)

PRILOGA H: Primerjava poteka poljskih poti pred in po izvedbi komasacije

PRILOGA I: Označena posamezna večja območja visoke vegetacije iz leta 2006 (pred morfološko
obdelavo)

PRILOGA J: Primerjava območij visoke vegetacije pred in po morfološki obdelavi na podobi 2006

PRILOGA K: Posredno identificiranje krčenja visoke vegetacije s pomočjo senc na podobi iz
leta 2012

PRILOGA L: Večja območja visoke vegetacije pred in po komasaciji študijskega območja

PRILOGA A: PRIKAZ KOMASACIJSKEGA OBMOČJA VIHRE



Legenda



Meja komasacijskega območja Vihre



Merilo:

0 250 500 1000 m

Izdelal:
Tomaž VOŠNER
UL FGG
diplomsko delo
Ljubljana, 2014

Vir podatkov:
Geodetska uprava RS

**PRILOGA B: PRIMERJAVA OBMOČIJ VISOKE VEGETACIJE PRED IN
PO KOMASACIJI NA PODOBI IZ LETA 2012
(rezultati klasifikacije pred morfološko obdelavo)**



Legenda

-  Visoka vegetacija pred komasacijo (leto 2006)
-  Ohranjena visoka vegetacija (leto 2012)



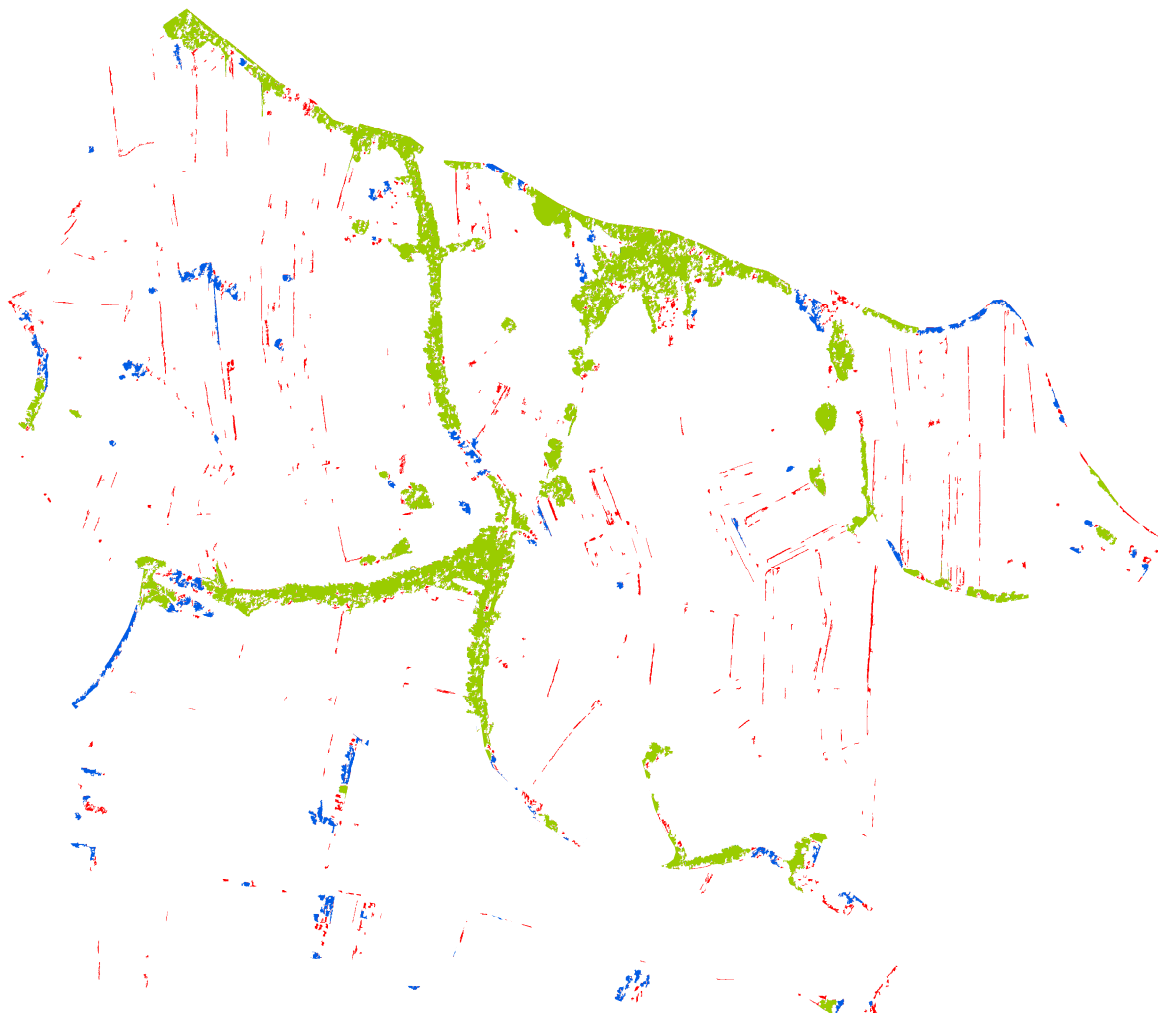
Merilo:



