

**Vrednotenje pokrajinskoekoloških
tipov Slovenije v luči pokrovnosti,
izdelane s klasifikacijo satelitskih
posnetkov Landsat**

Žiga Kokalj in Krištof Oštir

PROSTOR, KRAJ, ČAS



PROSTOR, KRAJ, ČAS 1

**VREDNOTENJE POKRAJINSKOEKOLOŠKIH TIPOV SLOVENIJE V LUČI
POKROVNOSTI, IZDELANE S KLASIFIKACIJO SATELITSKIH POSNETKOV
LANDSAT**

Žiga Kokalj in Krištof Oštir

Uredila: Nataša Gregorič Bon in Žiga Kokalj

Kartografija, fotografija Žiga Kokalj
in računalniški prelom:

Izdajatelj: Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU
Za izdajatelja: Ivan Šprajc
Založnik: Založba ZRC
Za založnika: Oto Luthar

CIP – Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

911.5(497.4)(0.034.2)
528.88:911.5(497.4)(0.034.2)

KOKALJ, Žiga

Vrednotenje pokrajinskoekoloških tipov Slovenije v luči pokrovnosti, izdelane s klasifikacijo satelitskih posnetkov Landsat [Elektronski vir] / Žiga Kokalj in Krištof Oštir ; kartograf in fotograf Žiga Kokalj. - El. knjiga. - Ljubljana : Založba ZRC, 2013. - (Prostor, kraj, čas, ISSN 2335-4208 ; 1)

ISBN 978-961-254-482-9 (pdf)

1. OŠTIR, Krištof
268704768

Način dostopa (URL): <http://zalozba.zrc-sazu.si/p/P02>

© 2013, avtorja. To delo je na voljo pod pogoji slovenske licence Creative Commons 2.5, ki ob priznavanju avtorstva dopušča nekomercialno uporabo, ne dovoljuje pa nobene predelave.

PROSTOR, KRAJ, ČAS 1

**VREDNOTENJE POKRAJINSKOEKOLOŠKIH TIPOV SLOVENIJE V LUČI
POKROVNOSTI, IZDELANE S KLASIFIKACIJO SATELITSKIH POSNETKOV
LANDSAT**

Žiga Kokalj in Krištof Oštir

AVTORJA

Žiga Kokalj

Naziv: dr., univerzitetni diplomirani geograf

Naslov: Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU, Center odličnosti
Vesolje znanost in tehnologije, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-pošta: ziga.kokalj@zrc-sazu.si

Krištof Oštir

Naziv: dr., mag., univerzitetni diplomirani fizik

Naslov: Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU, Center odličnosti
Vesolje znanost in tehnologije, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-pošta: kristof.ostir@zrc-sazu.si

PROSTOR, KRAJ, ČAS 1

**VREDNOTENJE POKRAJINSKOEKOLOŠKIH TIPOV SLOVENIJE V LUČI
POKROVNOSTI, IZDELANE S KLASIFIKACIJO SATELITSKIH POSNETKOV
LANDSAT**

Žiga Kokalj in Krištof Oštir

IZVLEČEK

V knjigi je razvita metoda vrednotenja pokrajinskoekoloških tipov Slovenije z vidika pokrovnosti. Pokrovnost oziroma raba tal sta osnovna pokazatelja prepleta delovanja naravnih in antropogenih dejavnikov v pokrajini. Osnovni hipotezi dela sta, da se pokrajina znotraj posameznih pokrajinskoekoloških tipov podobno odziva na človekove posege in da se ti odzivi izražajo v razlikah v pokrovnosti med različnimi tipi. Razkrivamo tudi skupine odklonov ter vzroke zanje. S klasifikacijo satelitskih posnetkov Landsat je bil izdelan sloj pokrovnosti s sedmimi razredi (gozd, grmičevje in zaraščanje, ekstenzivna travniška raba, intenzivna kmetijska raba, pozidana in sorodna zemljišča, voda, odprto). Uporabljene so bile različne tehnike in pomožni podatki, med drugim digitalni model višin, digitalni ortofoto posnetki in obstoječe karte rabe tal, s čimer smo dosegli vsebinske in geometrične izboljšave sloja rabe tal. Posodobili smo vektorski sloj pokrajinskoekoloških tipov, ki je sedaj primeren za detaljne študije v geografskih informacijskih sistemih. Pri vsakem pokrajinskoekološkem tipu so najprej predstavljene njegove poglobitvene značilnosti in posebnosti. Vrednotenje glede na pokrovnost smo izvedli s pomočjo naravno- in družbenogeografskih kazalcev. Pri prvih so bili izbrani višinska pasovitost, nakloni in usmerjenost terena, pri drugih pa tipi naselbinskih območij. Razlike v pokrovnosti med pokrajinskoekološkimi tipi so velike, izbrani kazalci pa dobro prikažejo tudi njihovo notranjo raznolikost. Rezultati potrjujejo, da so tipi ustrezno opredeljeni, saj se z vidika pokrovnosti površja dobro pokažejo razlike, ki izvirajo iz njihove raznovrstnosti.

KLJUČNE BESEDE

pokrajinskoekološki tip, satelitski posnetek, Landsat, klasifikacija, pokrovnost, raba tal, Slovenija

EVALUATION OF LANDSCAPE-ECOLOGICAL TYPES OF SLOVENIA WITH REGARD TO LAND COVER PRODUCED BY LANDSAT SATELLITE IMAGERY CLASSIFICATION

Žiga Kokalj in Krištof Oštir

ABSTRACT

This book presents a method for evaluating landscape-ecological types of Slovenia in the view of land cover. Land cover or land use are one of the main indicators of the interaction of natural and human influences on the landscape.

The purpose of the research is to determine whether landscape within landscape-ecological types truly responds to human interference similarly and how these responses demonstrate in land cover differences. It tries to clarify groups of deviations and their causes. Land cover layer was made first. It was accomplished by classifying Landsat satellite imagery with nearest neighbour algorithm into seven categories (forest, shrubs and overgrowth, extensive grassland use, intensive agricultural use, build up and similar areas, water, open). Several techniques and auxiliary data, such as digital elevation model, digital orthophoto and existing land use maps, were used to achieve best result. Vector layer of landscape-ecological types was made anew with improved semantic and geometric characteristics, to conform to analyses in geographic information systems. Main characteristics and eventual specialities of landscape-ecological types are presented. Evaluation of types was made with assistance of selected physiogeographic and sociogeographic agents. First are elevation zones, slope and aspect and second is complex agent of settlement types. Differences in land cover among landscape-ecological types are characteristic and selected agents expose their internal differentiation clearly. Results demonstrate that types are well defined, as their differences originating in variation of land cover properties are evidently shown.

KEY WORDS

landscape-ecological type, satellite image, Landsat, classification, land cover, land use, Slovenia

Vsebina

1	Uvod.....	1
2	Teoretska izhodišča in metode dela.....	3
2.1	Metode dela.....	3
2.2	Landsat.....	6
2.3	Pregled dosedanjega dela na področju kartiranja pokrovnosti.....	10
3	Predobdelava.....	15
3.1	Izbor posnetkov.....	15
3.2	Razdelitev na manjša območja.....	16
3.3	Izločitev oblačnosti.....	17
4	Izdelava klasifikacijske sheme.....	19
4.1	Opredelitev kategorij pokrovnosti.....	19
4.2	Klasifikacijska shema.....	20
4.3	Spektralni prostor.....	21
4.4	Nenadzorovana klasifikacija.....	22
4.5	Nadzorovana klasifikacija.....	24
4.6	Nabor vzorcev za nadzorovano klasifikacijo in njegovo prečiščevanje.....	24
5	Klasificiranje posameznih kategorij pokrovnosti.....	32
6	Poklasifikacija.....	41
6.1	Mozaičenje.....	41
6.2	Preklasifikacija.....	42
6.3	Filtriranje.....	47
6.4	Dodajanje sloja vod iz vektorskih podatkov.....	52
7	Ovrednotenje klasifikacije.....	54
8	Tipizacija v pokrajinskoekološke tipe.....	58
9	Vrednotenje pokrajinskoekoloških tipov.....	63
9.1	Visokogorje.....	67
9.2	Širše rečne doline v visokogorju, hribovju in na krasu.....	71
9.3	Visoke kraške planote in hribovja v karbonatnih kamninah.....	76
9.4	Hribovja v pretežno nekarbonatnih kamninah.....	81
9.5	Medgorske kotline.....	86
9.6	Gričevje v notranjem delu Slovenije.....	91
9.7	Ravnine in širše doline v gričevju notranjega dela Slovenije.....	95
9.8	Kraška polja in podolja.....	100

9.9	Nizki kras Notranjske in Dolenjske	104
9.10	Nizki kras Bele krajine.....	108
9.11	Kras in Podgorski kras	112
9.12	Gričevje v primorskem delu Slovenije	117
9.13	Širše doline in obalne ravnice v primorskem delu Slovenije.....	121
10	Zaključek.....	126
11	Viri in literatura.....	130
12	Seznam slik.....	133
13	Seznam preglednic.....	141

Ta stran je namenoma prazna.

1 Uvod

Satelitski posnetki so postali eden najpomembnejših virov podatkov o okolju. Z njimi lahko opazujemo površje Zemlje v najrazličnejših delih elektromagnetnega spektra, od vidne prek infrardeče do radarskih ali mikrovalov, in tako pridobivamo informacije o lastnostih predmetov na površju. Razpon aplikacij, ki jih daljinsko zaznavanje omogoča je izjemen. Zaznamo lahko stanje vegetacije, spremljamo rast in razvoj rastlin, določamo lahko lokacije in obseg človekovih posegov v prostor, spremljamo lahko naravne nesreče, zaznavamo toplotne anomalije, opazujemo lahko tako tla kot vode in ozračje. Ker sateliti, praviloma, opazujejo sistematično, lahko iz satelitskih posnetkov ustvarimo zgodovinsko sliko in zaznamo spremembe v prostoru, kar je z običajnimi terenskimi meritvami praktično nemogoče.

Enega od najboljših načinov opazovanja površja na območju države ali regije omogočajo sateliti Landsat. Prvega izmed njih je že leta 1972 izstrelila NASA, do danes pa je bilo v okviru izredno uspešnega programa zbranih ogromno podatkov, ki so jih zajeli različni sateliti Landsat (od 1 do 8). Zanimiva kombinacija senzorjev s kanali, ki so posebej primerni za opazovanje Zemlje, dobra prostorska ločljivost, odlična pokritost površja in obsežen arhiv posnetkov so razlogi, zaradi katerih so posnetki Landsat primerni za najrazličnejše analize.

Namen knjige je ugotoviti ali se pokrajina znotraj posameznih pokrajinskoekoloških tipov res podobno odziva na človekove posege oziroma kako se ti odzivi izražajo v razlikah v pokrovnosti. V njej razkrivamo skupine morebitnih odklonov ter vzroke zanje.

V osnovi je delo razdeljeno v dva večja sklopa. Prvi je namenjen obravnavi izdelave karte pokrovnosti, v drugem pa je predstavljena analiza pokrajinskoekoloških tipov. Zaporedje in vsebina poglavij sledijo postopku obravnave podatkov. V uvodnih poglavjih predstavimo metode dela in izbrana teoretična izhodišča, daljša teoretična razmišljanja in opredelitve pa prisotne v nadaljnjih poglavjih.

Z uporabo naprednih klasifikacijskih tehnik satelitskih posnetkov Landsat in pomožnih podatkov smo izdelali karto pokrovnosti visoke zanesljivosti. Pri tem smo se oprli na novejša spoznanja na področju daljinskega zaznavanja in izdelave

kart pokrovnosti tako v Sloveniji kot svetu. Osrednji del knjige tako opisuje pripravo podatkov, izbiro kategorij in pripravo učnih vzorcev, sam proces klasifikacije in obdelavo rezultata. V zadnjem delu knjige ugotavljamo kakšne razlike v pokrovnosti obstajajo med pokrajinskoekološkimi tipi v Sloveniji ter kako so povezane z naravnimi dejavniki in z delovanjem človeka.

2 Teoretska izhodišča in metode dela

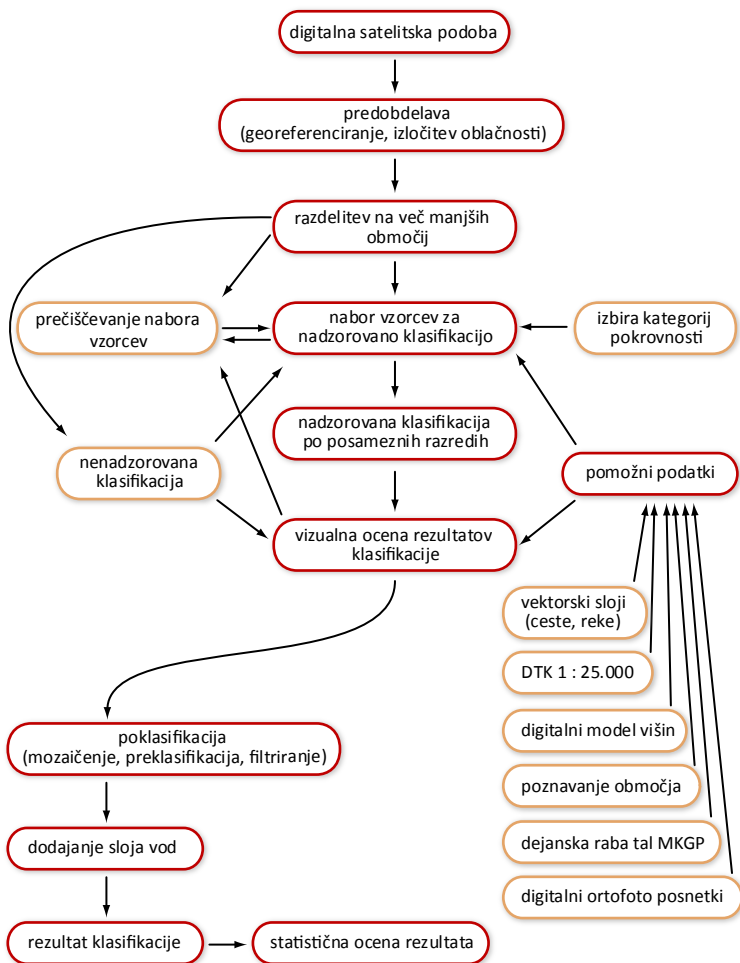
2.1 Metode dela

Delo smo pričeli s spoznavanjem dosedanje prakse na področju kartiranja pokrovnosti in rabe tal v Sloveniji. Osnovne značilnosti pomembnejših primerov so opisane v poglavju 2.3. Proučeno teorijo smo uporabili v praktičnem delu, kjer smo v prvi fazi izdelali sloj pokrovnosti.

Za izdelavo nove karte pokrovnosti smo se odločili, zaradi izbora satelitsko zaznanih podob in »samodejnih« metod pridobivanja karte pokrovnosti, torej klasifikacije, ki v nasprotju z ročnim načinom, to je vizualno interpretacijo in omejevanjem poligonov na ekranu, omogoča bistveno hitrejše delo. Popsamodejna klasifikacija namreč omogoča pridobitev kakovostne karte pokrovnosti večjih območij z delom posameznika v nekaj mesecih, v nasprotju z ročnim načinom, ki lahko v enakih pogojih traja leta. Postopek izdelave lahko najbolj nazorno prikažemo grafično (slika 1). Eno temeljnih načel geografije je horološko načelo, to je razprostranjenost pojavov in procesov. Satelitski podatki kar najbolj zadovoljujejo to načelo, saj omogočajo hiter vpogled v razprostranjenost nekaterih pojavov in procesov na zemeljskem površju od planetarne, prek regionalne do lokalne ravni. Uporaba rastrskih satelitskih podatkov omogoča tudi prehod iz t.i. kartne (arealne, ploskovne) analize k »točkovni analizi«, saj se teritorialna enota, kot nosilec geografske informacije zmanjša iz katastrske občine ali administrativne enote, tudi parcele, na velikost piksla satelitskega posnetka (Pavlin 1998, 4).

Na začetku interpretacijskega procesa imamo veliko možnih načinov (poti, postopkov) za analizo satelitskih podatkov, kajti pretehtati in odločiti se moramo o številnih elementih in dejavnih klasificiranja:

- izboru časovne serije satelitskih podatkov,
- izboru podatkov različnih satelitskih senzorjev,
- izboru različnih klasifikacijskih metod (algoritmov),
- različnih možnih teritorijih,
- o različnih sosledjih uporabe klasifikacijskih metod (Pavlin 1998, 7).



Slika 1: Shema poteka pridobitve sloja pokrovnosti.

Čprav uporaba veččasovnih podatkov veliko prispeva h kakovosti zlasti pri podrobnejšem opredeljevanju razredov pokrovnosti (Kokalj in Oštir 2005), jih nismo uporabili, saj bi bilo pridobivanje, predvsem pa prilagajanje (georeferenciranje) večjega števila posnetkov časovno prezahtevno in za potrebe študije nebstveno. Uporabili smo brezplačno dosegljive podobe. Zaradi dobrih spektralnih (sedem večspektralnih kanalov) in prostorskih (ločljivost 30 m) lastnosti,

pa tudi zaradi možnosti pokrivanja večjega območja, smo se odločili za posnetke satelitov Landsat.

Z ozirom na novejšje smernice pri poimenovanju smo se izogibali uporabi besede svet, kjer ta pomeni neko območje, teritorij z določenimi značilnostmi, npr. primorski svet, kraški svet. Nadomestili smo jo z ustrezno uporabo terminov območje, ozemlje ali pokrajina, kot tudi s skrajšanimi oblikami, npr. gričevnat svet – gričevje. V skladu s tem smo prvotno poimenovanje pokrajinskoekološkega tipa PET Visokogorski svet spremenili v Visokogorje.

V izogib ponavljanju in potratu s prostorom, smo poenotili legende pri vseh grafikonih in kartah, ki prikazujejo kategorije pokrovnosti. Barvno kodiranje prikazuje preglednica 2 (str. 20).

Osnovna podatka, na katerih temelji študija, sta rastrski sloj pokrovnosti in vektorski sloj pokrajinskoekoloških tipov Slovenije.

Pri izdelavi karte pokrovnosti so bili osnovni podatki satelitski posnetki Landsat, senzorjev TM in ETM+ (več o samih posnetkih v poglavju 3.1), kot pomožne podatke pa smo uporabili še:

- izbrane reke iz vektorskih podatkov slovenskih vodotokov (Geodetska uprava RS),
- vektorske poligone slovenskih vod (Geodetska uprava RS),
- digitalne ortofoto posnetke (DOF) (Geodetska uprava RS),
- digitalni model višin z velikostjo celice 25 m (DMV) (Oštir in dr. 2000a),
- podatke o dejanski rabi kmetijskih zemljišč v digitalni obliki (Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano – MKGP).

Za izdelavo sloja pokrajinskoekoloških tipov smo uporabili naslednje podatke:

- digitalno mejo Slovenije (Geodetska uprava RS),
- vektorske podatke slovenskih vodotokov (Geodetska uprava RS),
- digitalizirane topografske karte v merilu 1 : 25.000 (Geodetska uprava RS),
- digitalni model višin z velikostjo celice 25 m (Oštir in dr. 2000a),
- stari vektorski sloj pokrajinskoekoloških tipov (Špes in dr. 2002).

Pri analizi pokrajinskoekoloških tipov smo uporabili še vektorskih slojev tipov naselbinskih območij in neposeljenega ozemlja Slovenije (Kladnik in Ravbar 2003).

Najpomembnejši vir podatkov za študijo so satelitski posnetki Landsat, zato na tem mestu zapišemo nekaj osnovnih podatkov o satelitskem sistemu in posnetkih.

2.2 Landsat

Leta 1972 je NASA (*US National Aeronautics and Space Administration*) izstrelila ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite*), prvi satelit, ki je bil namenjen izključno opazovanju kopnih površin. Satelit so kasneje, deloma tudi zaradi velikega uspeha, ki ga je doživel, preimenovali v Landsat-1. Landsat je bil preizkus pridobivanja večspektralnih podatkov o Zemlji iz satelitske platforme brez človeške posadke.

Prvi senzorji na satelitu so zaznavali energijo v vidnem in bližnjem infrardečem spektru. Četudi so bili ti deli spektra že dolgo uporabljani v letalski fotografiji, to še ne pomeni, da naj bi se nujno izkazali kot primerni tudi za snemanja iz velikih razdalj – znanstveniki niso mogli biti gotovi, da bodo senzorji delovali, kot je bilo načrtovano, da bodo zanesljivi, da bodo detajli zadovoljivi ali da bo dovolj velik delež posnetkov brez oblakov. Čeprav se je mnogo teh problemov dejansko pojavilo, se je osnovni koncept projekta izkazal za izvedljivega in Landsat je postal model za podobne sisteme drugih organizacij (Campbell 1996, 158).

Od leta 1972 je bilo v okviru izredno uspešnega programa zbranih ogromno podatkov, ki so jih zajeli različni sateliti Landsat. Program je leta 1983 prevzela NOAA (*US National Oceanic and Atmospheric Administration*). Dve leti kasneje so ga komercializirali in tako ponudili podatke za najrazličnejše civilne in raziskovalne aplikacije. Od leta 1998 s sateliti upravlja USGS (*United States Geological Survey*). Landsat je uspel zaradi različnih razlogov, med katerimi so najpomembnejši:

- zanimiva kombinacija senzorjev s spektralnimi pasovi, ki so posebej primerni za opazovanje zemlje,
- dobra prostorska ločljivost in
- odlična pokritost površja (širina pasu snemanja in čas ponovnega snemanja).

Dolžina trajanja programa je poskrbela za ogromen arhiv razpoložljivih posnetkov, ki omogočajo dolgotrajno časovno opazovanje, »zgodovinske« zapise in raziskave (Oštir 2006, 88).

Vsi sateliti Landsat se nahajajo v skoraj polarnih, sončno sinhronih tirnicah. To pomeni, da inklinacija »nosi« satelit proti zahodu s hitrostjo prilagojeno tako, da kompenzira spremembe v lokalnem sončnem času, ko se satelit premika s severa proti jugu. Tako satelit opazuje točke na zemeljskem površju ob vedno enakem lokalnem času, s čimer so odpravljene tudi variacije v osončenosti zaradi sprememb dnevnega časa. Optimalni lokalni čas je različen glede na namen posameznega projekta; večina satelitov za opazovanje Zemlje leti v tirnicah v

katerih snemajo pri lokalnem času med 9:30 in 10:30 dopoldne, to je v času, ko je najmanjša verjetnost oblačnosti v tropskih predelih in ko je optimalna osvetljenost za mnoge interpretacije (Campbell 1996, 160). Satelit Landsat-7 prečka ekvator ob 10:00 po lokalnem času (Kramer 2002, 448).

Landsat-1 do 3 so krožili okoli Zemlje na višini okrog 900 km, s časom ponovnega obiska 18 dni. Vsi naslednji pa letijo oziroma so leteli (Landsat-6 se je izgubil takoj po izstrelitvi konec 1993) nižje, in sicer na višini približno 700 km, njihov čas ponovnega obiska pa je 16 dni. To pomeni, da se satelit vnovič nahaja nad isto točko zemeljskega površja po šestnajstih dneh. Prva tirnica šestnajstega dne je enaka prvi tirnici prvega dne, prva tirnica sedemnajstega dne je enaka prvi tirnici drugega dne in tako dalje. Tirnice si sledijo od vzhoda proti zahodu. Zaporedni prehodi satelitov so na ekvatorju razmaknjeni za 2752 km, sosednji prehodi pa za 172 km. Na ekvatorju se podobe prekrivajo za 7,6 %, delež prekrivanja se zvišuje z naraščanjem geografske širine (Campbell 1996, 176).

Prvi trije Landsat sateliti so za snemanje uporabljali detektor MSS (*MultiSpectral Scanner*), četrty in peti TM (*Thematic Mapper*), zadnji, sedmi satelit pa uporablja ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*). Vsi skenerji zajemajo podatke v pasu, širokem 185 km, pri čemer je polna scena velika 185 krat 185 km. Glavne prednosti TM skenerja pred MSS so:

- boljša prostorska ločljivost,
- natančnejša radiometrična ločljivost,
- ožji spektralni pasovi,
- sedem za razliko od štirih kanalov in
- večje število senzorjev na kanal (16 za netermične kanale, MSS jih je imel šest).

Prostorska ločljivost senzorja TM je 30 m za vse kanale razen termičnega, pri katerem je prostorska ločljivost 120 m. Vrednosti vseh podatkov so podane v razponu od 0 – 255, čemur ustreza 8-bitna radiometrična ločljivost. ETM+ senzor pozna vse kanale svojega predhodnika, poleg tega pa še pankromatski kanal z ločljivostjo 15 m. Prostorska ločljivost termičnega kanala pri ETM+ je 60 m.

Podatke ETM+, TM in MSS uporabljamo v najrazličnejših aplikacijah, od upravljanja z naravnimi viri, prek kartiranja, opazovanja okolja do zaznavanja sprememb (recimo golosekov, poplav, požarov...). Arhivi posnetkov Landsat so ogromni, prosto dosegljivi in le manjši delež posnetkov je bil do sedaj izkoriščen (Oštir 2006, 88–90).

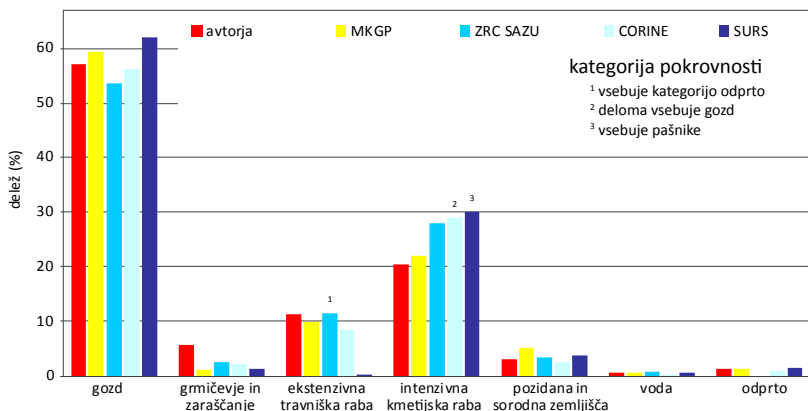
Preglednica 1: Spektralni pasovi senzorjev TM in ETM+ na satelitih Landsat.

kanal	valovna dolžina [μm]	barva	ločljivost [m]		uporaba
			ETM+	TM	
TM 1	0,45-0,52	modra	30	30	ločevanje prsti in rastja; merjenje globine voda in kartiranje obal; prepoznavanje kulturne in urbane pokrajine
TM 2	0,52-0,60	zelena	30	30	kartiranje zelenega rastja; prepoznavanje kulturne in urbane pokrajine
TM 3	0,63-0,69	rdeča	30	30	ločevanje rastja in nerastja; prepoznavanje posameznih vrst rastlin (absorpcija klorofila); prepoznavanje kulturne in urbane pokrajine
TM 4	0,76-0,90	bližnja IR	30	30	določanje vrst rastlin, zdravosti in količine biomase; označevanje vodnih teles; merjenje vlage
TM 5	1,55-1,75	bližnja IR	30	30	merjenje vlage v prsti in rastju; ločevanje snega in oblakov
TM 6	10,4-12,5	termična IR	60	120	termično kartiranje (urbane in vodne površine); stanje rastja; določanje vlažnosti prsti v povezavi s termičnim sevanjem
TM 7	2,08-2,35	bližnja IR	30	30	določanje mineralov in tipov kamnin; merjenje vlažnosti rastja
PAN	0,52-0,90	pankromatsko	15	-	izboljšanje ločljivosti; prepoznavanje rastja

V zadnjih letih satelita Landsat-5 in 7 pestijo številne težave, povezane s stalnim ali začasnim nedelovanjem katerega izmed številnih podsistemov, ključnih za normalno operativno rabo. Na novejšem satelitu se je že marca 2003 pokvaril sistem za kompenzacijo snemalnih vrstic, zato so podatki senzorja ETM+ z novejšim datumom slabše kakovosti. Novembra 2011 je USGS zaradi dotrajanosti elektronske opreme oddajnika ustavila snemanje s satelitom Landsat-5, kar zelo verjetno pomeni konec delovanja dedka med sateliti za opazovanje Zemlje. Za nadaljevanje in dopolnjevanje štiridesetletne misije je v začetku leta 2013 NASA izstrelila Landsat 8, tako imenovani *Landsat Data Continuity Mission (LDCM)*. Landsat 8 ima na krovu senzorja OLI (*Operational Land Imager*) in TIRS (*Thermal InfraRed Sensor*). Senzorja sta bistveno bolj občutljiva od predhodnikov, saj imata 12-bitno radiometrično ločljivost. OLI ima devet kanalov: šestim večspektralnim kanalom sta bila dodana kanala za opazovanje obal in aerosolov ter zaznavo cirusov (oblakov). Prostorsko ločljivost so ohranili pri 15 m za pankromatski kanal in 30 m za večspektralne. TIRS ima dva kanala, ki bosta podatke zajemala v 100 m ločljivosti.

2.3 Pregled dosedanjega dela na področju kartiranja pokrovnosti

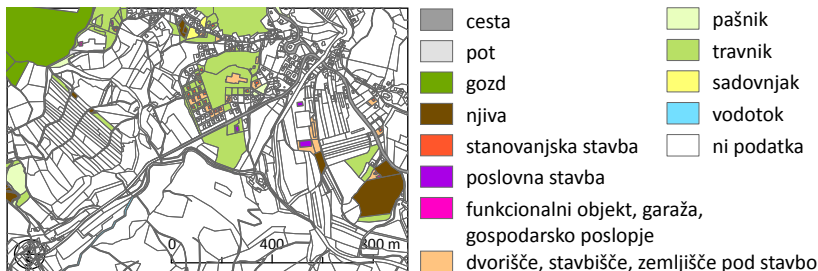
Za celotno državno ozemlje obstaja mnogo kart rabe tal oziroma pokrovnosti v digitalni obliki. Narejene so bile na podlagi različnih virov in z različnimi metodami. Zaradi drugačnih potreb se razlikujejo definicije in število kategorij rabe tal ter kakovost kart. Predstavljene so najpomembnejše ter osnovne značilnosti metod izdelave.



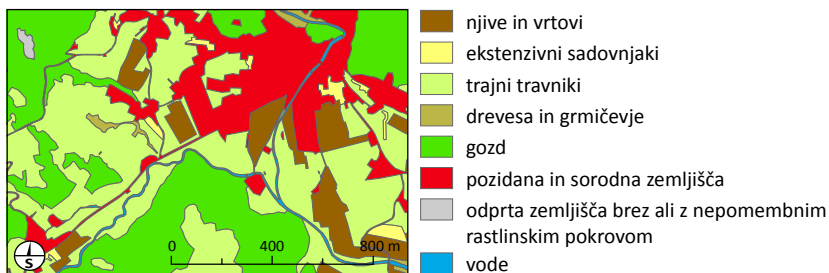
Slika 2: Primerjava različnih slojev pokrovnosti Slovenije.

Temeljni vir mnogim študijam so podatki zemljiškega katastra, ki ga vodi Geodetska uprava Republike Slovenije (Gabrovec in Kladnik 1997, 15–18). Evidenca katastra je sestavljena iz digitalnega grafičnega in digitalnega atributnega dela, katerih vzdrževanje poteka na krajevni ravni in sicer na posameznih geodetskih upravah. Raba tal se vodi za vsako najmanjšo enoto – parcelo. Dnevno se vzdržuje centralna baza atributnega dela, glede na spremembe pa tudi centralna baza grafičnega dela. Z digitalnim katastrskim načrtom je pokrito celotno državno ozemlje. Kataster vodi pet skupin dejanskih rab zemljišč: kmetijska zemljišča, gozdna zemljišča, pozidana zemljišča, vodna zemljišča in neplodna zemljišča. Do Zakona o evidentiranju nepremičnin (Uradni list 47/2006, 65/2007 – odločba ustavnega sodišča), so se podatki o katastrski kulturi ali razredu lahko spreminjali le na podlagi upravnega postopka, kar je bil vzrok neažurnosti katastra, saj se evidentirana raba tal od dejanskega stanja ločila v povprečju med 10 in 20%. (Petek 2001, 10). Stalno (ne)sistematično zaostajanje pri registraciji številnih sprememb je bila tudi njegova pglavitna slabost, saj nikoli ni prikazoval

dejanskega stanja (Kladnik 1999a, 73). Z omenjenim zakonom kataster privzema stanje dejanske rabe za katero je sedaj pristojno Ministrstvo za kmetijstvo in okolje. Način privzema opredeljuje Pravilnik o evidenci dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč (Uradni list RS št. 122/2008), ki je bil sprejet na podlagi 165. člena Zakona o kmetijstvu (Uradni list RS št. 45/2008).



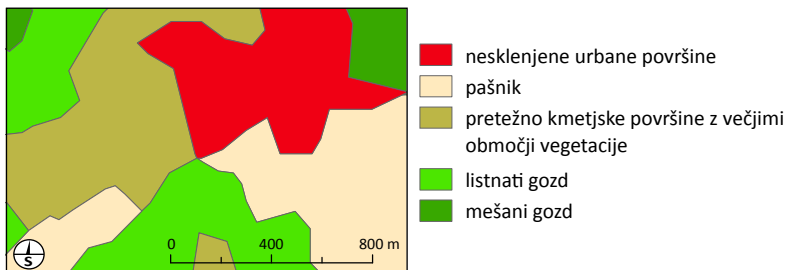
Slika 3: Zemljiški kataster Polhovega Gradca z okolico pred privzemom kategorij dejanske rabe tal. V legendi so prikazane le kategorije, ki se jih da razbrati s tega dela karte.



Slika 4: Karta dejanske rabe tal MKGP. Polhov Gradec z okolico. V legendi so prikazane le kategorije, ki se jih da razbrati s tega dela karte.

Na Ministrstvu Republike Slovenije za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano so izdelali lokacijsko najbolj natančne in za potrebe raziskav lahko dostopne podatke o rabi kmetijskih zemljišč. Ločijo 21 razredov rabe tal, izvedeni pa so bili na podlagi vizualne interpretacije digitalnih ortofoto posnetkov. Dobra je predvsem, že omenjena, lokacijska natančnost, kot tudi zaznavanje različnih kategorij na dovolj majhnih površinah, npr. za pozidana in sorodna zemljišča ter vode že pri 10 m², za vinograde 500 m², njive in vrtove ter gozd 5000 m² in podobno. Po drugi strani projekt izdelave rabe tal takšne ali podobne kakovosti za večje območje (npr. celotno državno ozemlje) zahteva izjemno veliko finančnih sredstev in vloženega dela. Za operacije s podatki tolikšne natančnosti za večja območja je treba imeti

zelo zmogljivo računalniško opremo. Zaradi različnih let snemanja posameznih ortofoto posnetkov podatki niso časovno primerljivi, težave pa ponekod nastopijo tudi na stikih, saj ima zaradi subjektivne interpretacije ista raba tal na dveh posnetkih lahko različnih atribut.

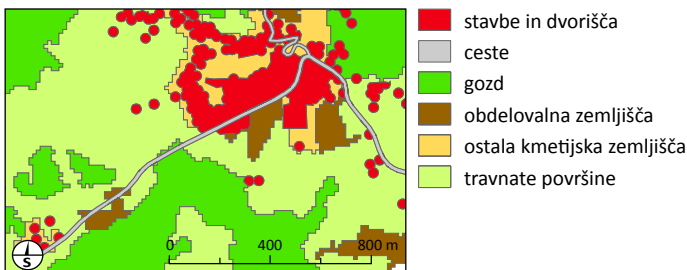


Slika 5: Karta pokrovnosti CORINE. Polhov Gradec za okolico. V legendi so prikazane le kategorije, ki se jih da razbrati s tega dela karte.

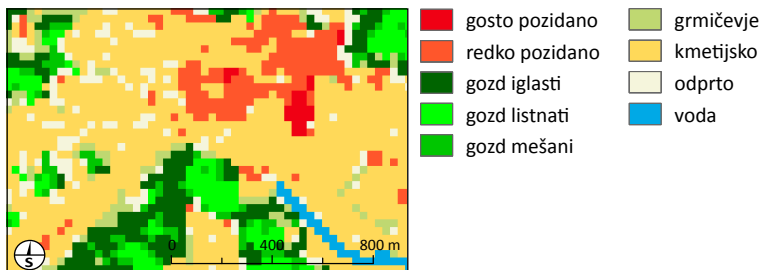
Zelo natančno je definirana metodologija CORINE land cover (CLC). V Sloveniji so projekt vodili na Geodetski upravi republike Slovenije v sodelovanju z Agencijo Republike Slovenije za okolje, Gozdarskim inštitutom Slovenije in podjetjem Gisdata. Nomenklatura loči tri ravni. Tretja, najpodrobnejša raven vsebuje 44 kategorij, od katerih jih je bilo v Sloveniji ugotovljenih 37. Osnovni vir podatkov so bili ortorektificirani satelitski posnetki Landsat TM iz let 1995 – 1996 (CLC95) in ETM+ iz let 1999 – 2000 (CLC2000), kot dopolnilni viri so služile sektorske baze podatkov, topografske karte in predvsem letalski posnetki. Posamezne kategorije so bile pridobljene z vizualno interpretacijo posnetkov v merilu 1 : 100.000. Najmanjša velikost kartiranih območij je 25 ha in najmanjša širina poligona je 100 m (Bossard in dr. 2000). Oboje je razmeroma veliko, saj so posledično ostale nekatere mešane kategorije (npr. kmetijske površine z večjimi območji naravne vegetacije), nekatere oblike pa so v veliki meri izpuščene (npr. avtoceste in reke). Velika vrednost omenjene karte pokrovnosti je predvsem v časovni in prostorski primerljivosti na evropski ravni.

Statistični GIS pokrovnosti in rabe tal so izdelali na Oddelku za geomatiko in GIS pri Statističnem uradu Republike Slovenije. Za prikaz stanja iz leta 1993 so uporabili posnetke Landsat TM iz leta 1993, digitalni model višin s prostorsko ločljivostjo 100 m ter različne vektorske zbirke podatkov (centroidi hiš, železniške proge, ceste, gozdni rob, vode, administrativne enote). Uporabljeni podatki so bili zelo različne kakovosti (npr. železniške proge so bile digitalizirane iz kart v merilu 1 : 50.000, tekoče vode, jezera in zajezitve iz 1 : 25.000, ceste in gozdni rob iz 1 : 5.000). Karto

pokrovnosti so izdelali s klasifikacijo satelitskih posnetkov ter primerjavo in prekrivanjem rezultata s pomožnimi zbirkami podatkov. Karta loči sedem kategorij na prvi in 20 na drugi ravni. S prerazporejanjem kategorij na drugi ravni omogoča tudi oceno rabe tal. Število kategorij, predvsem na drugi ravni, je sicer veliko, a je nerodno to, da je vegetacija ločena v le pet razredov, od katerih sta dva rastej znotraj urbanih površin, eden travnate površine športnih letališč, preostala dva razreda pa povzameta vse gozdove in ostala kmetijska zemljišča. Dobra stran je metodološka razčlenjenost in poznavanje metapodatkov virov iz katerih je bila karta izdelana (Šabić in dr. 1998, 233–242; Skumavec 2003).



Slika 6: Karta pokrovnosti SURS. Polhov Gradec z okolico. V legendi so prikazane le kategorije, ki se jih da razbrati s tega dela karte.



Slika 7: Karta pokrovnosti izdelana na Inštitutu za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU. Polhov Gradec z okolico. V legendi so prikazane le kategorije, ki se jih da razbrati s tega dela karte.

Na Inštitutu za antropološke in prostorske študije Znanstvenoraziskovalnega centra SAZU so za potrebe načrtovanja omrežja mobilne telefonije izdelali karto pokrovnosti s klasično nadzorovano klasifikacijo satelitskih posnetkov Landsat TM iz let 1992 in 1996. Dopolnilna vira sta bila digitalni model višin z ločljivostjo 25 m in vektorski sloj večjih rek. Izbrali so kompromis med velikim številom razredov in preprostostjo obdelave ter se odločili za 10 kategorij. Opredelili so jih glede na

oviro, ki jo predstavljajo za potovanje elektromagnetnega signala. Ta kategorizacija ne gre v podrobno ločevanje obdelovalnih zemljišč, pač pa se osredotoči na ločevanje vrst gozdov (iglasti, listnati, mešani) in pozidanih zemljišč (redko pozidano, gosto pozidano, urbano). Karta ne prikazuje le ozemlja Slovenije temveč tudi petkilometrski obmejni pas (Oštir in dr. 2000b).

Treba je poudariti, da je pomembna razlika med posameznimi kartami rabe tal oziroma pokrovnosti v času, ki je bil potreben za njihovo izdelavo, kot tudi v številu ljudi, ki so jo izdelovali, in zahtevanih finančnih sredstvih. Razlikujejo se tudi v zapisu, saj so nekatere karte rastrske in druge vektorske.

3 Predobdelava

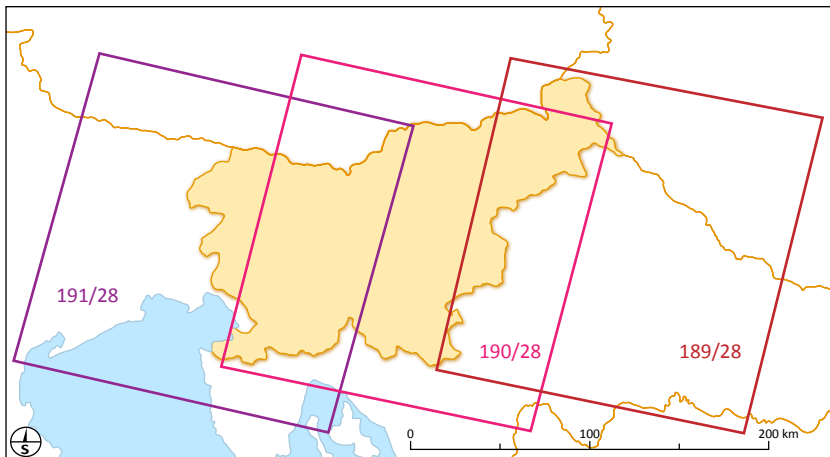
Da bi bila sama klasifikacija satelitskih posnetkov čim bolj uspešna, je treba podatke predhodno ustrezno pripraviti. To storimo v procesu predobdelave. Predobdelava obsega postopke, ki pripravijo podatke za nadaljnjo analizo, običajno z namenom odpravljanja ali kompenzacije sistematičnih napak. Ločimo lahko tri skupine postopkov:

- postopki, ki prikažejo ali povzamejo podatke, v smislu pregleda karakteristik in kakovosti, npr. histogrami, razpršeni diagrami, statistični pregledi, to so operacije, ki omogočijo operaterju določitev nadaljnjih korakov predobdelave,
- postopki, ki odpravijo radiometrične napake, ki so lahko posledica napak v delovanju senzorja, atmosferskih motenj, spremenljivosti kota snemanja, spremenljivosti v osvetljenosti ali sistemskega šuma,
- postopki, ki odpravijo lokacijske napake v odnosu med posnetki (Campbell 1996, 116).

3.1 Izbor posnetkov

Pri izdelavi sloja pokrovnosti smo uporabili posnetke Landsat, ki izhajajo iz programa CORINE in s katerimi razpolaga Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS). Posnetki so »stranski produkt«, tako imenovani Image del programa. So ortorektificirani s pomočjo digitalnega modela višin z ločljivostjo 100 m. To pomeni, da so jim bile odstranjene geometrične napake, kot posledica npr. orientacije senzorja, sistematičnih napak povezanih s senzorjem, premika zaradi izoblikovanosti reliefa in ukrivljenosti Zemlje. So tudi vpeti v državni koordinatni sistem in prevzorčeni na ločljivost 25 m. Datumi snemanj posnetkov so 15. 9. 1999 (zahodna Slovenija, 191/28), 10. 9. 2000 (osrednja Slovenija, 190/28) in 18. 8. 2000 (vzhodna Slovenija, 189/28) (slika 8). Pri analizi se je izkazalo, da je prvi posnetek zaradi napake v sedmem kanalu za naš namen neuporaben. Zato smo na Inštitutu za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU pridobili posnetek istega datuma in območja, zaradi oblačnosti v visokogorju na tem posnetku pa še nekoliko starejši

posnetek (18. 8. 1992). Oba posnetka sta georeferencirana (RMS napaki 32 m). Pred nadaljnjo obdelavo smo jih zaradi združljivosti prevzorčili na ločljivost 25 m. Ker se ob vsaki pretvorbi del informacij izgubi, smo prevzorčenje na večjo ločljivost in georeferenciranje izvedli istočasno.



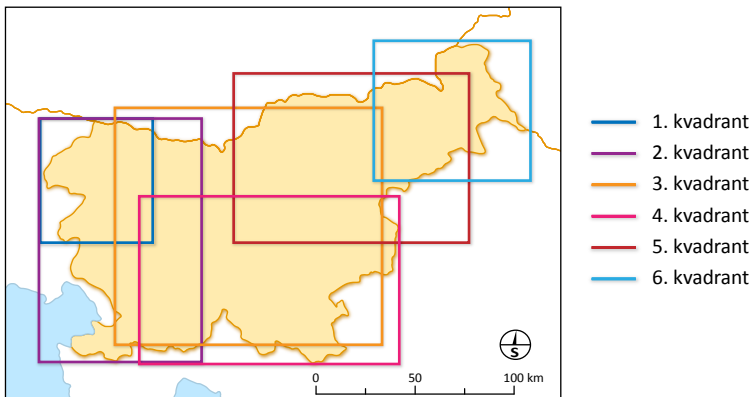
Slika 8: Trije posnetki Landsat pokrijejo celotno ozemlje Slovenije.

3.2 Razdelitev na manjša območja

Ozemlje Slovenije je bilo z namenom preprostejše, predvsem pa učinkovitejše in natančnejše klasifikacije razdeljeno na šest manjših neenakih območij (kvadrantov), v katerih je bil glede na reliefno izoblikovanost in pričakovano pokrovnost poudarek na klasifikaciji različnih kategorij (slika 9). Le tako je moč v večji meri zaobjeti posebnosti in razlike, ki so posledica reliefne razčlenjenosti, drobne zemljiškoposestne strukture, pestrosti kamninske in pedološke sestave, mikroklimatskih razmer in podobnega. Spektralni podpis kategorij pokrovnosti je namreč prostorsko odvisen, zato ima ista kategorija (npr. grmičevje) na različnih lokacijah različen spektralni podpis pri čemer se lahko le-ta na določenih območjih približa drugim kategorijam (npr. gozdu, vinogradom, sadovnjakom...) (primer prikazujeta slika 21 in slika 25). V prvem kvadrantu smo tako poudarili klasifikacijo vzpetega ozemlja, torej gozda in ekstenzivnih travniških površin, v drugem smo se posvetili posebnostim kraškega površja s posebnim ozirom na ločevanju nizkega gozda od travniških in kmetijskih zemljišč, v tretjem ravninskega površja, torej

ločevanju ekstenzivnih travniških površin in intenzivnih kmetijskih površin ter pozidanih zemljišč in podobno.

Pri podrobnejši analizi bi bila smiselna klasifikacija glede na še manjše teritorialne enote, na primer pokrajinskoekološke tipe ali celo enote.



Slika 9: Slovenijo smo razdelili na 6 neenakih območij. Oštevilčili smo jih od zahoda proti vzhodu.

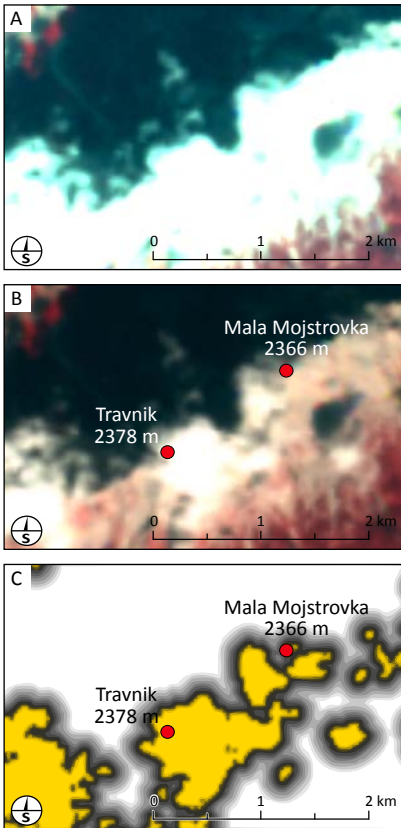
3.3 Izločitev oblačnosti

Posnetek zahodne Slovenije iz 15. 9. 1999 v goratih območjih vsebuje precejšen del oblačnosti, kar otežuje oziroma onemogoča klasifikacijo. Ker smo imeli na voljo le še posnetek iz leta 1992, smo se odločili, da ne bomo nadomestili celotnega posnetka, temveč smo »izrezali« le oblake ter klasifikacijo ozemlja, ki ga pokrivajo, izvedli na posnetku starejšega datuma.

Pred začetkom omejevanja oblačnosti smo morali določiti, kje so oblaki. Boljšo vizualno predstavitev smo dosegli s prilagajanjem histograma. Rezultati so lepo vidni na slikah pred in po spreminjanju histograma (slika 10 A in B).

Sloj oblačnosti smo izločili s podobo razdalj, ki nastane pri nadzorovani klasifikaciji. Podoba razdalj vsebuje podatke z oddaljenostjo podobnosti določene rabe tal od učnega vzorca. Vsaka enota oddaljenosti predstavlja spektralno evklidsko razdaljo med opazovanim pikslom in povprečjem razreda, ki mu pripada. Ker oblakov nismo posebej klasificirali, je njihova oddaljenost od vseh učnih vzorcev zelo velika; za oblake smo privzeli vse piksele z razdaljo večjo od 150 enot. Nato smo s filtriranjem odstranili skupine pikselov manjše od štiri. Preostalemu smo dodali 150 metrski pas (šest pikselov), saj je še vedno ostalo nekaj manjših skupin pikselov, ki bi jih bilo

drugače težavno klasificirati, zapolnile pa so se tudi manjše praznine med oblaki, kar je omogočilo klasifikacijo bolj sklenjenih območij. Celotno območje tako določene oblačnosti obsega 220 km².



Slika 10: Na slikah A in B je zelo nazorna razlika v vizualnem »obsegu oblakov« pred in po prilagajanju histograma. Na sliki C so oblaki (rumeno) ugotovljeni s pomočjo slike razdalj in 150 m »varnosti pas« (črno do sivo). Okolice Mojstrovk v Julijskih Alpah.

4 Izdelava klasifikacijske sheme

4.1 Opredelitev kategorij pokrovnosti

V literaturi se pojavljajo različne definicije kategorij¹ rabe tal. Definicije, kot tudi izbira posameznih kategorij, izhajajo iz namena uporabe karte.

Med rabo tal in pokrovnostjo obstaja nekaj osnovnih razlik. Rabo tal lahko definiramo kot namen za katerega ljudje izkoriščajo nek kos zemljišča, s poudarkom na funkcijski vlogi zemljišča v ekonomskih aktivnostih. Raba tal je abstraktna in je včasih ne moremo določiti niti s podrobnim ogledom. Pokrovnost, na drugi strani, je konkretna in jo lahko kot tako neposredno opazujemo (Campbell 1996, 550). Na primer, kos zemljišča na robu urbanega območja je lahko pozidan z enodružinskimi hišami. Glede na raven detajlov, lahko njegovo rabo tal določimo kot urbano ali natančneje stanovanjsko. Ta isti kos zemljišča pa ima pokrovnost iz streh, asfalta, trave in dreves. Za planiranje socio-ekonomske rabe tal (potrebe po šolah, dohodek od davkov...) bi bilo pomembno vedeti, da je to zemljišče pozidano z enodružinskimi hišami. Za hidrološko analizo lastnosti odtočnega količnika, bi bila pomembna delež in razporeditev streh, asfalta, trave in dreves na tem ozemlju. Zatorej moramo biti za uspešno načrtovanje in gospodarjenje z zemljišči seznanjeni tako z njihovo rabo tal kot pokrovnostjo (Lillesand in Kiefer 1994, 170). Razlika postane pomembnejša, ko merilo raziskave postane večje in detajli podrobnejši (Campbell 1996, 550).



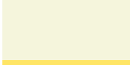




Raven podrobnosti klasifikacije je odvisna od mnogih dejavnikov, npr. namena kartiranja, potrebovanih informacij, prostorske in radiometrične ločljivosti senzorja, okoljskih lastnosti proučevanega območja, analitičnih tehnik, ki naj bi jih uporabili, in podobno (Apan 1997, 1030).