Izdelał:
Tomaž VOŠNER
UL FGG
diplomsko delo
Ljubljana, 2014

Vir podatkov:
Geodetska uprava RS

PRILOGA C: RAZLIČNE STOPNJE MORFOLOŠKE OBDELAVE OBJEKTNEGA RAZREDA VISOKE VEGETACIJE NA PODOBI IZ LETA 2006



Legenda

-  Razred visoke vegetacije brez morfološke obdelave
-  Razred visoke vegetacije s šibko morfološko obdelavo
-  Razred visoke vegetacije z močnejšo morfološko obdelavo



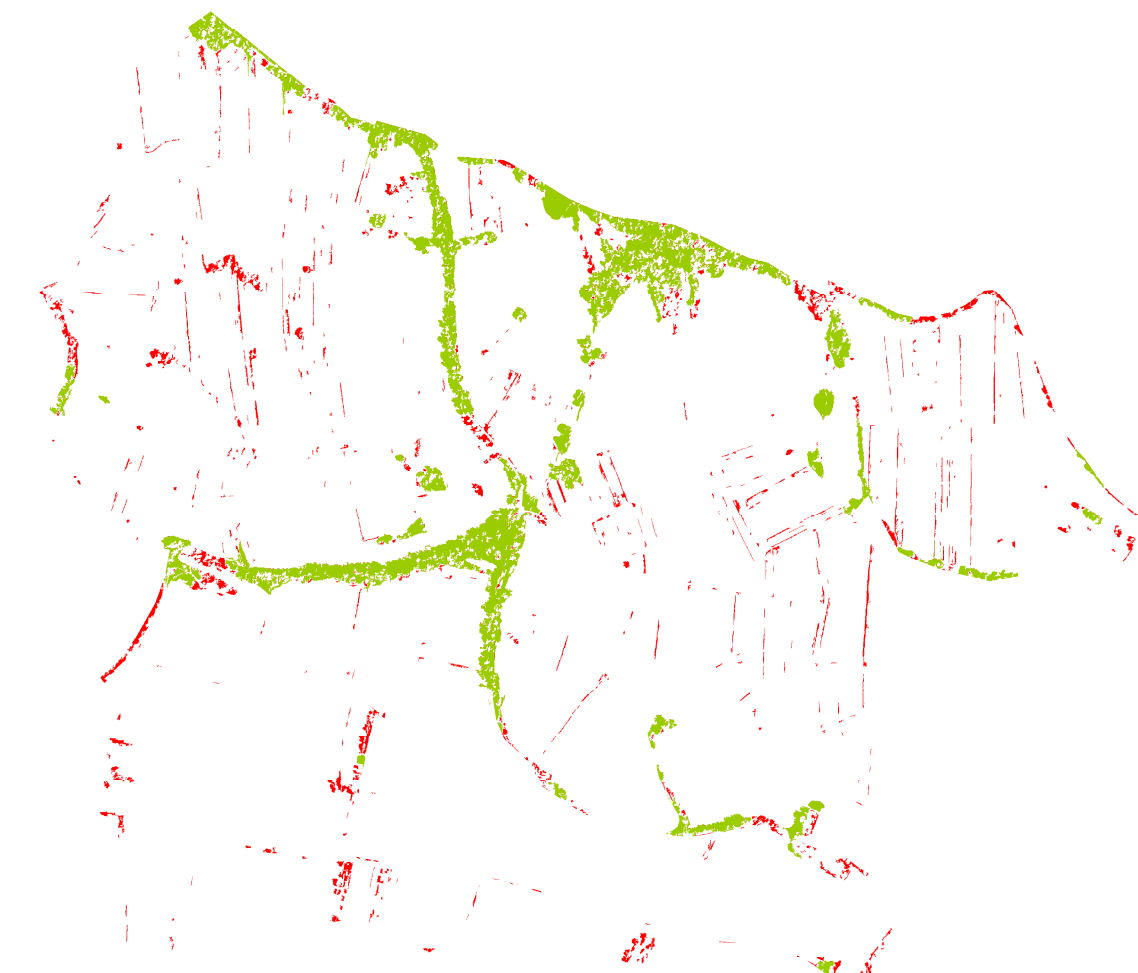
Merilo:

0 250 500 1000
m

Izdelal:
Tomaž VOŠNER
UL FGG
diplomsko delo
Ljubljana, 2014

Vir podatkov:
Geodetska uprava RS

PRILOGA D: MORFOLOŠKA OBDELAVA OBJEKTNEGA RAZREDA VISOKE VEGETACIJE IZ LETA 2006



Legenda

-  Razred visoke vegetacije pred morfološko obdelavo
-  Razred visoke vegetacije po morfološki obdelavi



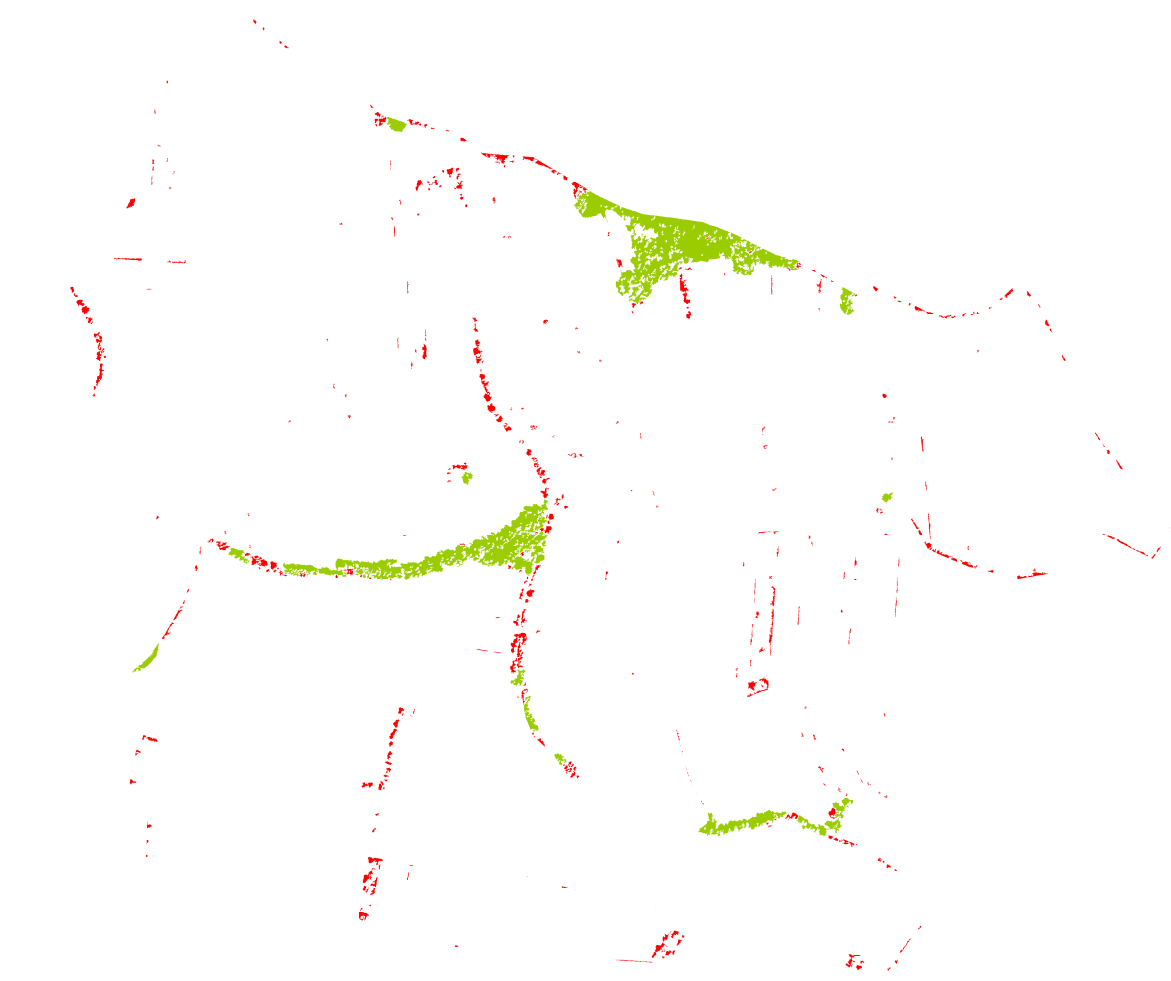
Merilo:



Izdelal:
Tomaž VOŠNER
UL FGG
diplomsko delo
Ljubljana, 2014

Vir podatkov:
Geodetska uprava RS

PRILOGA E: MORFOLOŠKA OBDELAVA OBJEKTNEGA RAZREDA VISOKE VEGETACIJE IZ LETA 2012



Legenda

-  Razred visoke vegetacije pred morfološko obdelavo
-  Razred visoke vegetacije po morfološki obdelavi



Merilo:



Izdelal:
Tomaž VOŠNER
UL FGG
diplomsko delo
Ljubljana, 2014

Vir podatkov:
Geodetska uprava RS

PRILOGA F: OBMOČJA VISOKE VEGETACIJE PO MORFOLOŠKI OBDELAVI NA PODOBI IZ LETA 2006



Legenda

 Razred visoke vegetacije po morfološki obdelavi



Merilo:

0 250 500 1000 m

Izdelal:
Tomaž VOŠNER
UL FGG
diplomsko delo
Ljubljana, 2014

Vir podatkov:
Geodetska uprava RS

**PRILOGA G: PRIMERJAVA POLJSKIH POTI MED PODATKI DEJANSKE RABE
ZEMLJIŠČ IN KLASIFICIRANIM RAZREDOM NA PODOBI IZ LETA 2012
(rezultat klasifikacije)**



Legenda

-  Sloj poljskih poti (dejanska raba zemljišč)
-  Pravilno identificirane poljske poti
-  Napake pri klasifikaciji poljskih poti



Merilo:
0 250 500 1000
m

Izdelal:
Tomaž VOŠNER
UL FGG
diplomsko delo
Ljubljana, 2014

Vir podatkov:
Geodetska uprava RS

PRILOGA H: PRIMERJAVA POTEKA POLJSKIH POTI PRED IN PO IZVEDBI KOMASACIJE



Legenda

-  Potek poljskih poti pred komasacijo
-  Potek poljskih poti po izvedbi komasacije