¹ Kategorija – kar ima v okviru kake razporeditve, razdelitve enake, podobne značilnosti; skupina, vrsta, razred (Bajec in dr. 1991). Primeri kategorij so predstavljeni v poglavju 2.3 pri legendah kart pokrovnosti oz. rabe tal.

Zaradi omejitev pri razpoložljivem času in sredstvih, kot tudi zaradi namena študije, smo morali skleniti kompromis pri številu kategorij. Tako se je zmanjšala zapletenost obdelave in poobdelave, hkrati pa smo ohranili glavne kategorije.

Preglednica 2 prikazuje uporabljene kategorije pokrovnosti in kaj naj bi v idealnih razmerah ločevanja vsebovale. Okoliščine so v realnosti le redko popolne, s čimer je klasifikacija otežena, zato se skušamo dejanskemu stanju le kolikor mogoče približati.

Preglednica 2: Uporabljene kategorije pokrovnosti.

Barvno kodiranje	Razred	Vsebovano
	gozd	listnati, iglasti in mešani gozd
	grmičevje in zaraščanje	grmičevje, prehod iz gozda v travnik, zaraščajoči travniki, nizki (predvsem kraški) gozd, ruševje
	ekstenzivna travniška raba	pašniki in košenice, visokogorsko travinje, barjanski travniki
	intenzivna kmetijska raba	njive z različnimi kulturami, vrtovi, vinogradi, sadovnjaki, hmeljišča, intenzivni travniki, čredinski pašniki
	pozidana in sorodna zemljišča	mesta, vasi, industrijske površine, širše prometnice in parkirišča, gradbišča
	voda	morje, jezera, zaježitve, reke, soline
	odprto	skalnato visokogorje, kamnolomi in peskokopi

4.2 Klasifikacijska shema

Glavni namen klasifikacije satelitskih in drugih posnetkov je prepoznavanje predmetov na zemeljski površini in njihovo upodabljanje v obliki tematskih kart. Pri tem skušamo ugotoviti rabo tal z opazovanjem sivih tonov na posnetkih. Klasifikacija je eden najpomembnejših korakov pri obdelavi daljinsko zaznanih podob in je pomemben vhodni podatek za geografske informacijske sisteme. Kljub temu, da je prikladno opazovati lepe posnetke iz vesolja ali zraka, pa so vendarle šele tematske karte tiste, ki podobam dajo pomen (Oštir 2006, 175).

Glede na metodo dela delimo klasifikacijo satelitskih in drugih podob na nadzorovano in nenadzorovano. Glavna razlika med obema je način, kako ustvarimo spektralne podpise. Pri nadzorovani klasifikaciji operater določi manjša

območja, kjer je razpoznaven določen tip rabe tal, računalnik pa iz njih izračuna spektralne podpise. Pri nenadzorovani klasifikaciji podpise ustvari računalnik sam, z matematičnim združevanjem podatkov v n-razsežnem spektralnem prostoru (Oštir 2006, 178).

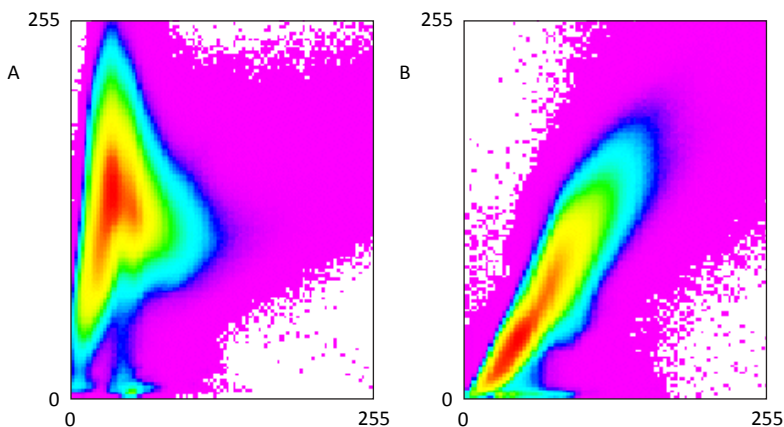
Najpomembnejši dejavnik, ki omogoča klasifikacijo posnetkov, je tako imenovani spektralni podpis ali spektralni odziv. Omenjeni izraz uporabljamo za opis načina odboja elektromagnetnega valovanja na zemeljski površini. Spektralni odziv določenega predmeta je merilo za intenziteto odbitega elektromagnetnega valovanja v odvisnosti od valovne dolžine. Odbojnost se močno spreminja z valovno dolžino. Pravzaprav je prav odvisnost odboja od valovne dolžine tista, ki omogoča določanje spektralnih lastnosti in s tem ločevanje med različnimi predmeti. Tako kot je podpis značilnost posameznika, je tudi spektralni podpis značilna lastnost predmeta. Žal pri klasifikaciji nimamo na voljo celotnega podpisa predmeta, ki ga opazujemo. Namesto tega imamo množico diskretnih vrednosti, ki predstavljajo odboje v različnih kanalih značilnega senzorja. V primeru satelita Landsat in senzorja ETM+ gre za sedem kanalov od vidne do infrardeče svetlobe. Ti tako imenovani delni podpisi predmeta ne opišejo v celoti, ampak podajajo le njegove posamezne značilnosti. Manj ko imamo podatkov o predmetu (z drugimi besedami – manj ko ima senzor kanalov), težje naredimo dobro klasifikacijo.

V splošnem velja, da večje število kanalov olajša ločevanje predmetov in s tem klasifikacijo. Seveda pa z nekritičnim dodajanjem informacij rezultatov ne izboljšamo vedno. V sosednjih kanalih imajo predmeti pogosto le rahlo različno odbojnost in torej ne prinašajo novih podatkov. Po drugi strani pa zaradi povečanja pomnilniških zahtev precej upočasnijo postopek same klasifikacije. Izbira »pravih« kanalov je torej zelo pomemben in hkrati zahteven postopek, ki ga je treba opraviti preden se lotimo same klasifikacije. Zaradi manjše prostorske ločljivosti in zelo majhnega prispevka h kakovosti klasifikacije je bil pri nadaljnji obdelavi iz satelitskih posnetkov izločen šesti, torej termični, spektralni pas. Klasifikacijo smo skušali izboljšati z uporabo pomožnih podatkov, ki smo jih kot samostojni dodatni sloj ali v različnih kombinacijah priključili preostalim šestim kanalom senzorja ETM+. Uporabili smo normiran diferencialni vegetacijski indeks (NDVI), pankromatski kanal, digitalni model višin in iz njega izračunane naklone.

4.3 Spektralni prostor

Preden se lotimo same klasifikacije, si oglejmo nekaj značilnosti spektralnega prostora. Letalski ali satelitski posnetki so vedno podani v »običajnem« prostoru,

imenujmo ga geografski prostor, to je tako kot površje v naravi vidimo. Vsak piksel ima praviloma dve koordinati, recimo geografsko širino in dolžino; tretje koordinate pri satelitskih in letalskih posnetkih praviloma ne upoštevamo. Pri določenih operacijah s posnetki, recimo prilagajanju histograma, pa tudi klasifikaciji je koristno uporabiti večrazsežni prostor spektralnih kanalov (v primeru dveh kanalov gre za del ravnine, pri treh za del prostora). Koordinate v spektralnem prostoru so sive vrednosti pikslov. Histogram je tako enodimenzionalna ponazoritev spektralnega prostora.



Slika 11: Primera podatkov v spektralnem prostoru. Kombinacija 1. in 4. kanala (A), kombinacija 2. in 7. kanala (B). Gostota pikslov se viša od rožnate preko modre, zelene in rumene do rdeče.

Pretvorba med geografskim in spektralnim prostorom je razmeroma preprosta. Vsakemu pikslu v geografskem sistemu priredimo piksel v spektralnem na mestu, ki ga določajo njegove odbojnosti oziroma sive vrednosti v posameznem kanalu.

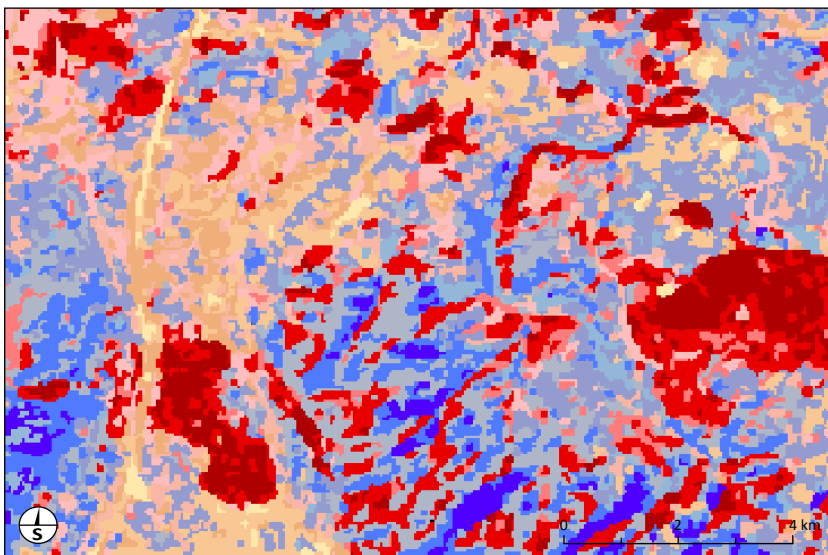
Celotna klasifikacija pravzaprav poteka v spektralnem prostoru, šele rezultati se zapišejo z upoštevanjem geografskih koordinat (Oštir 2006, 177).

4.4 Nenadzorovana klasifikacija

Pri nenadzorovani klasifikaciji piksele razporedimo v razrede glede na njihovo naravno združevanje v spektralnem prostoru. Osnovna ideja, ki jo uporabljamo, je, da so vrednosti enake pokrovnosti (ali podobni predmeti) blizu skupaj v spektralnem prostoru, vrednosti različnih tipov pokrovnosti pa so daleč narazen. To je sicer nekoliko idealizirano, saj vedno pride do določenega prekrivanja razredov in je zato ločevanje precej težavno, poleg tega pa je posamezni informacijski razred

pogosto sestavljen iz več spektralnih. Informacijski razredi so tiste kategorije, ki jih skušamo na podobah prepoznati, recimo različne vrste poljščin, vrste gozdov, geološke strukture in podobno. Spektralni razredi pa so skupine podobnih pikselov, glede na njihove sive vrednosti v posameznih spektralnih kanalih. Glavni namen pri klasifikaciji je iskanje povezave med spektralnimi in informacijskimi razredi. Pri tem je le redko mogoče dobiti povezavo enega spektralnega razreda z enim informacijskim. Pogosto obstajajo spektralni razredi, ki ne ustrezajo nobenemu informacijskemu razredu, po drugi strani pa širokemu informacijskemu razredu pripada večje število spektralnih razredov. V gozdu, na primer, se spektralni razredi ločijo po starosti, vrsti in gostoti dreves, pa tudi osvetljenosti in tako dalje (Oštir 2006, 178).

Za nenadzorovano klasifikacijo lahko torej rečemo, da najprej z upoštevanjem številčnih vrednosti podatkov določimo spektralne razrede, ki jim v nadaljevanju priredimo informacijske razrede (Oštir 2006, 178).



Slika 12: Nenadzorovana klasifikacija na 20 razredov. Območje med Divačo in Kozino.

Pri nenadzorovani klasifikaciji - za razliko od nadzorovane - ne potrebujemo obsežnega predhodnega znanja o površju oziroma, bolje rečeno, znanje, ki ga potrebujemo, je drugačno. Pri postopku nadzorovane klasifikacije je detajlno poznavanje proučevanega območja nujno za določitev reprezentativnih vzorcev

vsakega razreda pred procesom same klasifikacije, pri nenadzorovani klasifikaciji pa znanje o pokrajini potrebujemo za interpretacijo pomena rezultatov klasifikacije (Campbell 1996, 318).

Gručenje ali klastrska analiza je postopek združevanja večrazsežnih podatkov v skupine ali gruče. Pri tem uporabljamo različne matematične algoritme, ki so praviloma računsko precej zahtevni. Razredi, ki jih z gručenjem dobimo, so spektralno sorazmerno homogeni in predstavljajo zaključene celote. Vendar pa ne vemo, kateremu tipu pokrovnosti posamezna gruča ustreza. To določimo s tako imenovanim prepoznavanjem razredov, postopkom, pri katerem izkušen opazovalec ugotovi, kateri razredi se na posnetku nahajajo in jim dodeli ustrezne oznake. Nekaterim razredom ustreza samo ena gruča, drugim, recimo gozdu, pa jih priredimo več (Oštir 2006, 179).

Nenadzorovano klasifikacijo smo uporabili za začetno pridobivanje osnovnega znanja o »obnašanju«, to je naravni razporeditvi vzorcev. Posamezna testna območja smo klasificirali na 20 razredov (slika 12). Tako klasificirana območja smo uporabili pri določevanju homogenih površin za opredeljevanje vzorcev nadzorovane klasifikacije.

4.5 Nadzorovana klasifikacija

Pri nadzorovani klasifikaciji za ustvarjanje spektralnih vzorcev uporabimo svoje poznavanje zemeljskega površja. Na nek način računalnik »naučimo«, kaj je recimo voda in kaj trava, nato pa ta svoje znanje prenese na celoten posnetek. Postopek nadzorovane klasifikacije v grobem razdelimo na tri dele:

- ustvarjanje in urejanje vzorcev,
- razvrstitev v razrede ter
- analiza natančnosti in predstavitev rezultatov.

4.6 Nabor vzorcev za nadzorovano klasifikacijo in njegovo prečiščevanje

Prvi in najpomembnejši korak pri nadzorovani klasifikaciji je izbira vzorcev. Operater praviloma na računalniškem zaslonu označi območja, kjer ve, da se nahaja določen tip površja. Program za obdelavo posnetkov nato izračuna spektralni podpis tipa pokrovnosti. Ta običajno obsega povprečne, največje in najmanjše vrednosti, standardne odklone in podobno v vseh kanalih, ki jih imamo na

razpolago (kanali satelitskega posnetka in dodatni sloji npr. DMV). Za vsakega izmed razredov je treba izbrati dobre, to je homogene in dovolj velike učne vzorce. Slednje običajno določamo glede na poznavanje površja, pa tudi s primerjavo topografskih in različnih tematskih kart. Posebno pozornost je treba posvetiti njihovi homogenosti, zato je smiselno postopek iterativno ponavljati in neprimerne vzorce izločevati. Pomembno je tudi, da so vzorci reprezentativni, torej da dobro predstavljajo iskane kategorije.

Pri tem se soočamo z nekaterimi težavami, saj na spektralni odziv ne vplivajo le same lastnosti objektov, pač pa tudi drugi dejavniki. Delimo jih na časovne in prostorske. Časovni so tisti, ki spreminjajo spektralne lastnosti skozi čas. Na primer, spektralne lastnosti rastlin se skozi rastno dobo konstantno spreminjajo. Te spremembe pogosto vplivajo na to, kdaj bomo zbirali podatke za določeno aplikacijo.

Preglednica 3: Število vzorcev po kategorijah, kvadrantih in posnetkih.

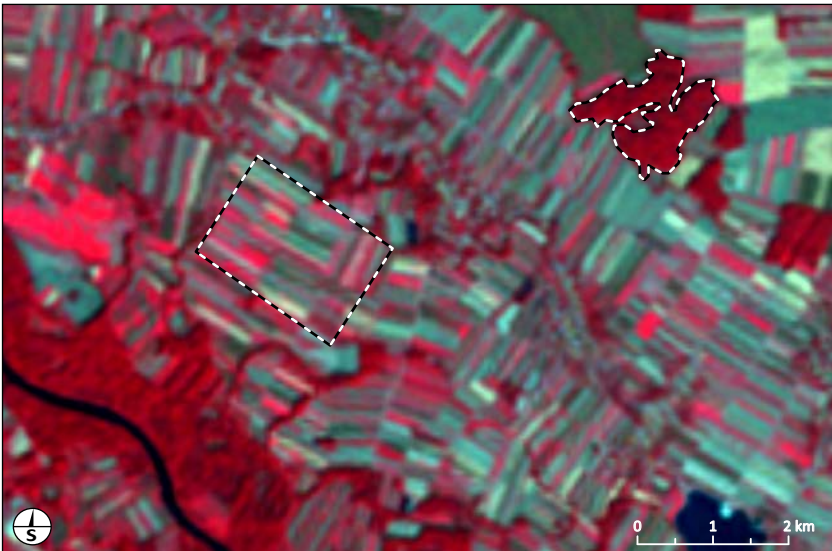
leto posnetka	kvadrant	1992		1999		2000			
		1.	1.	2.	2.	3.	4.	5.	6.
razred									
gozd		14	14	11	11	25	17	19	11
grmičevje in zaraščanje		1	1	4	3	3	3	3	2
ekstenzivna travniška raba		8	8	7	7	13	8	6	3
intenzivna kmetijska raba		3	3	8	8	14	15	19	18
pozidana zemljišča		5	6	6	6	18	13	14	7
voda		3	4	4	3	4	4	9	7
odprto		3	2	ni bilo zajeto kot vzorec					
skupaj		37	38	40	38	77	60	70	48

Prostorski dejavniki vplivajo na spremembo spektralnega podpisa istega objekta (npr. koruze) v istem času na različnih geografskih lokacijah. Ko analiziramo satelitske podatke, so lahko objekti, ki jih proučujemo, stotine kilometrov narazen in tako izpostavljeni popolnoma drugačnim prstem, podnebnju in obdelovalnim tehnikam. Časovni in prostorski dejavniki vplivajo na tako rekoč vse operacije z daljnjsko zaznanimi podatki in navadno otežijo analizo lastnosti spektralnih podpisov objektov na zemeljskem površju (Lillesand in Kiefer 1994, 21).

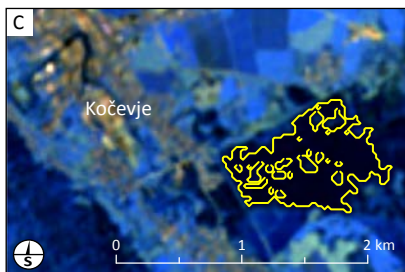
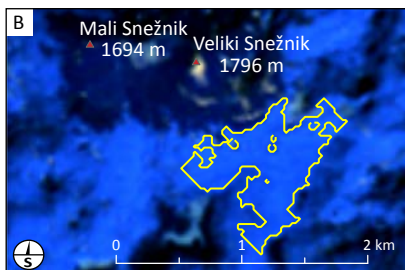
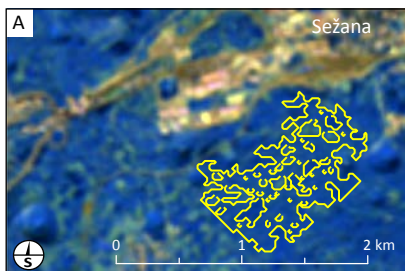
V našem primeru je vpliv časovnih dejavnikov opaziti, kjer sta časa snemanja satelitskih posnetkov in ortofoto posnetkov iz različnih obdobj, vmes pa je prišlo do sprememb pokrovnosti (npr. zaradi gradnje avtocest), pa tudi zaradi kmetijskega ravnanja z zemljišči, npr. kolobarjenja. Vpliv prostorskih dejavnikov je

močan predvsem na posnetku iz leta 1999, o čemer bomo podrobneje govorili v poglavju o klasifikaciji posameznih kategorij pokrovnosti.

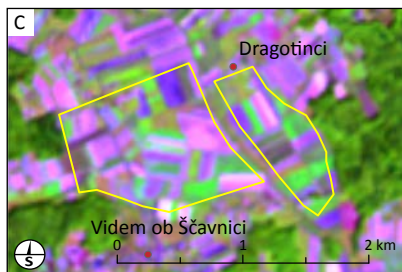
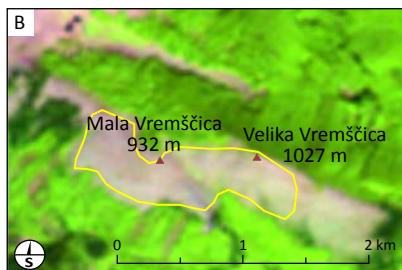
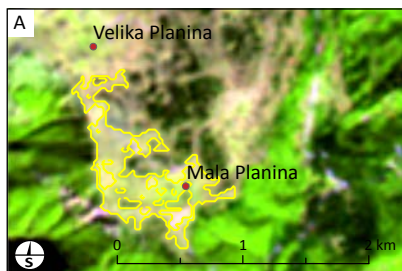
Zaradi zgoraj omenjenih vzrokov smo učne vzorce izbirali za vsak kvadrant posebej, enake smo uporabili le na nekaterih območjih prekrivanja. Ponovni nabor je bil potreben ločeno tudi za vsak satelitski posnetek. Meje vzorcev smo določili z »ročnim« označevanjem posameznih kategorij, v večji meri pa s t.i. samodejno tehniko iskanja sorodnih sosednjih pikselov (angl. region growing). Pri tej označimo piksel, za katerega vemo, kakšno rabo tal ima, nato program sam izračuna ali so mu sosednji še dovolj podobni, da jih priključi k vzorcu. To ponavlja, dokler ne najde več nobenega podobnega sosednjega piksla ali dokler vzorec ne doseže določene maksimalne velikosti (npr. 1000 pikselov čemur v našem primeru ustreza površina 62,5 ha). Podobnost se računa glede na maksimalno še dovoljeno (uporabniško določeno) spektralno evklidsko razdaljo od vrednosti začetnega piksla. Osnovna in najpomembnejša razlika med obema tehnikama omejevanja je v tem, da so pri samodejni tehniki vzorci lahko bolj homogeni, medtem ko lahko ročno zajamemo tudi »sestavljene« razrede (slika 13).



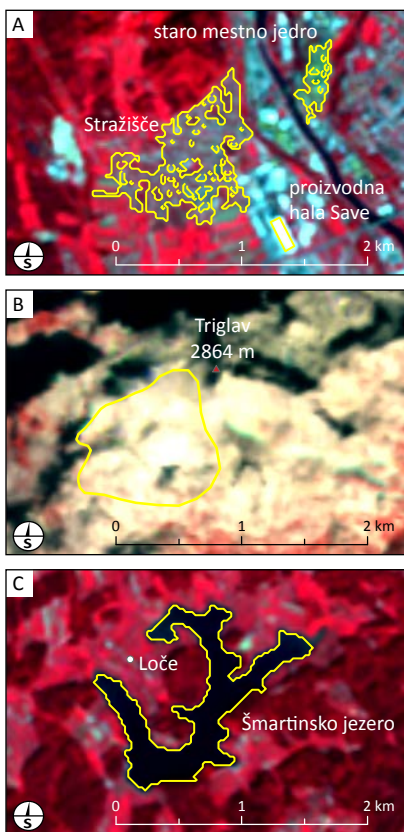
Slika 13: Ročno omejeno območje intenzivne kmetijske rabe (pravokotno) in samodejno omejeno območje gozda (nepravilno oblikovano). Okolica Murskih Črncev (kanali 4, 3, 2).



Slika 14: Primeri učnih vzorcev (označeni z rumeno) za grmičevje južno od Sežane (A) (rdeča črta je državna meja), listnati gozd na južnem pobočju Snežnika (B) in iglasti gozd jugovzhodno od Kočevja (C). Kombinacija infrardečih kanalov 7, 5 in 4. V tej kombinaciji kanalov je grmičevje rumenkasto modro, zdrav listnati gozd živo svetlo moder, iglasti gozd temno moder, pozidana in sorodna zemljišča pa so oranžna do živo rumena.



Slika 15: Primera vzorcev (označeni z rumeno) za ekstenzivno travniško rabo med Veliko in Malo Planino v Kamniško-Savinjskih Alpah (A) in na pobočju Vremščice (B). Raznolikost intenzivne kmetijske rabe, kot tudi drobnoposestniška struktura sta lepo vidni na delu slike C. Kombinacija kanalov 5, 4 in 3.



Slika 16: Primeri vzorcev (označeni z rumeno) za pozidana in sorodna zemljišča v Kranju (A), odprto (skalovje) pod Triglavom (B) in vode v Šmartinskem jezeru, severno od Celja (C). Kombinacija kanalov 4, 3 in 2.

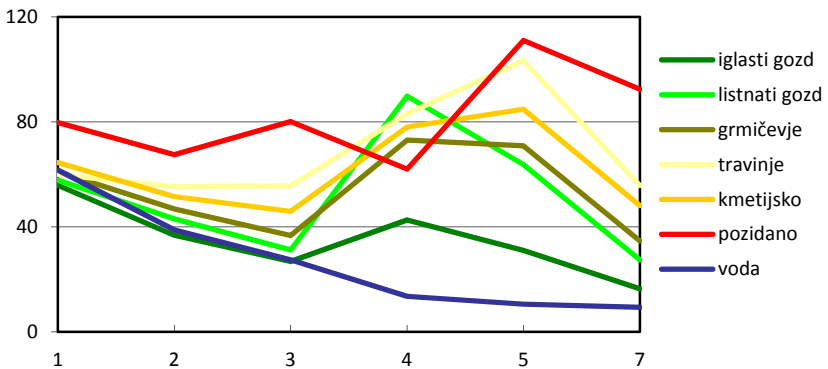
Za vsako kategorijo smo izbrali več učnih vzorcev. Tako smo za kategorijo grmičevje in zaraščanje tipično omejili tri vzorce na kvadrant, za iglasti in listnati gozd ter kmetijsko ali pozidana zemljišča pa tudi do 19 vzorcev. Število vzorcev in razmerja med števili za posamezne kategorije so po kvadrantih različni (preglednica 3). Informacijske kategorije smo namreč skušali zaobseči kolikor je mogoče podrobno, za kar je potrebno različno število spektralnih razredov in s tem vzorcev.

Pri omejevanju vzorcev smo se naslonili predvsem na digitalne ortofoto posnetke, v veliko pomoč je bil še vektorski sloj dejanske rabe tal izdelan na Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP). Vzorce gozda smo zaradi zelo različnega spektralnega podpisa omejevali posebej za iglasti in listnati gozd. Pri grmičevju in zaraščanju sta bila vodilo videz rasti na ortofoto posnetku ter ločevanje na podlagi kombinacije 7., 5. in 4. kanala satelitskega posnetka. V obzir smo vzeli tudi območja, ki so na karti rabe tal MGKP označena kot zemljišča v zaraščanju.

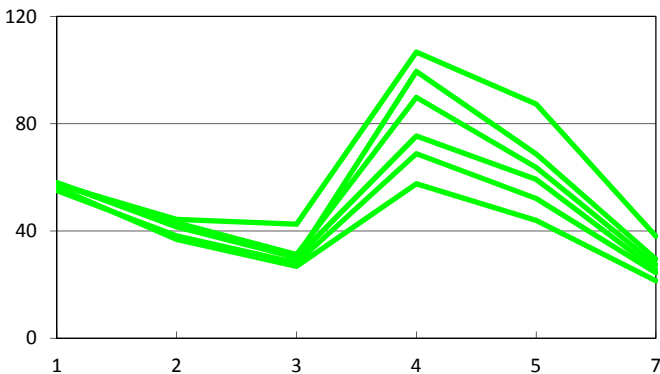
Vzorce za ekstenzivno travniško rabo smo iskali na dva načina. Najprej smo jih določili v visokogorju, nato še na podlagi karte dejanske rabe tal MGKP.

Tudi vzorce za intenzivno kmetijsko rabo smo omejili na podlagi karte rabe tal MGKP. V vzorce smo vključili njivska

zemljišča, hmeljišča, vinograde, kot tudi oljčni nasad in intenzivni travnik. Zaradi lažjega ločevanja preoranih njiv oziroma drugih zemljišč z razkrito prstjo od pozidanih zemljišč, smo določiti nekaj vzorcev tudi teh. Struktura vzorcev se pri tej kategoriji najbolj razlikuje med kvadranti, saj je kmetijska raba drugačna in od naravnih dejavnikov najbolj odvisna v različnih delih Slovenije. Tako npr. vzorcev za vinograd nismo omejili v prvem in tretjem kvadrantu, vzorec za oljčni nasad smo omejili le v drugem in podobno.



Slika 17: Grafična predstavitev digitalnih vrednosti (spektralnih odbojev) izbranih vzorcev različnih kategorij. Posnetek iz leta 2000.



Slika 18: Grafična predstavitev digitalnih vrednosti (spektralnih odbojev) vzorcev listnatega gozda. Iz grafikona je lepo razbrati variabilnost odbojev, še zlasti v 4. in 5. kanalu. Posnetek iz leta 2000.

Vzorci za pozidana in sorodna zemljišča smo omejili glede na tri kategorije. V prvi smo izločili vzorce gosto pozidanih urbanih zemljišč npr. starih mestnih jeder in blokovskih sosesk, v drugi industrijska območja in v tretji manj gosto pozidana zemljišča npr. soseske enodružinskih hiš in vasi. V prvem kvadrantu smo vzeli še nekaj vzorcev skalovja gorskih vrhov. Čeprav ti vzorci dejansko predstavljajo kategorijo odprto, se v spektralnem podpisu le malo ločijo od pozidanih zemljišč, zato smo jih ločili v poklasifikaciji.

Za vodo smo določili le malo vzorcev, saj smo kategorijo voda dodali iz vektorskih podatkov.

Za preverjanje kakovosti vzorcev je na voljo več vrst analiz. V glavnem smo se oprli na grafično predstavitev spektralnih odbojev vzorcev, analizo ločljivosti vzorcev, prekrivanje v spektralnem prostoru, samoklasifikacijo in testno klasifikacijo manjših območij.

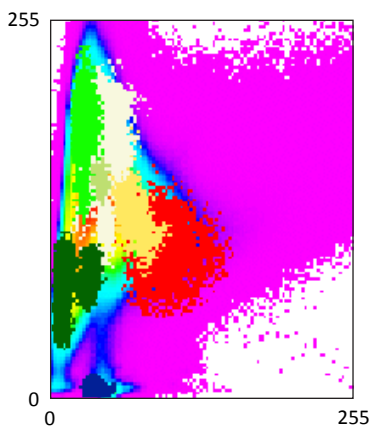
Grafična predstavitev spektralnih odbojev vzorcev (slika 17) lepo prikaže ločevanje med nekaterimi skupinami vzorcev, predvsem v določenih kanalih (npr. vode od ostalih v 4., 5. in 7. kanalu). S ponazoritvijo v spektralnem prostoru (slika 18) se da ugotoviti prekrivanje vzorcev in izločiti dele spektrov, ki še ne pripadajo nobenemu vzorcu.

Analiza ločljivosti pokaže, kako se posamezni vzorci ločijo med seboj. Pri interpretaciji je treba biti previden, saj ni dovolj, da se določena kategorija dobro loči od drugih, pač pa si morajo biti tudi vzorci iste kategorije do določene mere različni, saj vemo, da obstajajo različne vrste npr. listnatega gozda. Še bolj je to očitno pri kmetijskih zemljiščih, kjer je spektralni podpis zorane njive veliko bolj podoben pozidanim zemljiščem kot npr. pšenici.

Običajno je pričakovati, da bo celotno območje učnega vzorca pripadlo temu vzorcu. Vendar so učni vzorci le redko tako homogeni. S pomočjo samoklasifikacije lahko izločimo vzorce, ki so že vsebovani v drugih. Pri tem postopku učne vzorce klasificiramo v razrede, s pridobljenega tabelaričnega izpisa pa lahko razberemo kolikšen del posameznega učnega vzorca je bil pripisan določenemu razredu.

Zadnja stopnja v preverjanju vzorcev je klasifikacija testnih območij. Z njeno pomočjo spoznamo kako se klasifikacija dejansko »obnaša«. Kljub uporabi vseh prej naštetih metod namreč ne moremo povsem izključiti možnosti, da določen razred npr. grmičevja ne bo »povozil« precejšnjega dela gozda ali kmetijskih zemljišč. Šele testna območja torej pokažejo, kateri in kolikšen del ozemlja pripade posameznim

učnim vzorcem. Za testna območja smo uporabili celotne kvadrante, saj njihova velikost ni prevelika in smo zato kakovost lahko preverjali na celotnem območju.



Slika 19: Ponazoritev izbranih učnih vzorcev v spektralnem prostoru (kombinacija 1. in 4. kanala).

5 Klasificiranje posameznih kategorij pokrovnosti

Pikselska klasifikacija digitalnih posnetkov je proces določevanja razredov posameznim pikslom. Vsak piksel obravnavamo kot individualno enoto, sestavljeno iz vrednosti v večih spektralnih kanalih. Z medsebojno primerjavo in primerjavo s tistimi, ki imajo znano identiteto, lahko združimo skupine podobnih pikslov v razrede, ki se ujemajo z informacijskimi razredi, zanimivimi za uporabnika (Campbell 1996, 313). Pri klasifikaciji oziroma razporeditvi v razrede torej vsak piksel na sliki primerjamo s poznanimi podpisi. Primerjavo naredimo v vseh kanalih in z vsemi podpisi. Pri tem lahko uporabimo več različnih primerjalnih oziroma klasifikacijskih algoritmov, na primer metodo najmanjše razdalje, paralelepipedno metodo ali metodo največje verjetnosti. V izhodni tematski sloj zapišemo vrednost razreda, ki je pri danih vhodnih podatkih najverjetnejši. Kakovost same klasifikacije je močno odvisna od uporabljenega algoritma (Oštir 2006, 180).

Po naravi razredi, ki jih skušamo klasificirati, izkazujejo variacije v spektralnem vzorcu, dodatna spremenljivost pa je povzročena zaradi vpliva meglic, topografskih senc, systemskega šuma in mešanih pikslov. Rezultat tega je, da daljinsko zaznane podobe le redko beležijo spektralno čiste razrede; tipično prikazujejo niz svetlosti v vsakem kanalu. Največkrat zato spektralnega prostora ne moremo povsem jasno razdeliti med zelene razrede. V takem primeru potrebujemo klasifikacijski algoritem, ki upošteva relativne verjetnosti pripadanja pikslov določenemu razredu. Takšen algoritem je metoda največje verjetnosti, ki upošteva verjetnost pri klasifikaciji pikslov glede na vhodne podatke vzorčnih območij. Metoda največje verjetnosti pri razvrščanju pikslov v razrede upošteva tako povprečja kot tudi variance in korelacije med njimi. Pri tem predvideva, da so piksli v spektralnem prostoru razporejeni normalno (Gaussovo). V omenjenem prostoru pravzaprav ustvari elipsoidne ploskve enake verjetnosti (v dveh razsežnostih gre za običajno elipso). Klasifikacija je v tem primeru precej bolj točna kot pri metodi najmanjših razdalj in paralelepipedni metodi, je pa seveda računsko mnogo zahtevnejša. Prav tako je mnogo bolj kot ostale metode občutljiva na izbiro in kakovost učnih vzorcev (Campbell 1996, 338–339). Menimo, da imajo njene dobre lastnosti

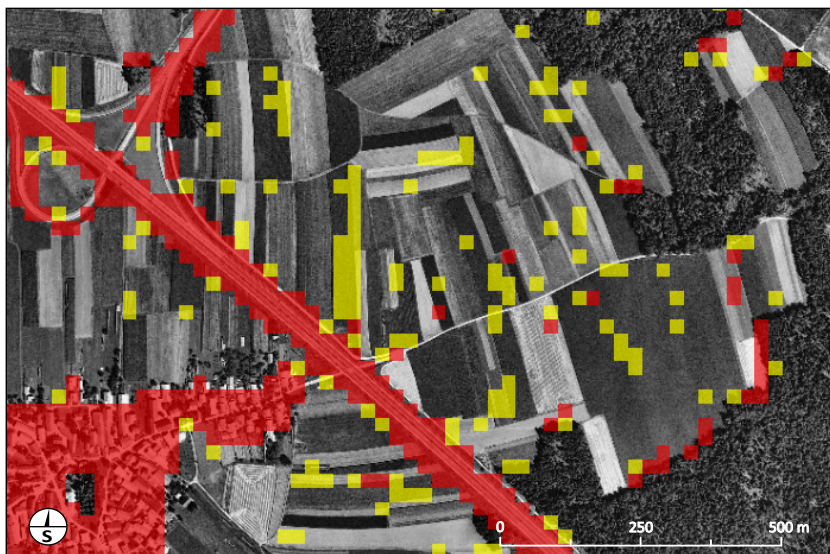
bistveno prednost pred slabimi. Še posebej je pomembno, da so se z napredkom računalniške tehnologije zmanjšali računski časi, ki so nekdanje predstavljali glavno oviro. Zato smo omenjeni algoritmi izbrani kot glavni klasifikator.

Klasificirali smo vsak kvadrant posebej, v nadaljevanju pa sledi opis klasifikacije za vse kvadrante, razen kjer je zaradi specifičnosti posebej omenjeno.

S primerjavo rezultata začetne klasifikacije s stanjem na DOF-u smo dobili potrditev, da so, recimo, kot pozidana zemljišča klasificirane tudi zorane njive in druge površine z odkrito prstjo. Težavo smo skušali odpraviti z dodatnimi učnimi vzorci zoranih njiv, vendar to ni bila dobra rešitev, saj je bil sedaj del pozidanih zemljišč klasificiran kot kmetijska zemljišča. Zato smo rezultat skušali izboljšati z uporabo normiranega diferencialnega vegetacijskega indeksa (NDVI), ki ga lahko uporabimo za ločevanje stopenj proizvodnje biomase in kakovosti rastja, kot tudi za identifikacijo spremenljivosti pokrovnosti (Wright in Morrice 1997, 3820). NDVI je količnik med razliko bližnjega infrardečega in rdečega kanala ter njuno vsoto. Pri detektorju Landsat TM to pomeni količnik med razliko četrtega in tretjega kanala ter vsoto četrtega in tretjega kanala.

Sprva smo neuspešno skušali z vizualno analizo NDVI in DOF posnetkov določiti mejo med pozidanimi zemljišči in njivam. Zato smo izračunan NDVI kot poseben sloj dodali šestim spektralnim kanalom. Pred tem ga je bilo treba nekoliko spremeniti, saj ima NDVI teoretične vrednosti med -1 in 1, torej zapisane kot realna števila s štirimi bajti. Tako bi morali vsem kanalom spremeniti tip podatkov iz eno bajtnega (8-bitnega) v štiri bajtnega, pri čemer bi se njihova količina večkratno povečala. Surovim vrednostim NDVI smo zato prišteli 1 in jih pomnožili s 127 ter tako dobili vrednosti med 0 in 255, kar je omogočilo zapis v 8-bitnem načinu. Klasifikacije s pomočjo NDVI smo se lotili z manjšimi zadržki, saj je primerna predvsem takrat, ko so bile proučevane podobe zajete na začetku rastne dobe rastlin (april, maj). Kasneje imajo namreč veliko večji vpliv odkloni, ki se pojavijo zaradi upravljanja z zemljišči, kot sta paša in pomanjkljiva paša (angl. undergrazing) oziroma puščanje rasti za seno ali silažo. Interpretacija vrednosti NDVI v pozni rastni dobi lahko torej zahteva precej natančno lokalno poznavanje kmetijskih navad (Wright in Morrice 1997, 3816). Naj spomnimo, da so bili v tem delu proučevani posnetki zajeti v poznem poletju. Rezultati so nas kljub temu presenetili, saj ne le, da se kakovost klasificirane podobe ni bistveno izboljšala, temveč se je celo zelo poslabšala. Zato smo poskusili še enkrat s klasifikacijo le na podlagi NDVI. Rezultat je potrdil skrb, da v našem primeru NDVI ne vpliva na kakovost klasifikacije v pozitivnem smislu. Nerastje, torej pozidane površine in

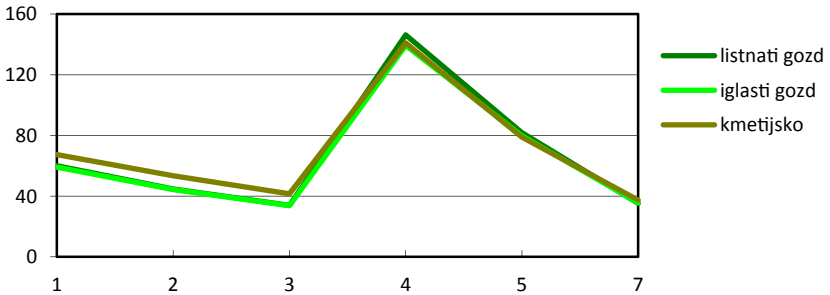
voda, je bila klasificirana še najbolje, četudi ta zelo slabo. Pri ostalih kategorijah se je omenjeni postopek izkazal za povsem neuporabnega, zato smo se odločili za drugačen pristop. Uporabili smo mehko (angl. fuzzy) klasifikacijo v dva razreda, pri čemer smo dobili sliko pokrovnosti z dvema slojema. V prvem je vsakemu pikslu pripisan najbolj verjeten razred pokrovnosti in v drugem naslednji najbolj verjeten razred. Pozidanim zemljiščem, ki so bila v drugem sloju mehke klasifikacije označena kot katerakoli druga kategorija, smo spremenili atribut v slednjo (slika 20). Vendar tudi to omenjenega problema ni v celoti odpravilo.



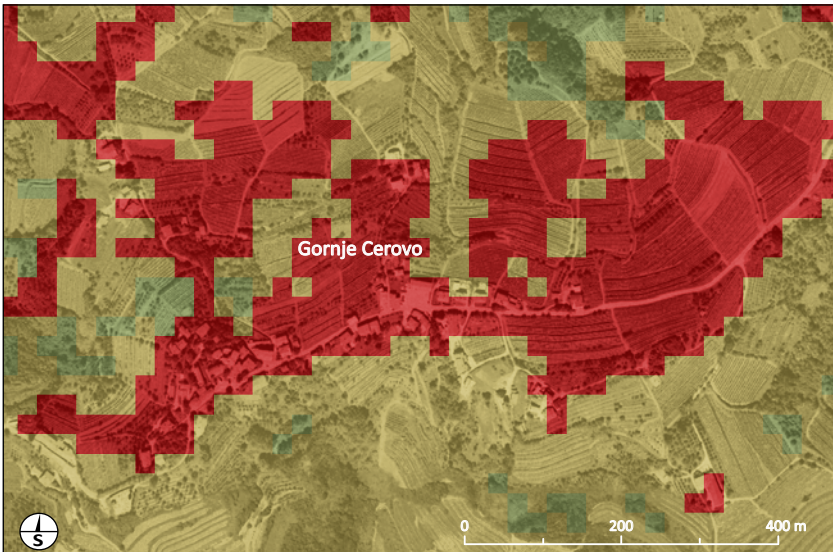
Slika 20: Preklasifikacija pozidanih površin, ki so bile v prvem krogu mehke (fuzzy) klasifikacije uvrščene k pozidanim, v drugi pa k zemljiščem katere druge kategorije (rumeno). Rdeči piksli predstavljajo območja, ki so bila v obeh krogih klasificirana kot pozidana. Podlaga je DOF. Na sliki so Voglje in del gorenjske avtoceste.

Težave so se pojavile pri klasifikaciji posnetka iz leta 1999 (191/28) na območju prvega in drugega kvadranta. Posnetek namreč zelo slabo loči intenzivno kmetijsko rabo in listnati gozd (slika 21). Območja, ki so nedvoumno kmetijska (slika 25 A) imajo zelo podoben spektralni podpis kot gozd (slika 25 B). Zato smo morali biti pri izbiri učnih vzorcev še posebej previdni, potrebno pa je bilo tudi mnogokratno preverjanje klasifikacije. Težave pri klasifikaciji so bile najbolj opazne v SZ delu Trnovskega gozda, na Kambreškem in Z delu Idrijskega hribovja, vendar smo jih dokaj uspešno odpravili s kombinacijo klasifikacij iz različnih kvadrantov, to je z

mozaičenjem. Še bolj uspešno bi se omenjenega problema lotili s klasifikacijo manjših enot npr. pokrajinskoekoloških enot, vendar smo se tej možnosti zavestno odpovedali, saj bi s tem izgubili konsistentnost na ravni klasifikacije celotne Slovenije. Zaradi tega največ izgubijo nekatere regije z zelo specifično rabo tal, ki zahtevajo individualno obravnavo. Najbolj opazno je to pri Goriških Brdih z velikim deležem sadovnjakov in predvsem vinogradov (slika 22).



Slika 21: Zelo podobni spektralni odboji gozda in kmetijskih zemljišč na posnetku zahodne Slovenije (1999, 191/28).



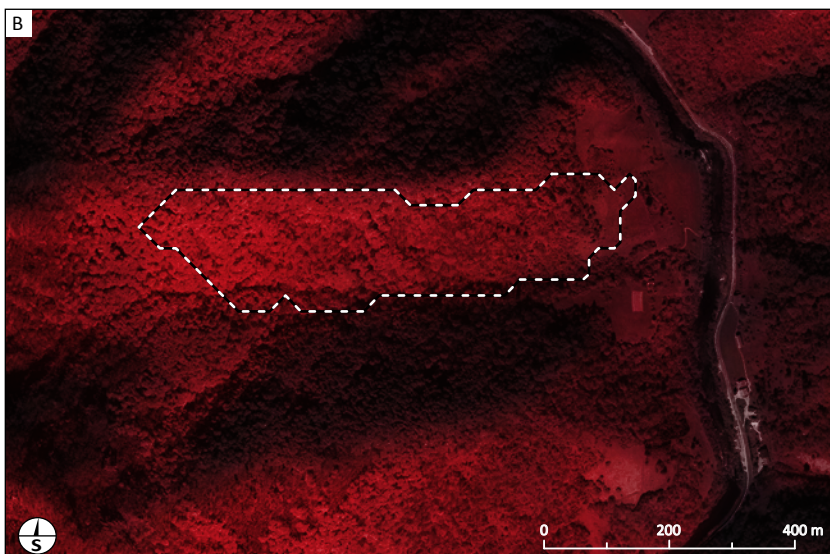
Slika 22: Napačna klasifikacija vinogradniških območij, zlasti če so vinogradi že rigolani. Okolica vasi Gornje Cerovo v Goriških Brdih. Sloj pokrovnosti je deloma prosojen, podlaga je DOF.



Slika 23: Med glavne značilnosti slovenskih pokrajin sodi velika spremenljivost rabe tal, ki na kratke razdalje prehaja iz ene kategorije v drugo. Hkrati je raba marsikje mešana. Na fotografiji je vinograd z vmesnim travnikom in grmičevjem ter gozdom v bližini Podgriča v Vipavski dolini. Foto: Žiga Kokalj.

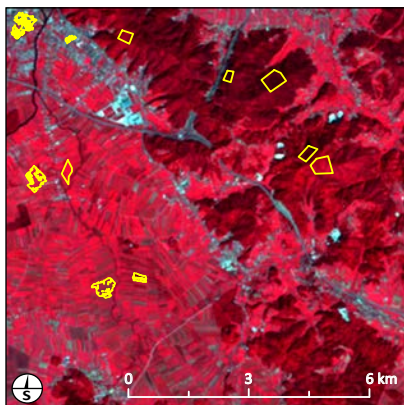


Slika 24: Za številne pokrajine Slovenije je zaraščanje ena najbolj opaznih lastnosti. S klasifikacijo satelitskih posnetkov lahko pojav podrobno opazujemo, vendar je pri analizi rezultatov potrebna posebna previdnost, saj je včasih težavno ločevanje med grmičevjem, redkim gozdom in nekaterimi tipi kmetijskih zemljišč. Foto: Žiga Kokalj.



Slika 25: Satelitski posnetek (kanali 4, 3, 2) je deloma prosojen, podlaga je DOF. Na sliki A je označen vzorec kmetijskih zemljišč med Srednjo vasjo in Bohinjsko Češnjico v Zgornji bohinjski dolini, na sliki B je vzorec listnatega gozda nad dolino Idrijce, severno od Spodnje Idrije.

Klasifikacijo smo skušali izboljšati z upoštevanjem digitalnega modela višin in iz njega izračunanih naklonov. Kot poseben sloj smo ju dodali šestim spektralnim kanalom, najprej vsakega posebej, nato pa še oba skupaj. Z dobljenimi rezultati nismo bili zadovoljni, saj na podlagi vizualne interpretacije sodimo, da so manj točni kot klasifikacija brez dodanega sloja višin ali naklonov. Za učne vzorce smo uporabili enaka območja, kot pri prvotni klasifikaciji. Klub temu menimo, da je na tem področju potrebna podrobnejša raziskava ter da bi bolj premišljena razpostavitev učnih vzorcev, prilagojena tudi reliefu in predvsem naklonu lahko prinesla obetavnejše rezultate.



Slika 26: Testno območje za analizo klasifikacije združene podobe pankromatskega in večspektralnih kanalov. Z rumeno so označena območja učnih vzorcev. Podlaga je satelitski posnetek (kanali 4, 3, 2).

Kot metodo izboljšanja klasifikacije smo uporabili tudi združevanje večspektralnih kanalov s pankromatskim. Na voljo je veliko število metod združevanja, med najpogosteje uporabljenimi so metoda glavnih komponent, visokoprepustno filtriranje, prilagajanje intenzitete z mehkim glajenjem (angl. smooth filter intensity modulation – SFIM), barvna transformacija IHS (angl. intensity hue saturation colour modulation) in nekatere naprednejše tehnike npr. valčna transformacija in nevronske mreže. Vsaka izmed metod ima svoje posebnosti, vendar jih na tem mestu ne gre podrobneje opisovati. Za analizo uporabnosti v tem delu smo se odločili za prilagajanje intenzitete z mehkim glajenjem, ker omogoča sočasno

združevanje vseh kanalov. Namen združevanja podob je povečanje prostorske ločljivosti ob hkratni ohranitvi pomembnih informacij različnih spektralnih pasov.

Za testno območje smo izbrali kvadrat velikosti 10 km² med Igom, južnim delom Ljubljane in Šmarjem-Sap. Klasificirali smo spojeno podobo pankromatskega in večspektralnih kanalov s prostorsko ločljivostjo 12,5 m in za primerjavo še

nespremenjeno² večspektralno podobo ter večspektralno podobo prevzorčeno z bilinearno interpolacijo na ločljivost 12,5 m. Učne vzorce smo zaradi boljše kakovosti klasifikacije prilagodili testnemu območju. Omejili smo pet vzorcev za gozd, enega za grmičevje, dva za intenzivno kmetijsko rabo, enega za ekstenzivno travniško rabo in dva za pozidana zemljišča (slika 26). Vod nismo klasificirali, prav tako nismo klasificirali z mehкими množicami. Uporabili smo ista učna območja za vse tri podobe. Rezultati so predstavljeni tabelarično (preglednica 4).

Preglednica 4: Površine in deleži testnega klasificiranja združenega posnetka, ter prevzorčenega in originalnega posnetka.

Razred	SFIM 12,5 m		ETM+ 12,5 m		ETM+ 25 m	
	ha	%	ha	%	ha	%
Gozd	3155	31,55	3055	30,55	2988	29,88
Grmičevje in zaraščanje	567	5,67	694	6,94	933	9,33
Ekstenzivna travniška raba	962	9,62	915	9,15	935	9,35
Intenzivna kmetijska raba	3691	36,91	3669	36,69	3459	34,59
Pozidana zemljišča	1625	16,25	1667	16,67	1685	16,85

Opaziti je, da se rezultati ne razlikujejo bistveno. Večja razlika pri klasifikaciji posnetka s povečano ločljivostjo je opazna le pri razredu grmičevje, katerega skupni delež se je zmanjšal za dobrega 3,5 % oziroma relativno kar za 40 %. Sprememba se je zgodila zlasti na račun intenzivne kmetijske rabe in gozda. Podobno, vendar ne tako zelo izrazito, je tudi pri prevzorčenem posnetku. Z vizualno analizo je to mogoče potrditi, zaznati pa je še lepšo oziroma bolj »mehko« omejenost poligonov (slika 27), ki je predvsem posledica povečanja ločljivosti, deloma pa tudi sprememb v spektralnih podpisih posameznih pikslov. Menimo, da so rezultati obetavni, vendar bi bila potrebna poglobljena študija vpliva dodajanja podatkov iz pankromatskega kanala z različnimi tehnikami, saj nekatere na kakovost vplivajo pozitivno in druge negativno (Colditz in dr. 2006). To je tudi eden od dveh glavnih razlogov, da se za izboljšanje kakovosti klasifikacije na tak način nismo odločili za celotno območje. Drugi leži v zelo podaljšanem času računanja, saj se zaradi povečanja prostorske ločljivosti za štiri krat, za toliko poveča tudi obseg podatkov.

² Prostorski ločljivosti 12,5 m in 25 m sta povezani s predhodnim prevzorčenjem pankromatskega in večspektralnih kanalov.