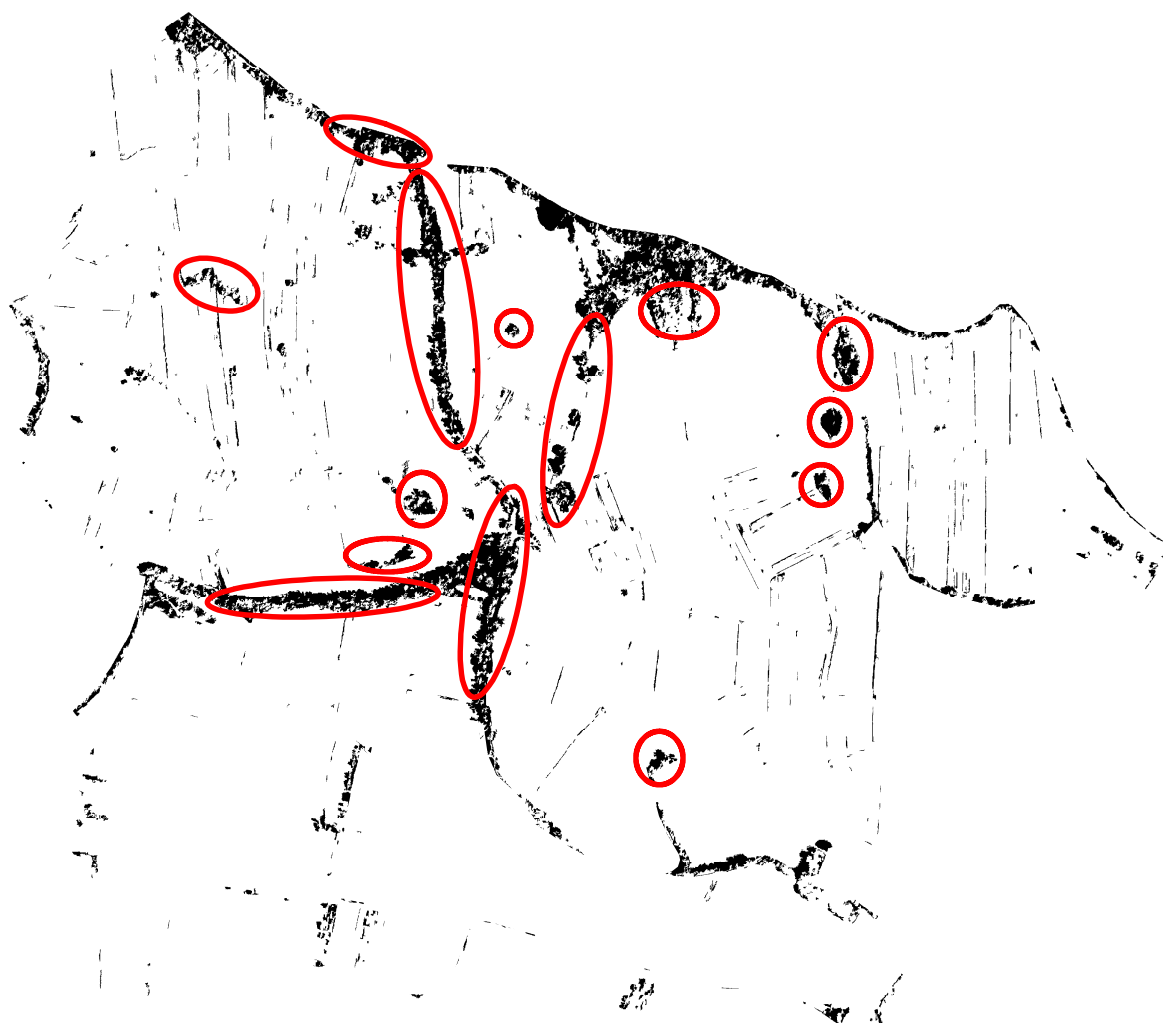
Merilo:

0 250 500 1000 m

Izdelal:
Tomaž VOŠNER
UL FGG
diplomsko delo
Ljubljana, 2014

Vir podatkov:
Geodetska uprava RS

PRILOGA I: OZNAČENA POSAMEZNA VEČJA OBMOČJA VISOKE VEGETACIJE IZ LETA 2006 (pred morfološko obdelavo)



Legenda



Visoka vegetacija pred komasacijo (leto 2006)



Merilo:

0 250 500 1000 m

Izdelal:
Tomaž VOŠNER
UL FGG
diplomsko delo
Ljubljana, 2014

Vir podatkov:
Geodetska uprava RS

PRILOGA J: PRIMERJAVA OBMOČIJ VISOKE VEGETACIJE PRED IN PO MORFOLOŠKI OBDELAVI NA PODOBI IZ LETA 2006



Legenda

-  Razred visoke vegetacije brez morfološke obdelave
-  Razred visoke vegetacije po morfološki obdelavi



Merilo:

0 250 500 1000 m

Izdelał:
Tomaž VOŠNER
UL FGG
diplomsko delo
Ljubljana, 2014

Vir podatkov:
Geodetska uprava RS

PRILOGA K: POSREDNO IDENTIFICIRANJE KRČENJA VISOKE VEGETACIJE S POMOČJO SENC NA PODOBI IZ LETA 2012



Legenda

-  Razred senc na podobi iz leta 2012
-  Razred senc na podobi iz leta 2006



Merilo:



Izdelał:
Tomaž VOŠNER
UL FGG
diplomsko delo
Ljubljana, 2014

Vir podatkov:
Geodetska uprava RS

PRILOGA L: VEČJA OBMOČJA VIŠOKE VEGETACIJE PRED IN PO KOMASACIJI ŠTUDIJSKEGA OBMOČJA



Legenda

-  Razred visoke vegetacije pred komasacijo (leto 2006)
-  Razred visoke vegetacije po komasaciji (leto 2012)



Merilo:

0 250 500 1000 m

Izdelał:
Tomaž VOŠNER
UL FGG
diplomsko delo
Ljubljana, 2014

Vir podatkov:
Geodetska uprava RS