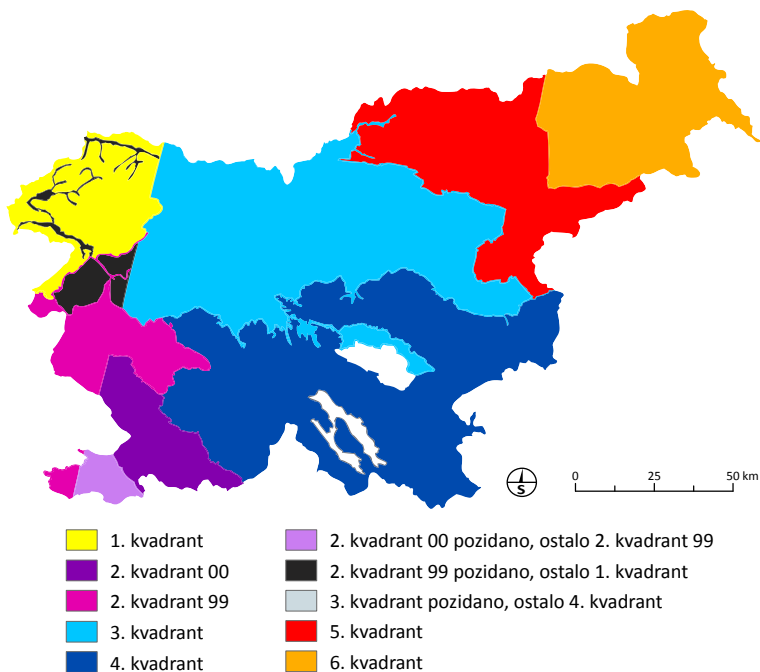
Slika 27: Klasifikacija pokrovnosti na nespremenjenem posnetku (A), prevzorčenem posnetku na ločljivost 12,5 m (B) in prevzorčenem posnetku na 12,5 m z dodajanjem informacij pankromatskega kanala s SFIM transformacijo (C). Ljubljansko barje ob lžanski cesti in lžiči. Sloj pokrovnosti je deloma prosojen, podlaga je DOF.

6 Poklasifikacija

Namen poklasifikacije je odpraviti očitne napake (razvrstitve objektov v napačne razrede) in rezultate ustrezno posplošiti (generalizirati). Očitne napake odpravimo z vizualno kontrolo, terenskim pregledom ali primerjavo z referenčnim virom, če je ta na razpolago (Veljanovski in dr. 2011, 653).

6.1 Mozaičenje

Po končani klasifikaciji smo posamezne kvadrante ponovno »zlepili« v mozaik. Za način mozaičenja so bila glavna vodila vizualno ugotovljena kakovost klasifikacije, starost posnetka in meje pokrajinskoekoloških tipov.



Slika 28: Mozaičenje.

Za meje pri prekrivanju kvadrantov smo v kar največji meri upoštevali meje pokrajinskoekoloških tipov oziroma enot (slika 28). To se najlepše vidi pri tretjem kvadrantu, ki tako vključuje večje kotline (Ljubljansko in Celjsko ter Šaleško dolino), saj je bil v tem kvadrantu tudi poudarek na klasifikaciji ravnin.

Zaradi različne kakovosti klasifikacije pozidanih zemljišč smo ponekod pripisali vrednosti za urbana zemljišča iz drugih kvadrantov. V prvem kvadrantu, kjer je bil poudarek na klasifikaciji visokogorja, so npr. izvete večje doline, saj je bil delež pozidanega v dolinah bistveno previsok, ker so bila vanj zajeta npr. prodišča, zemljišča z manj bujno vegetacijo, kot tudi obrečni gozd. Pozidana zemljišča so bila privzeta še v vzhodnem delu Suhe krajine, dolinskem dnu ob Krki, Ribniško-kočevskem polju, Grčarsko-kočevskoroškem podolju ter delu Koprškega gričevja. Velja pa tudi nasprotno, kot na primer v delu Trnovskega gozda in Idrijskega hribovja, kjer klasifikacija prvega kvadranta bolje prikaže dejansko stanje vegetacije in smo zato za ta del iz drugega kvadranta upoštevali le pozidana zemljišča.

6.2 Preklasifikacija

Z upoštevanjem pomožnih informacij, pridobljenih iz publikacij, kart, statističnih tabel, terenskega dela ali drugih virov, lahko zelo izboljšamo kakovost klasifikacije. Pisno gradivo se lahko nanaša neposredno na opazovano območje oziroma, če takšno gradivo ne obstaja ali ni dosegljivo, tudi na druga, včasih zelo oddaljena a geografsko sorodna območja, s podobnimi ekološkimi, talnimi, podnebnimi, vegetacijskimi in reliefnimi lastnostmi. Pridobljene informacije upoštevamo že med samim procesom klasifikacije, če pa to ni mogoče ali ne prinese pričakovanih rezultatov, tudi v poklasifikaciji v obliki odločitvenega drevesa.

Gozd

Zgornja gozdna meja, ki pove, do katere višine še uspeva sklenjeni gozd, je v julijskih Alpah med 1600 in 1700 m, Kamniško-Savinjskih Alpah med 1700 in 1800 m in Karavankah celo 1800 in 1900 m, na Snežniku pa komaj nekaj nad 1500 m (Perko in dr. 1998, 84; Lovrenčak 2007). Za zgornjo gozdno mejo smo privzeli višino 1800 m. Območjem klasificiranim kot gozd, ki ležijo med 1800 in 1900 m ter imajo nagib manjši od 45° smo atribut spremenili v grmičevje in zaraščanje (ruševje), tistim nad 1900 m pa v odprto (skalovje). Kot dodatni kriterij smo vzeli višino 1700 m in nagib večji od 45°, ki z ekstremnimi razmerami prav tako ne omogočata obširnejše rasti gozda. Gozdnatim zemljiščem, ki so više in bolj strma, smo pripisali atribut odprto (skalovje).

Intenzivna kmetijska raba

Višino kmetijske rabe tal, razen pašnikov in košenic, smo določili s pomočjo Gamsove študije višinskih meja (Gams 1960). Zgornjo mejo njivskih kultur navadno predstavljata krompir ter ozimina, pšenica na karbonatnih tleh in na silikatih rž. Gams je zgornjo mejo gojenja ozimine ugotovil na višini med 1000 in 1200 m v povirju Meže, 950 in 1000 m v Selški dolini, do med 850 in 950 m na Trnovskem gozdu. To so najvišje lege gojenja in uspevanja ozimine. Meja pada od teh območij proti morju in Panonski nižini. Višinska meja koruze, kot ene naših najpomembnejših kultur, je pri 800 m (Perko in dr. 1998, 84).

Vrišer (Vrišer 1995, 37) ugotavlja, da bi morala biti pobočja z naklonom večjim od 11° zatravljena, vendar je to preveč posplošena trditev, primernejša v svetovnem merilu. Bolj primerno delitev po naklonskih razredih podaja Kladnik (1999a, 124–125). Do 5° nagiba ni nobenih omejitev za pridelovanje kakršnekoli kmetijske kulture, na pobočjih z nagibom med 6° in 10° se negativni učinki pokažejo le pri pridelovanju okopavin, pri naklonu med 11 in 16° se pokažejo negativni učinki pri pridelovanju vseh poljščin, gojitev okopavin pa je že problematična, na pobočjih z nagibom med 17 in 22° pridelovanje okopavin gospodarsko ni več utemeljeno, medtem ko je pridelovanje žit in krmnih rastlin z omejitvami še mogoče, pojavijo pa se tudi omejitve pri intenzivnem travnem gospodarstvu. V strminah nad 22° pridelovanje poljščin in intenzivno travno gospodarstvo nista več gospodarna, so pa tja do 40° ali 45° še možnosti za pašno živinorejo, na blažjih pobočjih predvsem za govedorejo, na bolj strmih pa za ovčerejo.

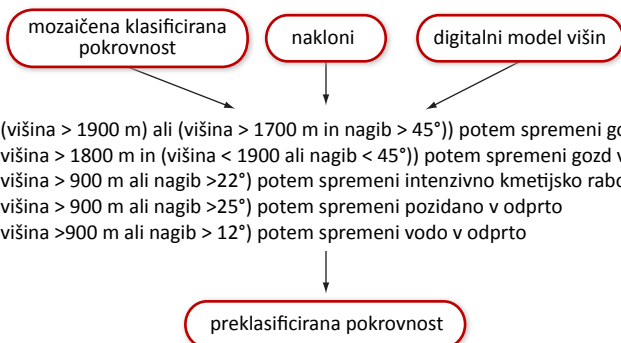
Za zgornjo mejo intenzivnega kmetijstva smo postavili višino 900 m nad morjem, kot mejni nagib pobočij pa 22°. Kjer je višje in bolj strmo smo kategorijo intenzivne kmetijske rabe preklasificirali v ekstenzivno travniško rabo.

Pozidana in sorodna zemljišča

Naselij v višinskem pasu med 800 in 900 m je 2,1 %, delež prebivalcev v teh naseljih pa 0,6 %. Na nadmorski višini nad 900 m je 1,1 % naselij in 0,2 % prebivalstva (Krajevni leksikon Slovenije, str. 9). Delež naselij v naklonskem razredu med 20 in 29° je 8,2 s 4,2 % prebivalstva. V višjih naklonskih razredih (z nagibom nad 30°) je le 0,3 % naselij z zanemarljivim številom prebivalstva (Orožen Adamič in dr. 1995, 10). Zgornjo mejo pozidanih in sorodnih zemljišč smo določili pri nadmorski višini 900 m ter, zaradi zelo hitrega padca deleža naselij na večjih naklonih, pri nagibu 25°. Zgornja meja bi bila lahko še pri manjšem nagibu, saj za izračun naklona šteje celotno teritorialno ozemlje naselja. Preklasificiranim območjem smo pripisali atribut odprto (skalovje, neporaščeno).

Voda

Z vizualno analizo smo ugotovili, da so kot voda napačno klasificirane predvsem strme stene v senci v gorah, ki se pojavljajo zlasti v prvem kvadrantu. Območjem z nagibom večjim od 12° in višje od 900 m, smo zato atribut iz vode spremenili v odprto (skalovje).



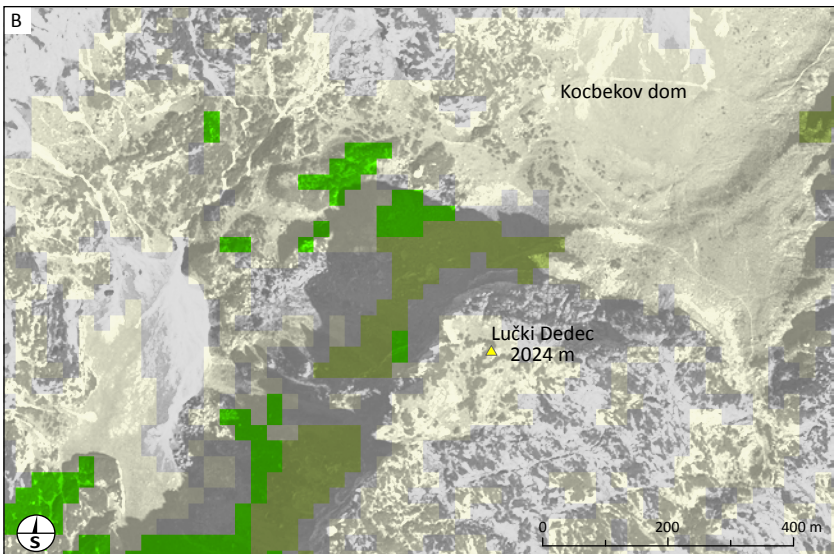
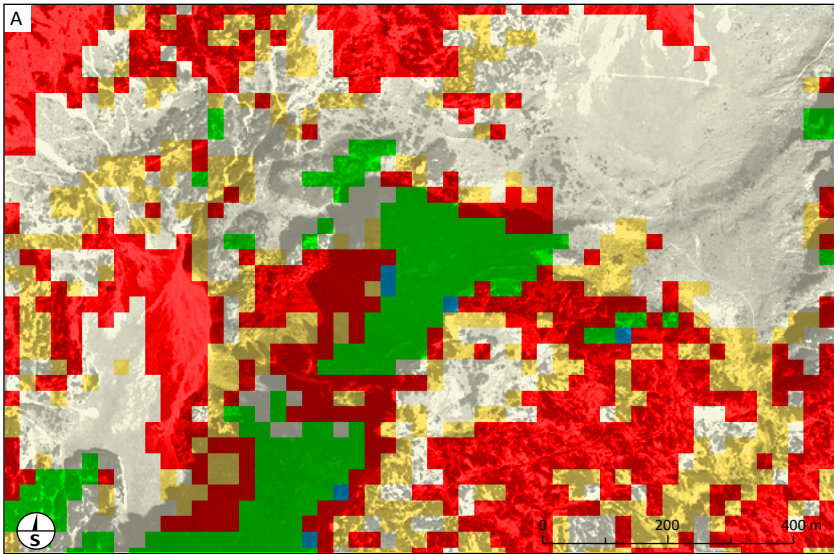
Slika 29: Shema preklasifikacije.

Preglednica 5: Sprememba površine kategorij pri preklasifikaciji (v ha).

Sprememba razreda	Sprememba površine
odprto iz gozda	2030
grmičevje iz gozda	850
odprto iz pozidanih in sorodnih zemljišč	26.930
odprto iz vode	250
ekstenzivna travniška raba iz intenzivne kmetijske rabe	14.630
skupaj	44.690

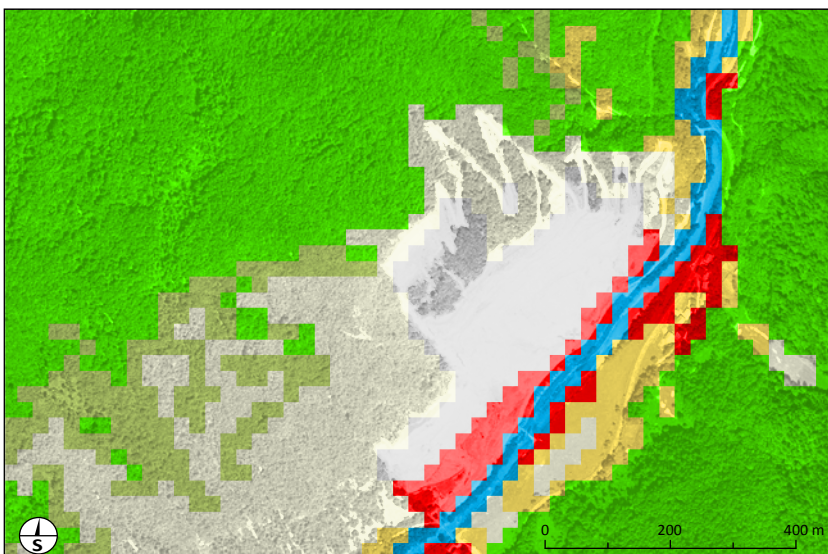
Preglednica 6: Sprememba površine (v ha) in deleža posameznih kategorij po preklasifikaciji.

Razred	Površina pred spremembo	Površina po spremembi	Sprememba	Sprememba (v %)
gozd	1.153.390	1.150.510	-2880	-0,3
grmičevje in zaraščanje	126.880	127.730	850	0,7
ekstenzivna travniška raba	219.970	234.590	14.620	6,7
intenzivna kmetijska raba	426.800	412.170	-14.630	-3,4
pozidana zemljišča	94.190	67.250	-26.940	-28,6
voda	5930	5680	-250	-4,2
odprto	0	29.210	29.210	



Slika 30: Karta pokrovnosti pred (A) in po (B) preklasifikaciji. Okolica Lučkega dedca v Kamniško-Savinjskih Alpah. Sloj pokrovnosti je deloma prosojen, podlaga je DOF.

Z analizo zgornjih preglednic lahko ugotovimo, da se površinsko najbolj poveča kategorija odprto (29.200 ha) in sicer največ na račun pozidanih in sorodnih zemljišč (26.900 ha ali 92,2 %). To je pričakovano, saj je nismo posebej klasificirali, pač pa smo jo nameravali izločiti prav v poklasifikacijskem procesu. Zato tudi največji odstotkovni padec površine pozidanih zemljišč (28,6 %) ne preseneča. Iz gozda so se v odprto preklasificirala predvsem območja na severni, torej senčni strani gorskih grebenov, saj je bila tam njihova klasifikacija najbolj nepravilna. Nekoliko izstopa tudi povečanje zemljišč z ekstenzivno travniško rabo (6,7 %), kar potrjuje težavno razločevanje med kategorijama. Z vizualno analizo smo ugotovili, da je dodatni kriterij nagiba 25° pri preklasifikaciji pozidanih zemljišč vsaj deloma izločil tudi nekatere večje kamnolome (slika 31).



Slika 31: Izločitev kamnoloma v Stahovici pri Kamniku z upoštevanjem nagiba 25°. Zanimiva je deformacija zahodno od kamnoloma, kjer je gozd klasificiran kot travinje, višje, kot grmičevje. Vzrok gre iskati v onesnaženju s prahom iz kamnoloma in posledično spremembo spektralnega odboja. Sloj pokrovnosti je deloma prosojen, podlaga je DOF.



Slika 32: Iz kamnoloma v Stahovici pri Kamniku se dviguje oblak prahu (foto: Žiga Kokalj).

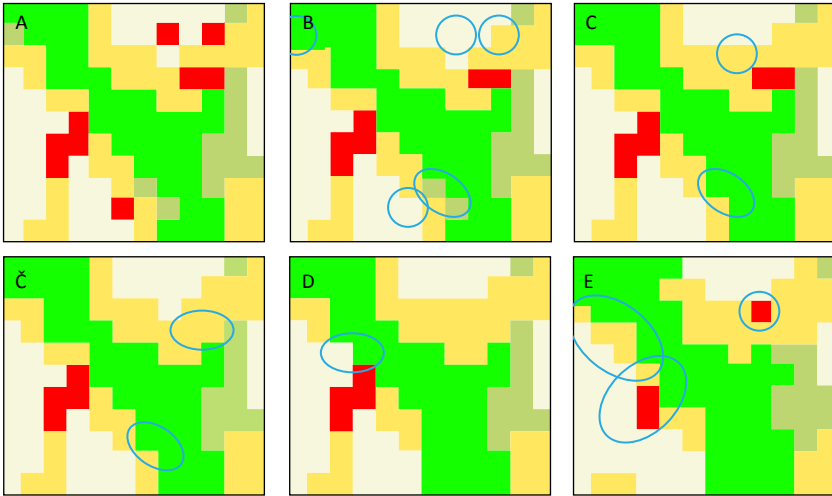
6.3 Filtriranje

Filtriranje se večkrat uporablja za izločevanje motenj ali »šuma« iz podatkov. Kot pri vsaki transformaciji, se tudi pri filtriranju izgubi določen del informacij. Treba je torej poznati njegove prednosti in slabosti, kot tudi lastnosti različnih načinov filtriranja in njihovih kombinacij. Pri poklasifikaciji se pogosto uporabljajo t.i. filtri večine. Uporabljajo se kot tehnika analize okolice, ki kot rezultat poda najbolj pogosto vrednost v določeni okolici. Velikost filtra določi uporabnik, tipično znaša od trikrat tri do sedemkrat sedem pikslov.

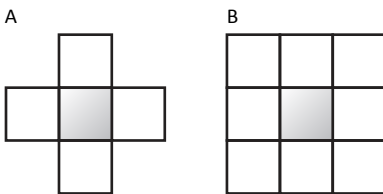
Filtri večine lahko znatno spremenijo vrednosti pikslov, v našem primeru pokrovnosti, predvsem na mejah med razredi, torej tam kjer prihaja do hitrega spreminjanja vrednosti razredov. Takšna situacija pa je v Sloveniji, tudi zaradi velike zemljiškoposestne razdrobljenosti, zelo pogosta. Slika 33 E, prikazuje sliko A, filtrirano s filtrom večine velikosti trikrat tri piksle. Na njej so lepo vidne spremembe mej. Opazna lastnost omenjenega filtriranja je, da območja z določenim razredom delujejo bolj zaključeno, homogeno oziroma kompaktno, kot tudi, da se pri tem ne izognemo posamičnim pikslom.

Odločili smo se, da bomo »klasični« način filtriranja izboljšali. Največ napak se pojavlja pri pikslih oziroma kategorijah, ki nastopajo posamič ali v manjših

»skupinah«, torej tistih, ki nimajo sosedov iste kategorije. Zato smo jih na sledeči način identificirali in nadomestiti z bolj ustreznimi.



Slika 33: Različni načini filtriranja. Slika brez filtriranja (A), izločevanje posamičnih pikselov in nadomeščanje njihovih vrednosti s filtri večine (metoda osmih sosedov (B), metoda štirih sosedov (C), izločevanje skupin pikselov manjših od tri in nadomeščanje njihovih vrednosti s filtri večine (metoda osmih sosedov (Č), metoda štirih sosedov (D), filtriranje celotne slike s filtrom večine velikosti tri krat tri (E). V izogib težavam pri filtriranju robov so slike izrezi večjih podob.



Slika 34: Štirje (A) ali osem (B) sosedov srednjega piksla.

Štirje ali osem sosedov (slika 34). Prva kot sosednje piksele upošteva tudi diagonalne piksele, medtem ko druga le-te izpusti. Na sliki različnih načinov filtriranja (slika 33) sta na sliki B, spodaj, označena piksela olivno zelene barve, ki se na robovih stikata. Prva metoda (B) ju šteje kot skupino dveh pikselov, druga pa kot dve skupini posamičnih pikselov in ju zato izloči (C).

Za identifikacijo območij z najmanjšo sprejemljivo velikostjo smo uporabili funkciji »gručenje« in »presejanje« (Clump in Sieve). Prva označi sklenjena območja istih razredov in druga zatem opredeli območja, ki ustrezajo danim kriterijem najmanjše velikosti. Pri tem sta na voljo dve metodi določanja sosednjih pikselov; metoda osmih ali

Odločili smo se za metodo osmih sosedov, kot najmanjšo velikost pa smo izbrali dva piksla. Filtrirali smo torej le območja enega piksla, kar ustreza 625 m² oziroma 0,06 ha.

Z dobljeno karto izločenih najmanjših območij smo maskirali karto pokrovnosti. Izločenim vrednostim smo morali pripisati nove vrednosti, kar smo storili s filtrom večine velikosti tri krat tri piksele. Filter smo nastavili tako, da je »poiskal« le izločene vrednosti (t.j. vrednosti 0) in jim pripisal vrednost, ki se v njihovi okolici največkrat pojavi, pri čemer pa ta vrednost ni smela biti 0. Tako smo izključili možnost deformacij ob meji, ker se je le-ta lahko premaknila le navzven³, kar pa smo rešili tako, da smo dobljeni sloj ponovno izrezali z masko ozemlja Slovenije.

Preglednica 7 ponazarja povečanje oziroma zmanjšanje površine posameznih kategorij pri filtriranju, kot tudi kolikšen delež pomeni sprememba glede na celotno površino kategorije. Absolutna sprememba pove kolikšna površina oziroma kolikšen del posamezne kategorije je bila udeležena pri filtriranju, torej seštevek površine, ki jo je kategorija »prispevala« in »dobila«. Preglednica 8 brana navpično, pove kolikšno površino in kam so posamezne kategorije »prispevale« svoja območja, torej v katere kategorije so bile prefiltrirane. Ista preglednica brana horizontalno pa pove kolikšno površino je posamezna kategorija »dobila« iz drugih kategorij. Preglednica 9 poda odstotkovne vrednosti »prispevkov«, preglednica 10 pa odstotkovne vrednosti »dobitkov«.

Preglednica 7: Sprememba celotne površine (v ha) in deleža kategorij po filtriranju.

Razred	Sprememba	Sprememba (v %)	Absolutna sprememba	Absolutna sprememba (v %)
gozd	10.780	0,9	14.480	1,3
grmičevje in zaraščanje	-10.350	-8,8	15.070	12,8
ekstenzivna travniška raba	-3170	-1,4	13.820	5,9
intenzivna kmetijska raba	5560	1,3	18.480	4,4
pozidana zemljišča	-2500	-3,9	4150	6,4
voda	50	0,9	160	2,8
odprto	-370	-1,3	790	2,7

³ Meja se je premaknila navzven, ker je filter obmejnimi vrednostim 0, z večinsko okolico določene kategorije, pripisal novo vrednost.

Preglednica 8: Sprememba površine kategorij po filtriranju glede na prvotne kategorije (v ha).

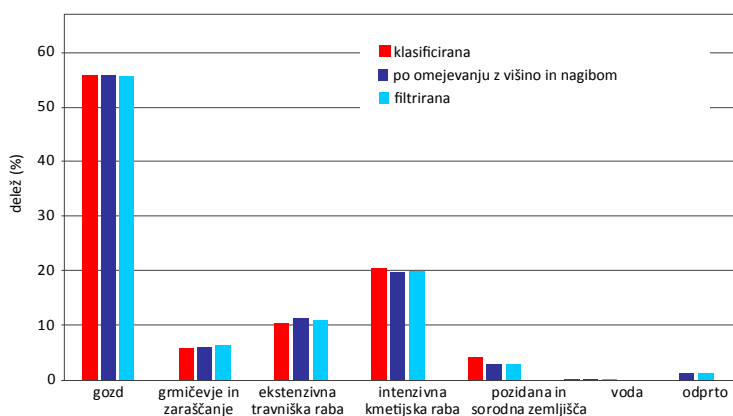
Filtrirano iz	Filtrirano v	Gozd	Grmičevje in zaraščanje	Ekstenzivna travniška raba	Intenzivna kmetijska raba	Pozidana zemljišča	Voda	Odpрто	Skupaj
gozd		0	6925	2391	2575	453	20	264	12.628
grmičevje in zaraščanje		575	0	681	999	89	1	17	2362
ekstenzivna travniška raba		329	1886	0	2444	407	0	262	5328
intenzivna kmetijska raba		866	3797	5010	0	2318	9	20	12.020
pozidana zemljišča		30	62	283	414	0	23	12	824
voda		21	2	0	20	53	0	7	103
odprto		30	38	128	10	3	0	0	209
skupaj		1851	12.710	8493	6462	3323	53	582	33.474

Preglednica 9: Navpična sprememba površine kategorij po filtriranju glede na prvotne kategorije (v %).

Filtrirano iz	Filtrirano v	Gozd	Grmičevje in zaraščanje	Ekstenzivna travniška raba	Intenzivna kmetijska raba	Pozidana zemljišča	Voda	Odpрто
gozd		0,0	54,5	28,2	39,9	13,6	37,3	45,5
grmičevje in zaraščanje		31,0	0,0	8,0	15,5	2,7	1,3	2,8
ekstenzivna travniška raba		17,8	14,8	0,0	37,8	12,3	0,1	45,1
intenzivna kmetijska raba		46,8	29,9	59,0	0,0	69,8	17,4	3,4
pozidana zemljišča		1,6	0,5	3,3	6,4	0,0	43,3	2,0
voda		1,2	0,0	0,0	0,3	1,6	0,0	1,2
odprto		1,6	0,3	1,5	0,2	0,1	0,6	0,0

Preglednica 10: Vodoravna sprememba površine kategorij po filtriranju glede na prvotne kategorije (v %).

Filtrirano iz	1	2	3	4	5	6	7
Filtrirano v							
1 gozd	0	54,8	18,9	20,4	3,6	0,2	2,1
2 grmičevje in zaraščanje	24,3	0	28,9	42,3	3,8	0	0,7
3 ekstenzivna travniška raba	6,2	35,4	0	45,9	7,6	0	4,9
4 intenzivna kmetijska raba	7,2	31,6	41,7	0	19,3	0,1	0,1
5 pozidana zemljišča	3,6	7,6	34,3	50,3	0	2,8	1,4
6 voda	20,5	1,9	0,1	19,2	51,4	0	6,9
7 odprto	14,5	18,1	61	4,7	1,6	0,1	0



Slika 35: Primerjava pokrovnosti po klasifikaciji, po omejevanju z višino in nagibom ter po končanem filtriranju.

S pregledom preglednic lahko izločimo nekaj značilnosti. Odstotkovno so spremembe največje pri kategorijah, ki jih glede na nekatere značilnosti težko ločimo od drugih, oziroma bolje, imajo v določenih razmerah lokalno zelo podoben spektralni odboj drugim kategorijam. Najbolj razpršena kategorija je grmičevje in zaraščanje, saj se je njena površina pri filtriranju zmanjšala kar za 8,8 %. Vzrok gre iskati v prepletanju oziroma podobnosti spektralnih podpisov grmičevja z gozdom na eni ter intenzivno kmetijsko rabo in ekstenzivno travniško rabo na drugi strani. Trditev lahko potrdimo s podatkom, da se je več ko 94 % razpršenih gmovnih zemljišč prefiltriralo v eno od omenjenih kategorij. Prav tako izstopa zmanjšanje deleža pozidanih površin za 3,9 %. 70 % zmanjšanja je šlo na račun intenzivne

kmetijske rabe, kar ponovno priča o težavnosti ločevanja med zemljišči z odkrito prstjo in pozidanimi zemljišči.

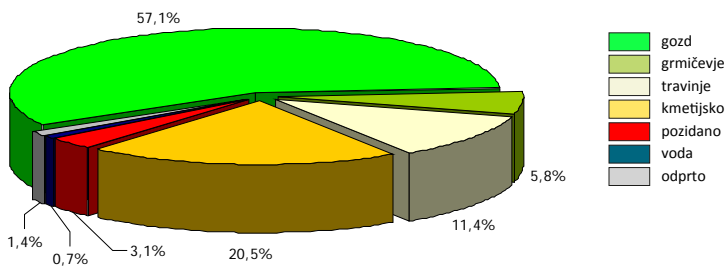
6.4 Dodajanje sloja vod iz vektorskih podatkov

Omenili smo že, da so bile vode klasificirane le delno, predvsem z namenom zmanjšanja napak klasifikacije in ne njihove točne omejitve. Vode smo dodali naknadno in sicer s kombiniranjem dveh virov. Prvi so vektorski podatki slovenskih vodotokov Geodetske uprave RS. Uporabili smo reke in kanale s stalno tekočo vodo, s širino večjo od 5 m. Kot drugi vir smo uporabili poligone vod Geodetske uprave RS. Uporabili smo poligone rek, jezer, solin in morja ter kopnega obdanega z vodno površino. Odločili smo se izločiti poligone vod, ki ne dosejajo velikosti osem pikslov, kar ustreza 5000 m². Oba vektorska sloja smo nato rastrirali na velikost piksla 25 m, ju združili ter izrezali območja kopnega (npr. Blejski otok, Mariborski otok) in vode zunaj državnih mej. Dobljen sloj vod smo zatem združili s filtriranim slojem klasifikacije. Omeniti je treba tudi slabe strani tega dejanja, to je, da ponekod klasifikacija dobro loči vodo od pozidanih zemljišč oziroma struktur, npr. večje mostove in elektrarne, ki smo jih s prekrivanjem »povozili«.

Preglednica 11: Površina kategorij pokrovnosti Slovenije.

Razred	Površina [ha]
gozd	1.158.600
grmičevje in zaraščanje	116.740
ekstenzivna travniška raba	231.050
intenzivna kmetijska raba	414.690
pozidana zemljišča	62.540
voda	15.000
odprto	28.740
skupaj	2.027.360

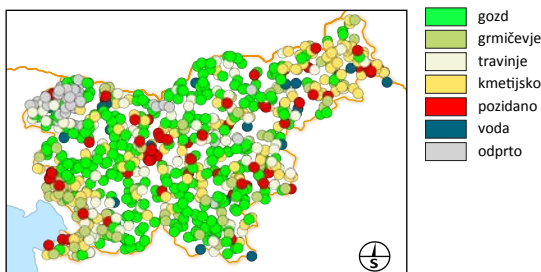
Glede na pričujočo klasifikacijo gozd v Sloveniji pokriva že 57 % površja, nadaljnjih 6 % pa prerašča grmičevje. Intenzivne kmetijske rabe, torej v grobem obdelovalnih zemljišč, je 20 %, ekstenzivno travinje pa obsega še 11 %. Nerodovitnega je 5 % ozemlja, od tega največ odpade na pozidana zemljišča (3 %).



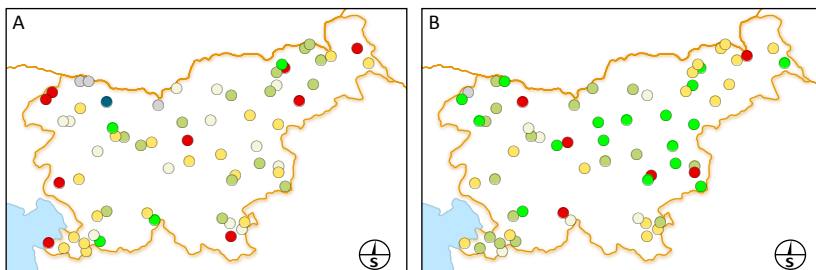
Slika 36: Pokrovnost v Sloveniji.

7 Ovrednotenje klasifikacije

Ocena natančnosti (angl. accuracy assessment) poda »pravilnost« klasifikacije; meri povezanost med standardom, za katerega predvidevamo, da je pravilen, in klasificirano podobo neznane kakovosti. Če se klasificirana podoba v veliki meri ujema s standardom, pravimo da je natančna. Natančnost ima številne praktične posledice, npr. vpliva na pravno stanje kart in poročil, ki jih dobimo z daljinsko zaznanimi podatki, operacijsko uporabnost takšnih podatkov za gospodarjenje z zemljišči in njihovo tehtnost, kot osnovo za znanstvene raziskave (Campbell 1996, 375–376).



Slika 37: Razporeditev in klasificirani razred testnih pikslov.



Slika 38: Napačno klasificirani vzorčni piksli (A) in njihove referenčne kategorije (B).

Pri ovrednotenju klasifikacije po celotnem posnetku naključno porazdelimo večje število testnih točk (slika 37), to je pikslov, za katere vemo, katero vrsto rabe tal vsebujejo, pravimo jim tudi referenčni piksli. Slednje ugotovimo bodisi s terenskim ogledom ali z opazovanjem podob večjega merila, recimo letalskih posnetkov ali natančnih tematskih kart. Vrednosti v znanih območjih nato primerjamo z rezultati klasifikacije in izračunamo odstotek prekrivanja. Atributna natančnost naše klasifikacije, ocenjena na podlagi preverjanja pokrovnosti na letalskih ortofoto posnetkih za 800 testnih točk, presega 92 %, kar je za tovrstne naloge zelo dober rezultat.

Preglednica 12: Ocena natančnosti izdelane klasifikacije.

Razred	Referenčne točke	Klasificirane točke	Pravilno klasificirane	Izdelovalčeva natančnost (%) ⁴	Uporabnikova natančnost (%) ⁴
1 gozd	329	316	312	94,8	98,7
2 grmičevje in zaraščanje	84	81	67	79,8	82,7
3 ekstenzivna travniška raba	99	107	94	95,0	87,9
4 intenzivna kmetijska raba	145	147	128	88,3	87,1
5 pozidana zemljišča	65	68	59	90,8	86,8
6 voda	19	20	19	100,0	95,0
7 odprto	59	61	58	98,3	95,1
skupaj	800	800	737		

⁴ Razlika med izdelovalčevo (angl. producers accuracy) in uporabnikovo natančnostjo (angl. consumers ali users accuracy) je v osnovi, na podlagi katere je natančnost ocenjena. Za izdelovalčevo natančnost je osnova območje vsakega razreda na referenčni podobi. Tako je npr. iz podatkov (matrike napak) izdelovalčeva natančnost za gozd 312/329 ali 94,8 % in uporabnikova natančnost 312/316 ali 98,7%. Uporabnikova natančnost tvori vodnik za zanesljivost karte, kot sredstva za napovedovanje; uporabniku pove, da (v tem primeru) 98,7 % območij označenih kot gozd, ustreza dejanskemu stanju. Izdelovalčeva natančnost pove analitiku, ki je izdelal klasifikacijo, da je bilo 94,8 % gozdov pravilno klasificiranih. V obeh primerih matrika napak omogoča identifikacijo kategorij, ki so bile napačno opredeljene kot npr. gozd, in gozdna zemljišča, ki so bila napačno opredeljena kot druge kategorije.

Preglednica 13: Matrika napak.

Razred	1	2	3	4	5	6	7	Skupaj klasificirane
1 gozd	312	1	2	1				316
2 grmičevje in zaraščanje	6	67	2	6				81
3 ekstenzivna travniška raba	4	4	94	5				107
4 intenzivna kmetijska raba	3	10	1	128	5			147
5 pozidana zemljišča	3			5	59		1	68
6 voda					1	19		20
7 odprto	1	2					58	61
skupaj referenčne	329	84	99	145	65	19	59	800

Pri ogledu tabele z oceno natančnosti (preglednica 12) je mogoče ugotoviti, da v negativnem smislu najbolj izstopa klasifikacija kategorije grmičevje in zaraščanje. To se da deloma razložiti s pregledom matrike napak (preglednica 13). Kot grmičevje sta bili največkrat napačno klasificirani kategoriji gozd in intenzivna kmetijska raba, kar izhaja iz, že večkrat omenjene, podobnosti v spektralnem podpisu. Tudi grmičevje je bilo napačno klasificirano kot intenzivna kmetijska raba, le redko pa kot gozd, iz česar je mogoče sklepati, da smo učne vzorce omejili s favoriziranjem grmičevja napram gozdu, medtem ko so »moči« med grmičevjem in intenzivno kmetijsko rabo razporejene enakomerneje. Enako velja za kategoriji ekstenzivna travniška raba in intenzivna kmetijska raba.

Območja, ki so bila napačno klasificirana kot pozidana in sorodna zemljišča, so predvsem intenzivna kmetijska zemljišča (zemljišča z odkrito prstjo, npr. zorane njive) ter gozd in kategorija odprto (npr. kamnolomi z nagibom manjšim od 25°, peskokopi, gramozne jame, prodišča ob rekah). Napačna klasifikacija vod je posledica rastiranja vektorjev v piksele velikosti 25 m in s tem povzročene spremembe lokacije. V kategoriji odprto je zajetega tudi nekaj gozda in grmičevja (ruševja). To bi mogli rešiti le s posebno klasifikacijo gorskih območij ali zahtevnejšo poklasifikacijo, ki bi upoštevala še ekpozicijo površja in kombinacije med nagibom, usmerjenostjo, višino ter drugimi pomožnimi podatki, vendar bi bila za to potrebna podrobnejša raziskava, ki bi meje lahko tudi kvantitativno opredelila, kar prav tako drži tudi za ostale kategorije.

Merilo kakovosti klasifikacije je tudi koeficient Kappa, ki izraža odstotkovno zmanjšanje napake narejene pri klasifikaciji v primerjavi z napako popolnoma naključne klasifikacije. Na primer, vrednost 0,86 pomeni, da se klasifikacijski proces izogne 86 % napak, ki jih naredi naključna klasifikacija. Iz analize koeficientov Kappa

(preglednica 14) lahko razberemo, da ima, kot pričakovano, najnižjo vrednost (0,81) klasifikacija razreda grmičevje in zaraščanje, najvišjo vrednost (0,98) pa razred gozd.

Preglednica 14: Statistike Kappa.

Razred	Kappa
1 gozd	0,98
2 grmičevje in zaraščanje	0,81
3 ekstenzivna travniška raba	0,86
4 intenzivna kmetijska raba	0,84
5 pozidana zemljišča	0,86
6 voda	0,95
7 odprto	0,95
skupaj	0,90

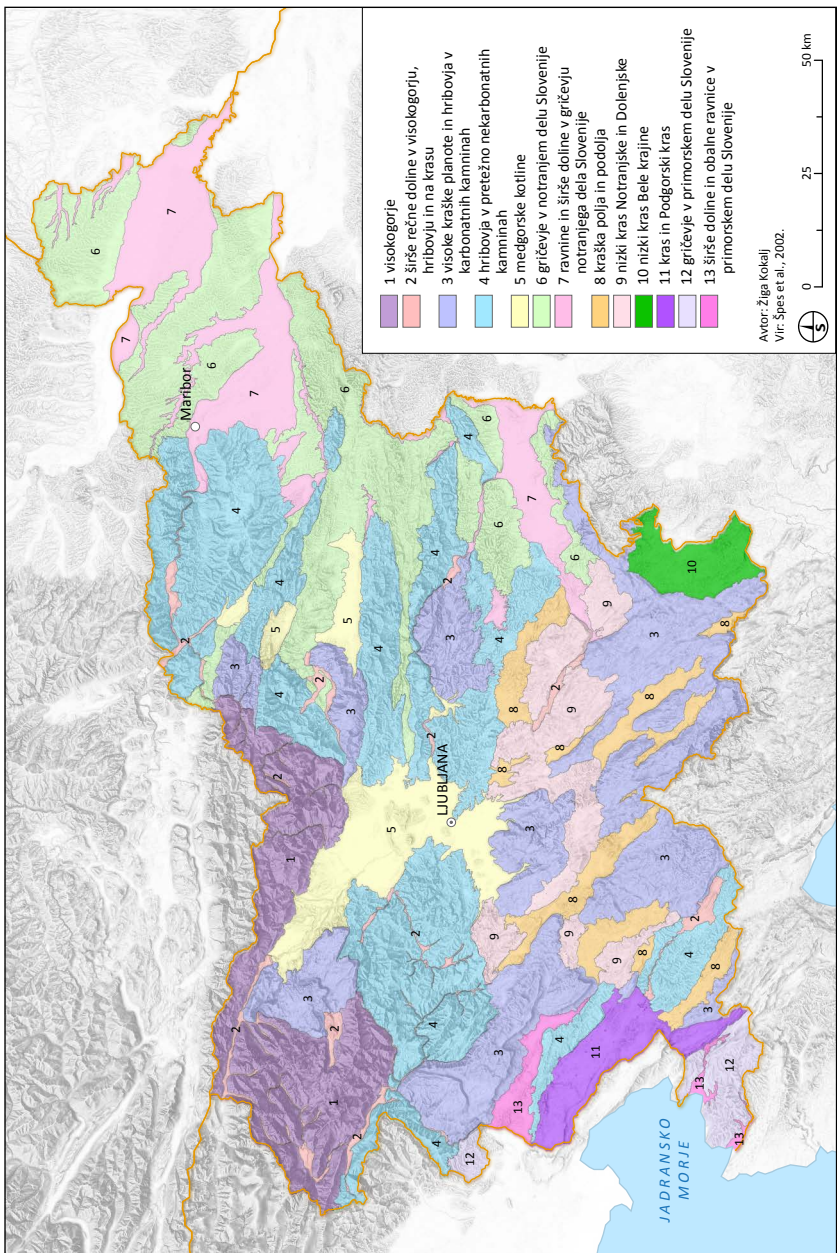
8 Tipizacija v pokrajinskoekološke tipe

Pri pokrajinskoekološki členitvi Slovenije na pokrajinske sklope (makroregije) in pokrajinske enote (mezoregije) so bili v ospredju tisti dominantni pokrajinski dejavniki, ki imajo največji in trajen vpliv na zgradbo slovenskih pokrajin. Vendar pri tem niso bile glavne funkcijske značilnosti dobljenih enot (pokrajine v regionalnogeografskem smislu), temveč potreba po opredelitvi takšnih pokrajinskoekoloških enot, za katere lahko opredelimo značilne mozaike ekotopov, ki se kljub velikim medsebojnim razlikam v pokrajini pojavljajo v bolj ali manj zakoniti razporeditvi (npr. mokrotno dolinsko dno ob manjšem potoku, rečne terase na obrobju doline, prisojno in osojno pobočje itd.). Za uporabljeno metodo je pomembno, da jo je možno uporabiti še pri nadaljnjih stopnjah razčlenjevanja, vse do mikroregij in naprej do posamičnih ekotopov.

Z metodo pokrajinskoekološke členitve razdelimo ozemlje Slovenije na veliko število pogojno homogenih (v smislu zakonite razvrstitve ekotopov) enot, ki imajo razmeroma jasno izražene individualne značilnosti in se bolj ali manj jasno razlikujejo od sosednjih. Pri tem se v polni meri pokaže izjemna pokrajinska pestrost Slovenije.

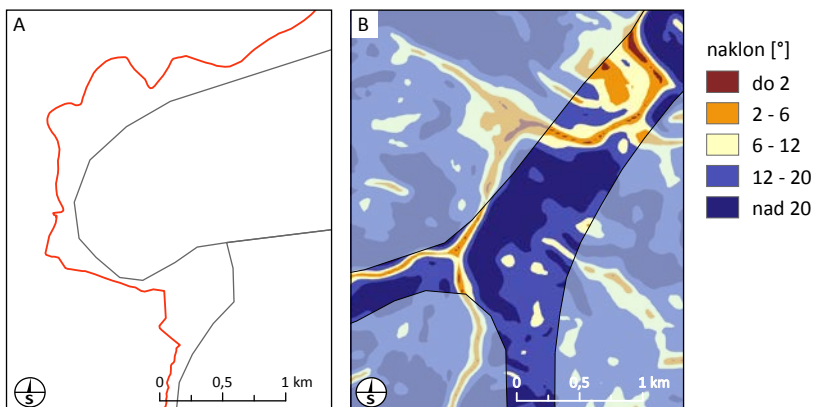
Razčlenjevanje Slovenije pa je možno tudi v nasprotni smeri, in sicer s postopnim abstrahiranjem pokrajinskih razlik med posameznimi pokrajinskoekološkimi enotami na različnih nivojih členitve, tako da na koncu izločimo glavne pokrajinskoekološke tipe (PET), ki so za proučevanje ranljivosti pomembni predvsem zaradi razmeroma homogenega odzivanja na najrazličnejše antropogene vplive. Pri pokrajinskoekološki tipizaciji je bilo z medsebojno primerjavo na nivoju pokrajinskih enot izpeljanih 13 pokrajinskoekoloških tipov (in morje) (slika 39). Število bi bilo v pokrajinsko izjemno pestri Sloveniji lahko tudi večje, vendar ta členitev v precejšnji meri kaže tako pokrajinsko raznolikost in hkrati tudi pokrajinskoekološko homogenost slovenskega prostora (Špes in dr. 2002, 33).

Slika 39: Pokrajinskoekološki tipi (PET) Slovenije. ►



Pokrajinskoekološka tipizacija se od pokrajinskoekološke členitve precej razlikuje, saj tu niso toliko v ospredju razlike med sosednjimi območji, temveč skupne značilnosti posameznih, tudi prostorsko oddaljenih delov ozemlja. Pri tem je zaželeno, da se členitev in tipizacija prostorsko prekrivata, kar se je sicer izkazalo kot možno, vendar zelo težavno, saj ni nujno, da so pri tipizaciji v ospredju iste pokrajinsko relevantne značilnosti kot pri členitvi. Primer so Gorjanci, ki po pokrajinskoekološki členitvi spadajo k Panonski Sloveniji, vendar pa so bili pri tipizaciji zaradi velike sorodnosti uvrščeni k tipu Visoke kraške planote in hribovja v karbonatnih kamninah.

Naslednja razlika med členitvijo in tipizacijo je v tem, da se isti pokrajinskoekološki tipi pojavljajo v dveh ali več različnih pokrajinskoekoloških enotah oziroma sklopih. »Visoke kraške planote in hribovja v karbonatnih kamninah« se pojavljajo tako v Alpski Sloveniji, kot v Dinarskokraški Sloveniji, širše rečne doline pa v visokogorju, hribovju in ponekod na kraških območjih (Špes in dr. 2002, 35).



Slika 40: Primera tipičnih napak v starem vektorskem sloju pokrajinskoekoloških tipov. Državna meja preveč odstopa od dejanske (rdeče) (A). Okolica Vrhovelj pri Kožbani, Goriška Brda. Dolinsko dno poteka prek hribovja in je mnogo preširoko (B). Okolica Trebije v dolini Poljanske Sore.

Vektorski sloj PET je bil izdelan že za potrebe Študije ranljivosti okolja (Špes in dr. 2002), vendar smo morali za zahteve raziskave pokrajinskoekološke tipe ponovno kartografsko upodobiti. Vzrok leži v zajemu podatkov za prvotno upodobitev, saj je kot osnova služila karta Slovenije v merilu 1 : 500.000, kar je dovolj natančno za kasnejše prikaze v manjšem merilu. Z vključitvijo vektorskega sloja PET v GIS in primerjavo z bolj natančnimi podatki, kot so digitalna topografska karta v merilu 1 : 25.000 ter digitalni model višin in iz njega izračunan sloj naklonov, pa se je

izkazalo, da prihaja do zelo velikih odstopanj. Med najopaznejšimi sta potek dnov dolin prek gričevij in hribov ter neujemanje meja države z dejanskimi mejami zaradi prevelike stopnje generalizacije (slika 40).

Zato smo se odločili digitalizacijo PET opraviti na novo. Zaradi obsega dela smo se odločili digitalizirati le tipe in ne tudi njihovih notranjih mej, torej mej med enotami, ki posamezne tipe tvorijo, saj jih za izvedbo raziskave nismo potrebovali.

V pomoč so bili digitalni model višin z ločljivostjo 25 m, iz njega izračunana karta naklonov, klasificirana v naklonske razrede, topografska karta v merilu 1 : 25.000, karta senčenega in obarvanega reliefa, geološka karta v merilu 1 : 100.000 in vektorski sloj vod.

Pokrajinskoekološke tipe smo omejevali po zgoraj omenjenem načelu in smo meje med posameznimi tipi potegnili po mejah med pokrajinskoekološkimi enotami. Pri tem smo se naslonili na opise enot na mikro- in submikroregionalni ravni, ki jih je v svojem elaboratu podal Natek (1995). Kriterije in načela pokrajinskoekološke analize pokrajine je v knjigi Osnove pokrajinske ekologije podrobneje predstavil že Gams (1986). Pomembno je, da dominantni elementi okolja niso enaki oziroma niti ne obstajajo v vseh pokrajinah. Zato pri pokrajinskoekološki členitvi poiščemo vodilne dejavnike za vsako regijo posebej. V gorah je tako nosilen element relief, od katerega je močno odvisna večina ostalih pokrajinskih elementov, medtem, ko je na ravninah lahko npr. kamninska zgradba (različne vrste naplavin) in od nje odvisne talne razmere, rastje in raba tal (Špes in dr. 2002, 23). V našem primeru smo se na razmejevanje med posameznimi enotami močno naslonili na izoblikovanost reliefa. Kot dober pokazatelj meja smo privzeli naklon, predvsem za razmejevanje ravninskega od vzpetega ozemlja (npr. dnov rečnih dolin od obrobja). Gričevje smo od hribovja ločili glede na nadmorsko višino, kraška območja od ostalih s pomočjo geološke karte in vektorskega sloja vod, pri vsem pa smo si pomagali še s topografsko karto.

Meje pokrajinskoekoloških tipov so določene tako, da meja, ki poteka ob reki, le te ne seka. Pri izrisovanju meja dnov dolin smo si pomagali tudi glede na relativno višinsko razliko merjeno od vode. Tako meja doline običajno poteka v območju naklonov med 6 in 12° in pri relativni višinski razliki okoli 30 m. V ožjih in strmejših dolinah tudi pri večjem naklonu, a približno enaki relativni višini.

Meje tipov smo na novo definirali oziroma premaknili le poredko, vseeno pa se stara in nova razmejitev pokrajinskoekoloških tipov na nekaterih mestih razlikujeta.

Do večjih razlik pride npr.:

- v delu gričevja zahodno od Branice in južno od Vipave, ki smo ga zaradi prevlade fliša namesto v tip Kras in Podgorski kras uvrstili k tipu Hribovja v pretežno nekarbonatnih kamninah,
- v Litijski kotlini iz katere smo izločili okoliško hribovje in ga pripisali ustreznemu tipu,
- v Slovenjgraški kotlini iz katere smo zaradi razgibanosti izvzeli Raduše in jih priključili Hotuljskemu podolju ter s tem drugemu tipu,
- v Smrekovškem pogorju, kjer smo mejo med tipoma prestavili z vrha grebena na njegov severni rob, saj pogorje po opisu pokrajinskoekoloških podenot po Natku sodi k hribovjem iz pretežno nekarbonatnih kamnin in spričo zgoraj naštetih pomanjkljivosti starega vektorskega sloja PET seveda ob vseh širših rečnih dolinah.

Karta ni dokončna. Izboljšati bi se jo dalo še z upoštevanjem natančnejše ali vsaj georeferencirane geološke in pedološke karte. Upoštevati bi bilo treba tudi karto rabe tal oziroma pokrovnosti in, če je le mogoče, digitalne ortofoto posnetke.

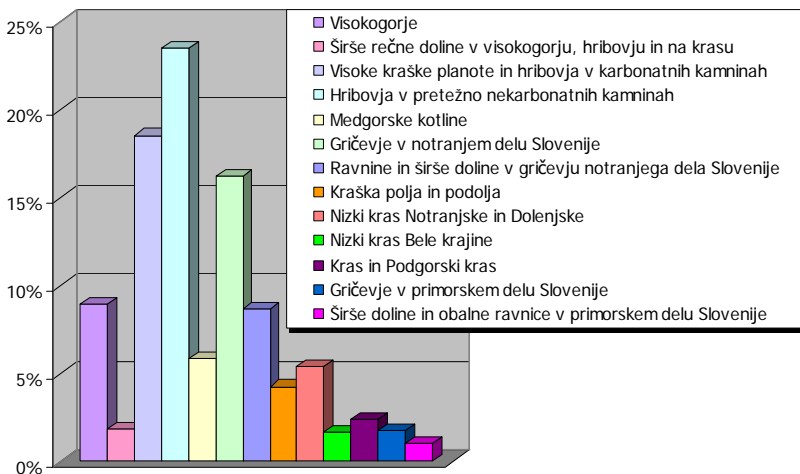
Med odkrite napake sodita:

- preozka dolina Soče pod Plavami,
- PET Nizki kras Bele Krajine bi moral nad Semičem in zahodno od Črnomlja segati više po pobočju Kočevskega roga oziroma Poljanske gore.

Obe napaki sta posledica prevelike naslonitve razmejitve na naklonske razrede, izogniti pa bi se jima bilo mogoče z uporabo digitalnih ortofoto posnetkov. V prvem primeru bi tako k dolini vključili celotno vodno površino in ob reki speljano cesto, v drugem pa bi k Nizkemu krasu Bele Krajine dodali še vinograde na strmejših legah.

9 Vrednotenje pokrajinskoekoloških tipov

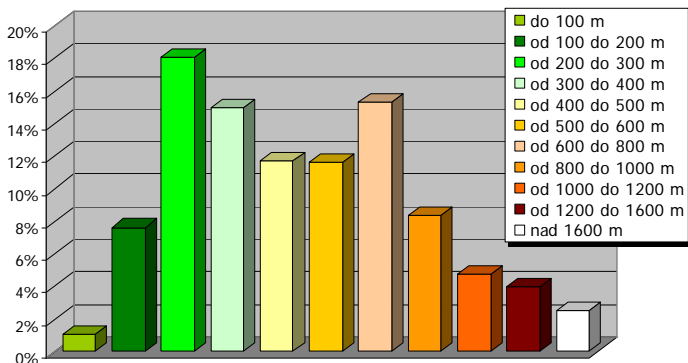
Pri vsakem pokrajinskoekološkem tipu najprej opišemo njegove poglavitne značilnosti in morebitne posebnosti. Zaradi vpliva prsti na razmestitev naselij, kmetijsko rabo in naravno vegetacijo ter s tem pokrovnost, smo jim namenili nekoliko več pozornosti. Vrednotenje glede na pokrovnost smo izvedli s pomočjo naravno- in družbenogeografskih kazalcev. Pri prvih smo se odločili za višinsko pasovitost, naklon in ekspozicijo, pri drugih pa za tipe naselbinskih območij.



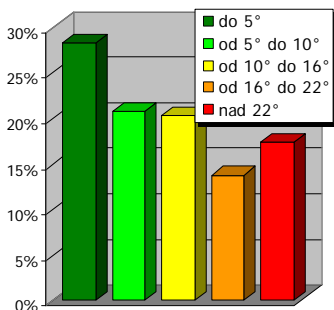
Slika 41: Delež površja posameznega pokrajinskoekološkega tipa.

Višinski pasovi v grobem, neupoštevaje naklon, usmerjenost površja, geološko podlago ter pedološke in vodne razmere, posredno odražajo podnebno primernost za kmetijstvo, marsikje pa tudi možnosti za prometno povezanost naselij z zaposlitvenimi in oskrbovalnimi središči (Kladnik in Ravbar 2003, 53). Višine smo na podlagi 25 metrskega digitalnega modela višin razdelili na 11 razredov. Ker le dva PET vsebujeta znatnejši delež površja z nadmorsko višino pod 100 m (Gričevje ter širše doline in obalne ravnice v primorskem delu Slovenije), smo ta razred pri ostalih tipih združili z naslednjim. višinska pasovitost je neenakomerna; razredi so

podrobneje razdeljeni v višinah, kjer živi večji del prebivalstva, torej do 600 m n. v. Slika 42 prikazuje deleže posameznih razredov za celotno državno ozemlje.



Slika 42: Višinska pasovitost Slovenije.



Slika 43: Deleži naklonskih razredov v Sloveniji.

Naklon površja je pomembna prvina in dejavnik v razvoju in usmeritvi kmetijstva, s tem pa posredno tudi poselitve. Vpliva tudi na možnosti razvoja nekaterih nekmetijskih dejavnosti (na primer turizma), možnosti lociranja tovarn, obrtno-storitvenih con ter izgradnje prometnega in infrastrukturnega omrežja (Kladnik in Ravbar 2003, 53). Pri delitvi naklonov smo se odločili za delitev glede na primernost za kmetijsko rabo, ki smo jo opisali že v poglavju 6.2.

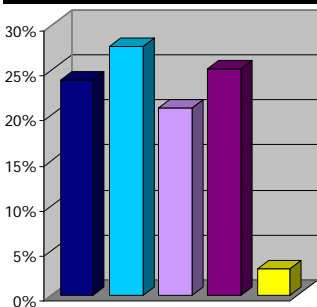
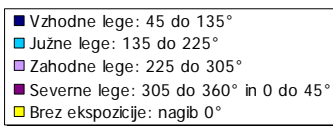
Ekspozicija označuje nebesno stran pobočja, ki s svojo lego napram Soncu narekuje različno stopnjo insolacije in s tem razlike v nekaterih drugih podnebni prvinah, kar se odraža predvsem v različni poseljenosti, intenzivnosti rabe zemljišč ter v različnih nadmorskih višinah vegetacijskih pasov (zgornjih mej uspevanja kulturnih rastlin in gozda) (Kladnik 1999a, 28). Ekspozicije smo rangirali v štiri osnovne smeri neba, posebej pa smo izločili tudi zemljišča brez lege, torej z nagibom enakim 0°.

Tipi naselbinskih območij izhajajo kot sintezni kazalec, ki upošteva naravogeografska, fiziognomska, strukturna in funkcijska merila ter njihovo

medsebojno prepletanje. Uporabili smo delitev, kjer je bilo število prvotnih osem razredov smiselno zmanjšano na štiri (Kladnik in Ravbar 2003, 26–27).

Izbor kazalcev za delitev je bil prilagojen dostopnim statističnim podatkom, ki so razumljivi in hkrati takšni, da zajamejo vse najpomembnejše značilnosti teh, sicer kompleksnih sprememb. Za prikaz izbranih indikatorjev so bili določeni naslednji kazalci:

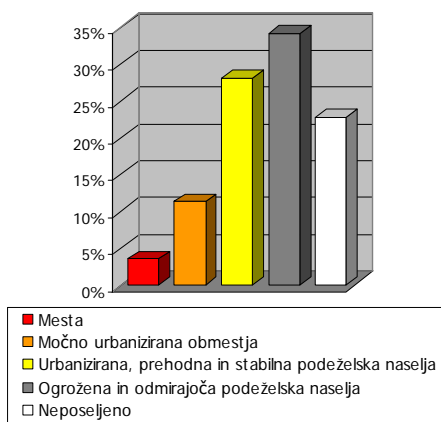
- obseg in število prebivalstva,
- delež priseljenega prebivalstva od skupnega števila prebivalcev, selitveni saldo z intenzivnostjo selitev,
- delež kmečkega prebivalstva (oz. gospodinjstev s kmečkimi gospodarstvi),
- zaposlitvena struktura prebivalstva in odnosi med krajem bivanja in krajem stanovanja,
- obseg in spremembe v intenziteti delovnih mest v neagrarnih dejavnostih,
- delež bruto zazidanih površin ter obseg, gostota in dinamika stanovanjske gradnje,
- delež prostostoječe stanovanjske gradnje,
- razmerje med skupno etažno površino in površino zemljišča in
- gostota prebivalstva in delovnih mest.



Slika 44: Deleži ekspozicij v Sloveniji.

Postopek vrednotenja je bil naslednji: na prvi stopnji so bila vključena vsa statistična naselja v Sloveniji. Najprej je bila vsakemu kazalcu posebej izračunana srednja vrednost. Naselja, katerih količnik vsote gornjih kazalcev je bil glede na slovensko povprečje višji, so bila poimenovana kot urbanizirana, tista s podpovprečnimi vrednostmi pa kot podeželska. Tej »kvazi normalni« urbanizacijski stopnji je bila določena vrednost 0. V naslednjem koraku sta bili vsem naseljem z nadpovprečnimi vrednostmi določeni še dve stopnji, močno nadpovprečno urbanizirano (z vrednostjo + 2) in nadpovprečno

urbanizirano (z vrednostjo + 1). Na enak način sta bili naseljem s podpovprečnimi vrednostmi določeni dve stopnji z negativnimi vrednostmi (-1 oziroma -2). Končno je bilo po enakem postopku pripravljeno še zaključno vrednotenje tako, da so vsem naseljem in vsaki od skupin kazalcev izračunali vsoto vrednosti, ki dopušča različne kombinacije urbanizacijskih stopenj. Rezultati so opozorili na visoko diferenciranost posameznih kazalcev znotraj samih urbanizacijskih območij, kar navaja k razmišljanju, da je slovenska urbanizacija še v marsičem odvisna od dejavnikov, ki jih ni bilo moč zajeti z zamišljenim vrednotenjem (Ravbar 1997, 80–82).



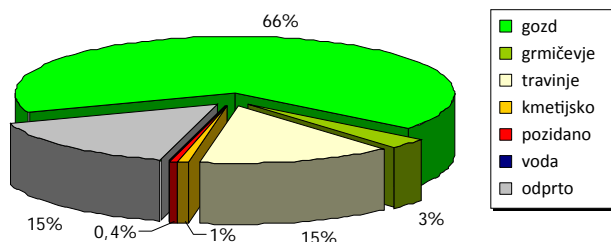
Slika 45: Delež tipov naselbinskih območij v Sloveniji.

Nekoliko nerodno je, da obseg teritorijev naselij ne upošteva neposeljenega ozemlja, zaradi česar npr. atribut mesto dobi tudi del visokogorja. Težavo se da v veliki meri odpraviti z dodatnim slojem neposeljenih območij, izdelanem na Geografskem inštitutu Antona Melika. Izdelan je bil na podlagi baze EHIŠ⁵, poznavanja terena in vedenja kje so meje med gozdom in obdelovalnimi zemljišči. Slednja so bila priključena k poseljenim območjem. Neposeljena območja so bila omejena na zemljevidu v merilu 1 : 400.000 in nato digitalizirana v večjem merilu (Kladnik 2004). Vsem nepravilnostim pa se na ta način ni moč izogniti, kar je treba upoštevati pri interpretaciji rezultatov.

⁵ EHIŠ – evidenca hišnih števil. Izdelala sta jo Zavod RS za statistiko in geodetska uprava RS. V podatkovni zbirki so shranjene koordinate, odčitane na težiščih vseh stanovanjskih objektov in poslovnih zgradb v Sloveniji, ki imajo hišno številko.

9.1 Visokogorje

Za površje v visokogorju so značilne velika nadmorska višina in velike strmine ter z njimi povezan velik delež zelo strmih območij. Z vidika nagiba je tako za poljedelstvo neprimerne (naklon nad 22°) kar 69 % visokogorja. Značilni sta tako velika horizontalna kot vertikalna razčlenjenost površja z velikimi relativnimi višinskimi razlikami na sorazmerno kratkih razdaljah. S prevlado prepustnih karbonatnih kamnin, predvsem apnenca, so povezana obsežna območja planotastega visokogorskega krasa s kraško hidrografijo. Podnebje je gorsko, z nizkimi temperaturami in obilnimi padavinami. Količina slednjih se od Kaninskega pogorja in osrednjih Julijskih Alp, kjer je višek, zmanjšuje proti vzhodu in jugu. Tu so tudi najbolj namočeni deli države s povprečjem letnih padavin več kot 3000 mm. Zime so dolge, z debelo snežno odejo, ki se obdrži različno dolgo, odvisno od nadmorske višine, lege in strmine. Nad dnem dolin je značilen nekajstometrski toplotni pas, v katerem so temperaturne vrednosti višje, kot bi pričakovali glede na nadmorsko višino.



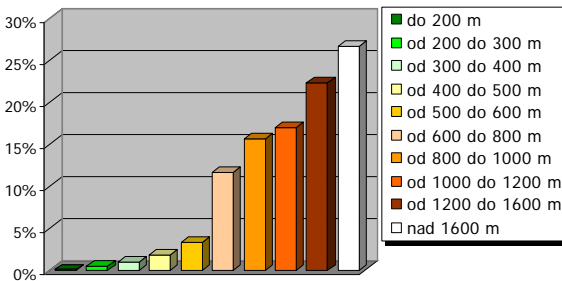
Slika 46: Deleži pokrovnosti v visokogorju.

Podnebje in izoblikovanost površja, kot odločilna dejavnika vplivata na to, da so prsti značilno tanke, v višinah nad 2000 m, pa se zaradi zaostrenih razmer niti niso mogle razviti. Nižje se je razvila alpska črnica ali regosol, ki jo prekriva travna ruša. Na karbonatnih kamninah je na najbolj strmih pobočjih nastala surova prst ali litosol, drugje pa večinoma rendzina, ki se ponekod prepleta z rjavimi pokarbonatnimi prstmi. Na odpornejših silikatnih kamninah prevladuje ranker, na manj odpornih pa nekoliko debelejša kislj rjava prst, izrabljena za travnike (Urbanc 1999, 101).

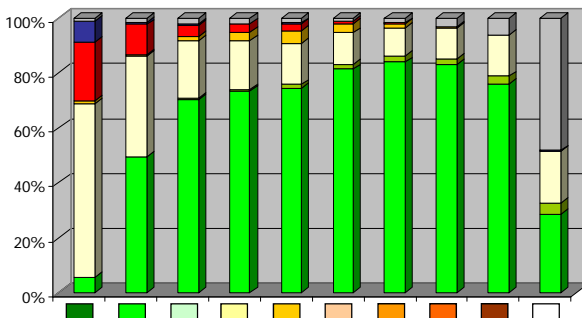
Poselitev je omejena na redke vasi, zaselke in samotne kmetije, ki svoj življenjski prostor iščejo v ozkih dolinah in na prisojnih pobočjih. Zunaj širših dolin, ki so izločene v posebnem PET, je tako le nekaj sklenjenih območij s stalno poselitvijo, od katerih so obsežnejša predvsem južna pobočja nad Mežo, Koprivno in Toplo,

območje med Logarsko dolino, Olševo in Raduho, južno pobočje Kravca ter ob Tržiški Bistrici in Mošeniku nad Tržičem. Med posameznimi naselji so še Planina pod Golico in Javorniški Rovt nad Jesenicami ter Zgornje Jezersko, v Julijskih Alpah pa Drežnica, Vrsno in Zatulmin ter nekaj manjših (npr. Kneške in Tolminske Ravne). V največji meri gre za demografsko ogrožena in odmirajoča podeželska naselja, torej naselja z majhnim številom prebivalcev, neugodno demografsko sestavo, izrazito depopulacijo in nadpovprečnim deležem kmečkega prebivalstva. Neposeljenega je 80 % ozemlja PET.

V visokogorju je, za razliko od ostalih PET, opaznejši delež kategorije odprto, ki zavzema nad 15 % površja, v nobenem drugem tipu pa se ne povzpne nad 0,3 %. Delež skalnatega površja v grobem narašča z višino, vendar je opaznejši skok šele pri nadmorski višini nad 1600 m, kjer obsega skoraj polovico ozemlja. Rezultat ni presenetljiv, saj vemo, da PET Visokogorje obsega domala vse gorske vrhove iznad gozdne oziroma travne meje, torej veliko večino skalnatih območij.

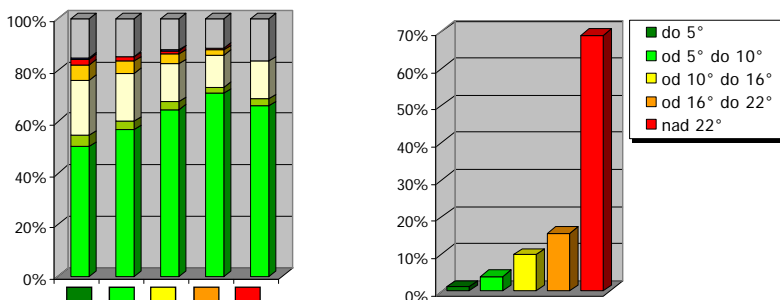


Slika 47: Deleži višinskih pasov v visokogorju.



Slika 48: Pokrovnost visokogorja glede na višinske pasove.

Gozdovi pokrivajo dve tretjini tega PET. V Julijskih Alpah gre večinoma za bukove gozdove, ki se jim ponekod pridružita še gabrovec in jelka, v zahodnih Karavankah podobno, le da bukovim po površini tesno sledijo smrekovi gozdovi. V Kamniško-Savinjskih Alpah je drevesno rastje bolj raznovrstno saj tu v nekoliko večjem obsegu rastejo tudi jelka, kostanj in hrasti. Pričakovati je, da se bo v prihodnosti delež gozda povečal, saj je bila zgornja gozdna meja v srednjem veku marsikje antropogeno znižana, sedaj pa je planinske pašnike, travnike in senožeti zajelo ogozdovanje. Na to opozarja ugotovitev, da se je samo po 2. svetovni vojni gozd ponekod dvignil za več deset metrov (Urbanc 1999, 101). Kategorija grmičevje in zaraščanje, pri čemer gre v veliki meri za slečnik in ruševje, obsega 3 % površja. Razmeroma velik je del ekstenzivnih travniških zemljišč. Pojasniti jih je moč z visokogorskimi travniki in planinskimi pašniki. Delež ekstenzivne travniške rabe z nadmorsko višino do 1000 m nazaduje, nato pa ponovno naraste, kar je ravno nasprotno, kot pri gozdu.

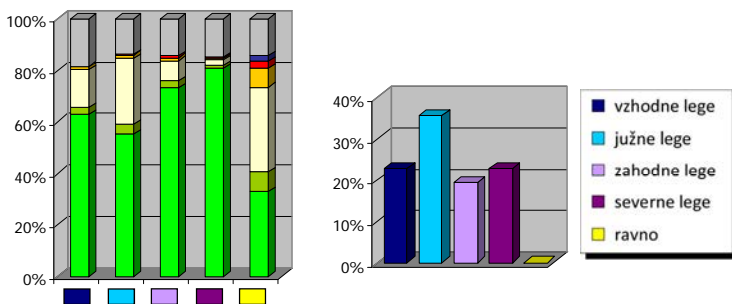


Slika 49: Pokravnost visokogorja glede na naklon in deleži naklonov.

Zemljišč z intenzivno kmetijsko rabo je manj kot odstotek, a še pri teh gre v dobršni meri za napačno klasifikacijo. Tovrstna kategorija je pravilno klasificirana le v okolici vasi in samotnih kmetij, ker se obdelujejo le še zemljišča v neposredni bližini naselij, saj prebivalstvo praviloma ne razpolaga z ustrežno kmetijsko mehanizacijo (Kladnik in Ravbar 2003, 28).

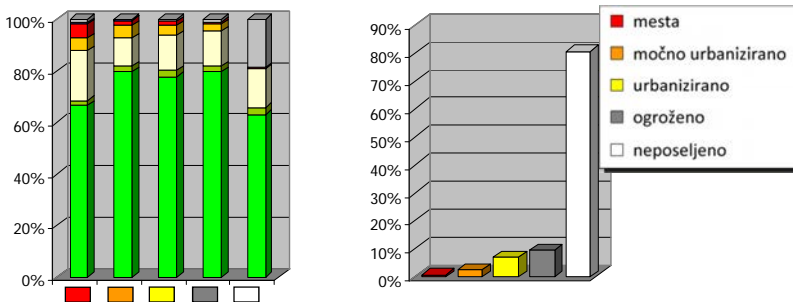
Pozidana in sorodna zemljišča obsegajo manj kot pol odstotka površja, pri čemer moramo vedeti, da del kategorije predstavljajo tudi nižinska in manj strma melišča. V nadmorskih višinah do nekako 600 m, je njihova klasifikacija vendarle dokaj pravilna. Relativno zelo velik delež v najnižjih višinskih pasovih je posledica spleta prostorske omejenosti teh območij na manjših uravnavaah na prisojnem pobočju nad dolino Soče.

Z naraščanjem nagiba se povečuje tudi delež gozda, vendar le do naklona 22°, kjer začne ponovno nazadovati, medtem ko deleži ostalih kategorij, z izjemo grmičevja in zaraščanja, padajo. Presenetljivo upada tudi delež skalnatih zemljišč, ki pa pri naklonu 22° ponovno naraste. Pričakovati bi bilo, da se z večanjem naklona sorazmerno večja tudi delež golega površja. Vzrok za odklon gre iskati v visokogorskih kraških uravnavah, kot so npr. Triglavski, Kriški in Kaninski podi, ter drugih uravnanih reliefnih oblikah, npr. širših gorskih hrbtih, kontah, laštih ali ledeniško preoblikovanih uravnavah (Dolina triglavskih jezer).



Slika 50: Pokrovnost visokogorja glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.

Glede ekspozicij so večje razlike le med južnimi in severnimi pobočji pri kategorijah gozd ter ekstenzivna travniška raba. Na severnih legah prevladuje gozd z 81 %, medtem ko ga je na južnih 55 %, vendar je na drugi strani ekstenzivne travniške rabe na severnih legah le 2 %, na južnih pa kar 26 %. Podobne, a manjše razlike so tudi med zahodnimi in vzhodnimi legami. Pripisemo jih lahko velikim nagibom ter s tem izrazitim legam in razlikam v prejetem sončnem obsevu. Izstopa tudi pokrovnost na zemljiščih brez ekspozicije. Kljub temu, da je osnova za analizo le 12 ha zemljišč, je mogoče spoznati mnogo višji delež intenzivnih kmetijskih zemljišč (7 %) in ekstenzivne travniške rabe (33 %), kot pri zemljiščih s kakršnimkoli nagibom ali lego. Večji je tudi delež zaraščanja (7 %), medtem ko je gozda bistveno manj (33 %).



Slika 51: Pokrovnost visokogorja glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.

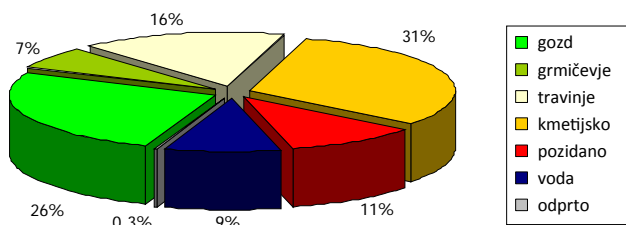
Z vidika tipov naselbinskih območij izstopata nekoliko večja deleža pozidanih in sorodnih zemljišč (6 %) ter ekstenzivne travniške rabe (20 %) pri mestih (v tem tipu se je zaradi načina digitalizacije zaobjel manjši del Jesenic). Delež odprtega prostora je opaznejši (19 %) le pri neposeljenih območjih, saj pri ostalih kategorijah ne doseže odstotka in pol. To gre na račun gozda, ki ga je pri mestih in neposeljenih območjih manj; 66 % pri prvi in 63 % pri drugi kategoriji, medtem ko ga je pri ostalih približno 80 %.

9.2 Širše rečne doline v visokogorju, hribovju in na krasu

Gre za doline naših največjih rek in njihovih pritokov. Kljub temu, da so to geomorfološko razmeroma enotne oblike, pa bi jih vseeno le stežka povsem enoznačno opisali, saj se razlikujejo tako v funkcijski in prometni pomembnosti, kot stopnji razvitosti. Vključujejo namreč vse od ledeniško razširjenih, a odročnih dolin v povirnih delih v visokogorju (npr. Log pod Mangartom, Zgornja Trenta, Bohinj, Robanov kot), širših, prometno dobro prehodnih dolin (Zgornjesavska in Dravska dolina), kotlinskih razširitev (Radeljska kotlina, razširitev ob Savinji pri Nazarjah), do dolin kraških rek z značilnimi posebnostmi (dolina Reke z Ilirskobistriško kotlino, dolinsko dno ob zgornji Krki).

Podnebje je zaradi prostorske razprostranjenosti različno. Treba je omeniti sredozemske vplive v dolini Soče, zaradi katerih se povprečne letne temperature po dolini navzgor le postopoma zmanjšujejo (Tolmin 10,6°, Bovec 9,2°) in so v primerjavi s savsko stranjo Julijskih Alp znatno višje (Rateče 5,7°). Značilen je zimski in jutranji toplotni obrat, ki je najbolj izrazit v Bohinju, pojavlja pa se tudi v kotlinah

Zgornjega Posočja, predvsem na Tolminskem, ter drugih dolinah (npr. Spodnjesavski) in manjših kotlinah (npr. Žirovski) (Perko in Orožen Adamič 1999). S toplotnim obratom je sorazmerno povezano pojavljanje megle, ki je pogosta tudi v Ilirskobistriški kotlini. Največ padavin prejmejo doline v visokogorju Julijskih Alp (Tolmin 2254 mm) in Idrijskem hribovju (Idrija 2229 mm), njihova množina pa se od tod proti vzhodu in jugu zmanjšuje. Količina padavin je močno odvisna tudi od lokalnih dejavnikov, saj prejme na primer Kamniška Bistrica, ki leži na južni strani glavnega grebena Kamniško-Savinjskih Alpah, bistveno več moče (2080 mm) kot Logarska dolina (1426 mm), ki leži na zavetrni severni strani.



Slika 52: Deleži pokrovnosti v širših rečnih dolinah v visokogorju, hribovju in na krasu.

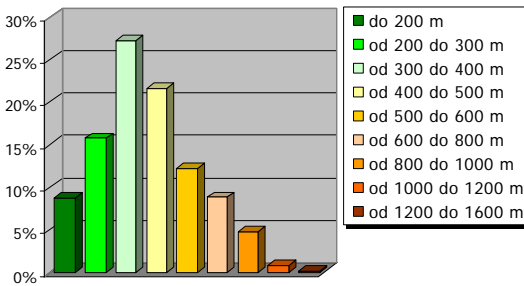
Zlasti večje reke so marsikje izoblikovale rečne terase, na katerih prevladuje rjava prst. Njena debelina in stopnja zakisanosti sta odvisni od starosti teras. Starejše ko so, debelejša in bolj kislja je prst. Posebno ugodna okoliščina je, da se v prodnih nanosih prepletajo karbonatni in silikatni prodniki, ki ob enakomerni zastopanosti dajejo nevtralnno in rodovitno preperelino. Za najbolj plodne veljajo mlado-pleistocenske terase in na njih so najbolj skrbno obdelana kmetijska zemljišča. Na najstarejših terasah prevladuje gozd.

V Ilirskobistriški kotlini in dolini Reke so se na flišu razvile kisle prsti s tankim humusnim slojem, na apnenčasti podlagi na večjih strminah prevladujejo rendzine, na bolj mokrotnih tleh pa so prsti oglejene, ilovnate in debele. Na apnencih v dolini zgornje Krke prevladujejo rjave pokarbonatne prsti (Perko in Orožen Adamič 1999).

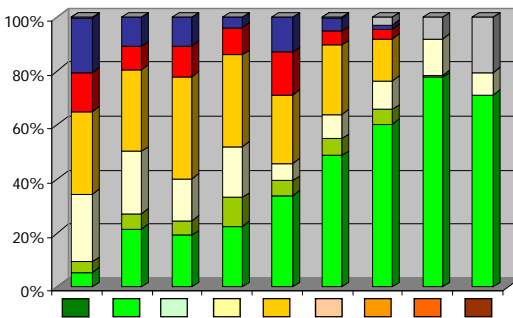
Doline ogrožajo intenzivni geomorfološki procesi, povezani s časovno izjemno spremenljivim odtekanjem vode in močnim dotokom drobirja iz zgornjih delov (posledica hudournikov, podorov, snežnih plazov) (Špes in dr. 2002, 25).

Značilna so prebivalstvena jedra oziroma zgostitve, kamor se je ob pospešeni industrializaciji usmerjala delovna sila. Mnoga mestna naselja so nastala na osnovi fužinarstva (Žiri, Železniki, Jesenice, Ravne na Koroškem), ne smemo pa pozabiti

večstoletne rudarske dejavnosti v Idriji in Mežici. Zaradi naravnih privlačnosti bližnjih visokogorskih območij se je nekdaj kmečka vas Kranjska Gora razvila v največje zimskošportno središče v Sloveniji. Turizem pridobiva vlogo tudi drugod, predvsem pomembna je njego vloga pri ohranjanju poseljenosti podeželja z razvojem turizma na kmetiji.



Slika 53: Deleži višinskih pasov v širših rečnih dolinah v visokogorju, hribovju in na krasu.



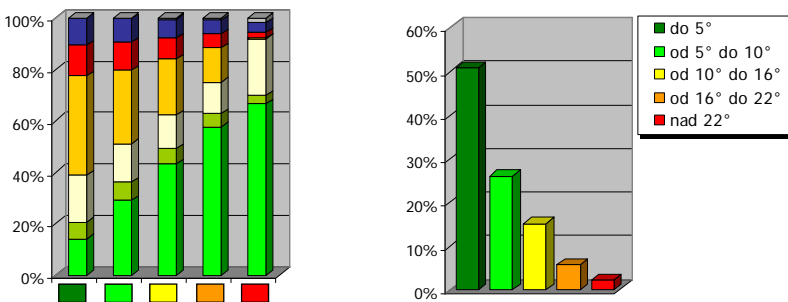
Slika 54: Pokrovnost širših rečnih dolin v visokogorju, hribovju in na krasu glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.

Skalnatega površja je za 0,3 %. Zgoščeno je v nadmorskih višinah nad 800 m in na neposeljenem območju. Ob upoštevanju absolutnih številke glede na nagib ni pomembnih razlik, pri ekspozicijah pa prevladujejo severne lege.

Gozd je bil dodobra izkrčen, saj zavzema le malo nad četrtino površja. To se še posebej lepo pokaže, če ga analiziramo glede na izbrane dejavnike. V nadmorskih višinah do 500 m je gozda le okoli petina, v najnižjem razredu (do 200 m) celo samo dvajsetina. Nato njegov delež narašča, vse do razreda od 1200 do 1600 m, kjer ponovno upade na račun skalnatega ozemlja. Delež gozda narašča tudi z večanjem

naklonov. V naklonih do 5°, ki v tem PET obsegajo polovico površja, gozd predstavlja le 14 %, v najvišjem razredu, torej naklonih nad 22°, pa že dve tretjini. Najmanj gozda je na zemljiščih brez ekspozicije (8 %) in na južnih legah (20 %) ter največ na severnih (36 %). Gozd je bil torej zlasti izkrčen tam, kjer so najbolj ugodni pogoji za naselitev in kmetijstvo. To potrjuje tudi podatek, da delež gozda narašča z manjšanjem urbaniziranosti; od desetine pri mestnih naseljih, do 35 % pri ogroženih in odmirajočih naseljih ter 69 % pri neposeljenem ozemlju.

Kategorija grmičevje in zaraščanje obsega 7 % zemljišč. Z ekstenzifikacijo oziroma opuščanjem kmetijske pridelave prihaja do ogozdovanja, ki je najbolj izrazito v kategoriji ogroženih in odmirajočih podeželskih naselij, kjer obsega nad 9 % zemljišč.

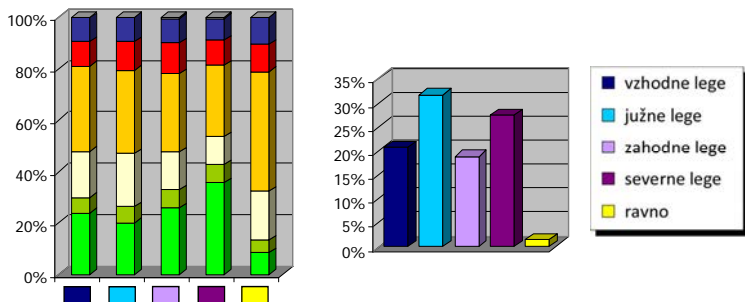


Slika 55: Pokrovnost širših rečnih dolin v visokogorju, hribovju in na krasu glede na naklon in deleži naklonov.

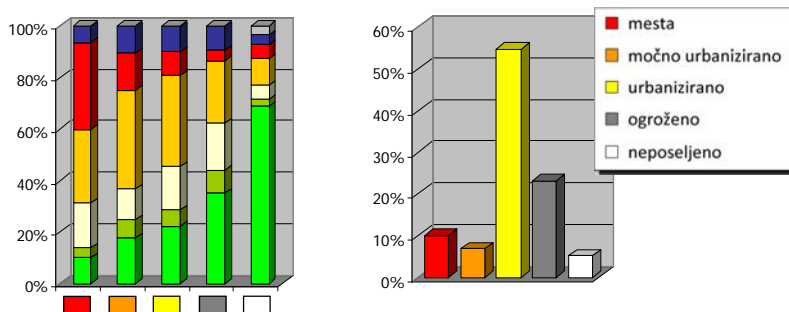
Zemljišč z ekstenzivno travniško rabo je 16 % z intenzivno kmetijsko rabo pa 31%. Njihov skupni delež se z večanjem nadmorske višine in nagiba manjša. Delež intenzivne kmetijske rabe je največji v močno urbaniziranih obmestjih (38 %) in najmanjši na neposeljenih območjih (10 %), med tem ko je delež ekstenzivne travniške rabe po naselbinskih tipih zelo podoben (okoli 15 %), a kljub temu prav tako izrazito najmanjši na neposeljenih območjih (5 %). Z vidika ekspozicij imajo največji delež kmetijske rabe (intenzivne in ekstenzivne) zemljišča brez lege (66 %), nato pa si tesno sledijo južne (53 %) in vzhodne lege (51 %), medtem ko jih imajo najmanj, ne presenetljivo, severne (39 %).

Zanimivo je spremenljivo medsebojno razmerje. Z naraščanjem višine se sprva večja delež intenzivne kmetijske rabe, ki doseže višek v višinskem pasu od 500 do 600 m, nato pa ponovno upade. Nekoliko presenetljivo je, da je kmetijska raba v mestih, ob neupoštevanju deleža gozda, bolj ekstenzivna, kot pri drugih naselbinskih tipih,

z izjemo ogroženih in odmirajočih naselij. Vzrok je v velikih površinah zemljišč, na katerih prevladuje ekstenzivna travniška raba, na območju Bovca in Tolmina.



Slika 56: Pokrovnost širših rečnih dolin v visokogorju, hribovju in na krasu glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.



Slika 57: Pokrovnost širših rečnih dolin v visokogorju, hribovju in na krasu glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.

Delež kategorije pozidana in sorodna zemljišča presega desetino vsega površja, kar je zelo veliko in potrjuje močan pritisk na okolje s koncentracijo infrastrukture in dejavnosti. Z naraščanjem nadmorske višine in nagiba delež nazaduje. Do izrazitega odstopanja pride v nadmorskih višinah med 500 in 600 m, saj je tu pozidanih zemljišč največ (16 %). Vzrok lahko iščemo predvsem v podatku, da v tem pasu ležijo Jesenice. Pri ekspozicijah ni večjih odstopanj, medtem ko so pri tipih naselbinskih območjih izrazite. Delež pozidanih in sorodnih zemljišč, ki pri mestih dosega tretjino ozemlja, se pri močno urbaniziranih območjih že zmanjša na 14 %, pri ogroženih in odmirajočih naseljih pa na vsega 4 %. Delež se ponovno nekoliko poveča na neposeljenem ozemlju (5 %). Presenetljivo ugotovitev lahko

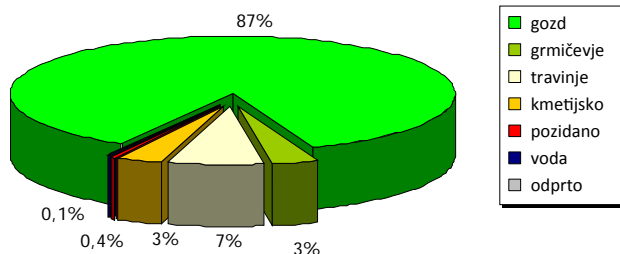
pojasnimo s prodišči in melišči v neposeljenih najvišjih delih dolin (npr. v dolini Velike Pišnice in Robanovem kotu) ter nekoliko nerodno vektoriziranim sloju neposeljenih območij, ki obsega tudi del Jesenic na desnem bregu Save (območje mednarodnega mejnega prehoda in Kurjo vas).

Omeniti velja velik delež vod (9%), saj so na omejenem prostoru ozkih dolin vključeni začetni deli vseh naših večjih rek, ki so neredko izkoriščeni za pridobivanje električne energije in zato (vsaj deloma) ojezerjeni (npr. Soča, Drava). Upoštevati je treba tudi Bohinjsko jezero in napako pri rastriranju, saj so velikosti celice 25 m prilagojeni tudi ožji vodotoki (širši od 5 m).

9.3 Visoke kraške planote in hribovja v karbonatnih kamninah

S prevlado karbonatnih kamnin v Sloveniji ni presenetljivo, da pokrajinskoekološki tip Visoke kraške planote in hribovja v karbonatnih kamninah sodi po obsežnosti med naše najbolj razprostranjene tipe.

Za podnebne razmere je zelo pomembno, da je zunanja pregrada visokih dinarskih planot na primorski strani najvišja, zato predstavlja temeljno podnebno ločnico, ki vpliva predvsem na količino padavin, a povsem izniči tudi učinke toplejšega podnebja nad morjem v notranjosti. Območja v tem tipu sodijo med naše najhladnejše predele, saj se povprečna letna temperatura le redkokje povzpne nad 8°C. Količina padavin se zmanjšuje od zahoda proti vzhodu. Največ padavin se izloči na južnih pobočjih visokega dinarskega roba (z več kot 3000 mm moče letno prednjačita obe najvišji planoti, Trnovski gozd in Snežnik). Zaradi znatnih nadmorskih višin je razumljivo, da v zimskem času ponekod zapade tudi precej snega.



Slika 58: Deleži pokrovnosti na visokih kraških planotah in hribovih v karbonatnih kamninah.

Posebnost so zaprte kraške kotanje oziroma mrazišča s svojo mikroklimo, za katero sta značilna slaba prevetrenost in izrazit toplotni obrat. V najglobljih kotanjah se pojavlja vegetacijski obrat (npr. v Smrekovi dragi na Trnovskem gozdu in Globoki vrtači na severni strani Snežnika).

Značilen vremenski pojav na območju Trnovskega gozda, Nanosa in Hrušice je burja, hladen in suh veter, ki se s planot spušča proti morju. Zaradi burje je na robu planot drevje zakrnelo in skrivenčeno, nekatera izpostavljena slemena pa so zaradi odpihovanja prsti ostala gola.

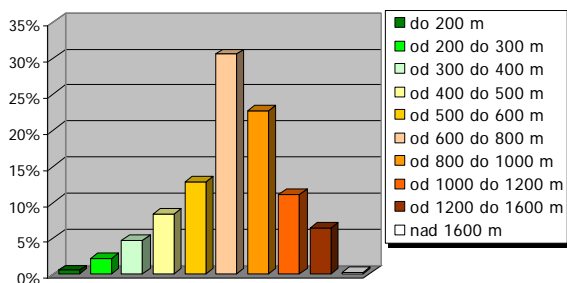
Omeniti je treba tudi pojav žleda, saj ležijo visoke kraške planote v t.i. žlednem pasu. Največ škode povzroči na drevju, v gozdovih in na različnih infrastrukturnih objektih.

Strma apnenčasta in dolomitna pobočja prekrivajo različni tipi plitvih rendzin, kjer pa je površje bolj uravnano, se pojavlja globlja rjava pokarbonatna prst. Na slabše topni dolomitni podlagi je prst plitvejša in navadno bolj kislota kot na apnencu. Zaradi zakraselosti je debelina prepereline zelo neenakomerna in se v večji količini pojavi le v posameznih skalnih žepih. V nekaterih kotanjah na Pokljuki in Jelovici so na pleistocenskih nanosih peska in gline, hidromorfna tla, gleji in šota, na katerih so se razvila visoka barja.

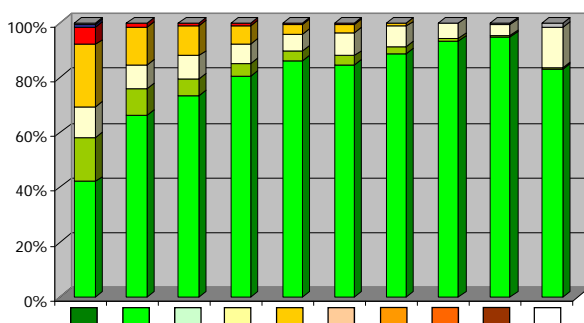
Obširna neposeljena območja po kočevskih pogorjih in snežniških gozdovih so omogočila ohranitev nekaterih živalskih vrst, ki jih je človek drugod že povsem iztrebil – medveda in volka ter umetno razširjenega risa in muflona. Nekatere divje živali (jelenjad, srnjad in divji prašiči) pa žal povzročajo škodo na že tako skromnih površinah obdelovalnih zemljišč (Perko in Orožen Adamič 1999).

Visoke kraške planote in hribovja v karbonatnih kamninah sodijo med najredkeje poseljena območja v državi, Javorniki in Snežnik pa so sploh brez stalnih prebivalcev. Obdobje industrializacije v zadnjih nekaj desetletjih je povzročilo nezadržno odseljevanje s prometno odmaknjenih višje ležečih območij v zaposlitvena središča, bodisi v podoljih dinarskih pokrajin, bodisi v Ljubljano in druga mesta. Tako je značilna prebivalstvena ogroženost in tudi že fizično odmiranje najvišje ležečih naselij, ter neugodna starostna sestava večine ostalih. Naselja so razmeščena na dnu in na pobočjih uval, na dnu plitvih kraških kotanj, na obodih kotlin, na pobočjih, na slemenih, v rečnih dolinah, v suhih dolinah, na ravninah in na robnih uravninah visokih planot (Kladnik 1999b, 305–306). Visok delež neposeljenega ozemlja (57 %) zahteva spremembo uresničevanja prebivalstvene politike za ta območja. Ravbar (1995, 77) ugotavlja, da se učinki ukrepov za pospeševanje manj razvitih (demografsko ogroženih ipd.) območij v

težnjah po zaustavitvi upadanja prebivalstva niso izkazali skoraj v nobenem primeru. V nekaterih obmejnih območjih se je proces razseljevanja v zadnjih letih celo poglobil, kar narekuje temeljitejše preverjanje vzrokov nastalega stanja. Zlasti vzrokov tiste narave, ki jih moramo iskati v premajhni pozornosti pospeševanja gospodarskega razvoja, infrastrukturnega opremljanja in drugih ukrepov, povezanih z zasnovami policentričnega razvoja Slovenije, ki se morajo uveljaviti, če želimo v nekaterih demografsko zelo kritičnih območjih, zlasti v zahodni, severovzhodni in južni Sloveniji še naprej zadržati poselitveni prostor.



Slika 59: Deleži višinskih pasov v visokih kraških planotah in hribovjih v karbonatnih kamninah.

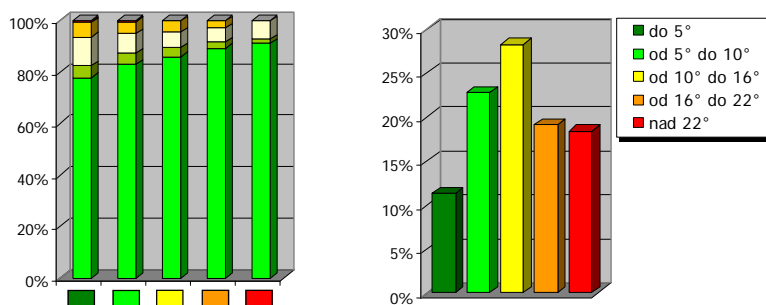


Slika 60: Pokrovnost visokih kraških planot in hribovij v karbonatnih kamninah glede na višinske pasove.

Opisan PET označuje izrazito velika gozdnatost. Delež gozda je s 87 % tudi najvišji od vseh PET. Najpogostejša drevesna vrsta je bukev, ki se ji na različnih rastiščih pridružijo predvsem jelka, pa tudi smreka, beli gaber, gabrovec, kostanj in hrast. Na prostranih visokih dinarskih planotah ponekod že prevladujejo iglavci, predvsem smreka in jelka. Ti gozdovi imajo velik gospodarski pomen, medtem ko so gozdovi

na strmih pobočjih večinoma varovalni. Z iglavci so bolj porasla osojna pobočja. Kljub dokaj intenzivnemu in dolgotrajnemu izkoriščanju so gozdovi zaradi slabe dostopnosti razmeroma dobro ohranili svoje značilnosti (Perko in Orožen Adamič 1999). Delež gozda se z višino zelo hitro večja, od nekaj nad 40 % v najnižjem pasu, do domala 95 % v višinskem pasu med 1200 in 1600 m, nato pa više od 1600 m (Uršlja gora, Snežnik) ponovno nazaduje na račun ekstenzivne travniške rabe. Tudi z večanjem nagiba se delež gozda povečuje. Glede na ekspozicijo, je pričakovano najnižji delež gozda na zemljiščih brez ekspozicije (61 %) in na južnih legah (77 %), kjer njegov delež nadomesti travinje, najvišji pa na severnih (92 %). Gozd je pomemben tudi z gospodarskega vidika, saj marsikateri kmetiji prispeva pomemben delež dohodka.

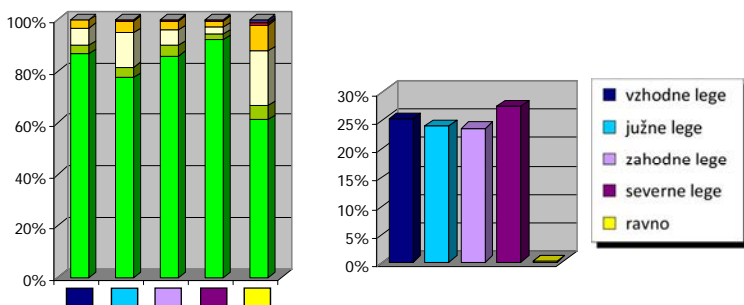
Delež kategorije grmičevje in zaraščanje je največji v nadmorskih višinah do 200 m (16 %), kar je povezano z lego tega pasu na obrobju Vipavske doline, kjer prevladuje nizek gozd. Z naraščanjem nadmorske višine in nagiba delež grmičevja nazaduje.



Slika 61: Pokrovnost visokih kraških planot in hribovij v karbonatnih kamninah glede na naklon in deleži naklonov.

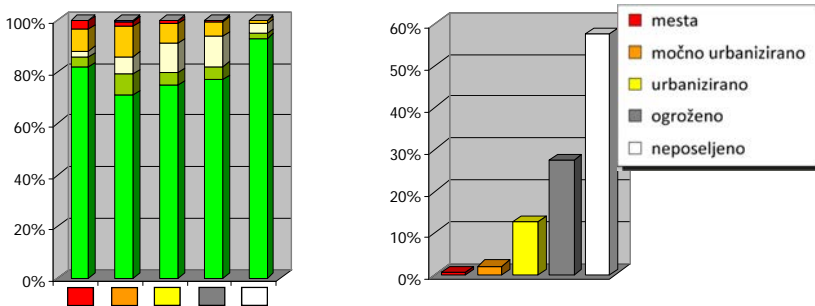
Poljedelstvo je bilo vseskozi namenjeno, in je še vedno, izključno samooskrbi. Uspevajo le odporne poljščine, med katerimi je najpomembnejši krompir in druge okopavine, ki so namenjene tudi za krmo živine. Uvajanje mehanizacije je bilo otežkočeno zaradi neurejenega dostopa in majhnih njiv, zato so jih večinoma zatravili ali prepustili gozdu (Kladnik 1999b, 307). Nizek delež intenzivne kmetijske rabe (3 %) zato ne preseneča. Vendar tudi majhen delež ekstenzivne travniške rabe (7 %) ne dopušča domnev o bolj obširno razvitem kmetijstvu, v tem primeru pašni živinoreji. Delež intenzivne kmetijske rabe je največji v najnižjem višinskem pasu in z naraščanjem višine hitro upada, medtem ko je delež ekstenzivne travniške rabe z

višino dokaj nespremenljiv, poveča se le v višinah nad 1600 m, to je nad zgornjo gozdno mejo. Kmetijska zemljišča so zgoščena na najbolj ugodnih lokacijah, torej na južnih legah in na zemljiščih brez naklona. Z večanjem strmine se zmanjšuje predvsem delež ekstenzivne travniške rabe. Glede na tipe naselbinskih območij je opazen največji delež kmetijske rabe v urbaniziranih, prehodnih in stabilnih podeželskih naseljih, vendar je razmerje med intenzivno in ekstenzivno rabo že v prid slednje. Ekstenzivnost rabe se povečuje z manjšanjem urbaniziranosti. Visok delež intenzivne kmetijske rabe v močno urbaniziranih obmestjih je zlasti posledica njihove lege na obrobju Vipavske doline.



Slika 62: Pokrovnost visokih kraških planot in hribovij v karbonatnih kamninah glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.

Pozidana in sorodna zemljišča obsegajo le majhen delež površja (0,4 %) in so v veliki meri zgoščena v najnižjih višinskih pasovih. Mestnih naselij v tem PET ni, kljub temu, da na njegovo ozemlje sega del teritorialnega območja mest. To potrjuje pokrovnost v omenjenem tipu naselbinskega območja, saj gozd pokriva več kot 80 % površja, delež pozidanih zemljišč pa je manjši od 4 %. Nasploh moramo biti pri interpretaciji pokrovnosti glede na tipe naselbinskih območij pri tem PET previdni, vsaj kar zadeva mesta in močno urbanizirana obmestja, saj jih najdemo le na obrobju, večidel na meji z Ljubljansko kotlino in Vipavsko dolino, njihov vpliv pa je zaradi neposeljenega zaledja (Krim, strmo pobočje Trnovskega gozda) dokaj majhen. Gostota pozidave (delež pozidanih in sorodnih zemljišč od vseh zemljišč) je v tem tipu najmanjša in je kar 42 krat manjša kot v kotlinah in 29 krat manjša kot v širših rečnih dolinah.

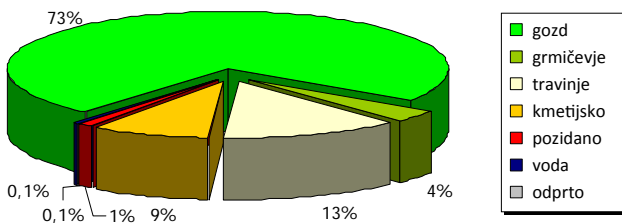


Slika 63: Pokrovnost visokih kraških planot in hribovij v karbonatnih kamninah glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.

Zaradi zakraselosti večjih površinsko tekočih voda ni. Mreža manjših potokov je nekoliko gostejša le na prevladujočem dolomitu (to je v hribovju vzhodno od doline Meže, Kumskem hribovju in delu Krimskega hribovja).

9.4 Hribovja v pretežno nekarbonatnih kamninah

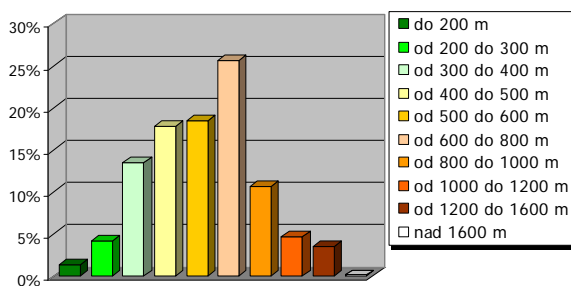
Hribovja v pretežno nekarbonatnih kamninah predstavljajo površinsko največji PET, ki obsega tako gričevje (Vipavska brda) in nižje hribovje (Kambreško, Brkini) v Primorju, kot nižje (npr. Polhograjsko hribovje, Kozjak, Boč) in višje hribovje (Cerkljansko, Idrijsko in Škofjeloško hribovje, velik del Posavskega hribovja, Golte s Smrekovškim pogorjem, Pohorje) v predalpskih pokrajinah Slovenije. Z razprostranjenostjo, reliefno razčlenjenostjo in pestrostjo kamnin je povezan mozaik pokrajinskih značilnosti.



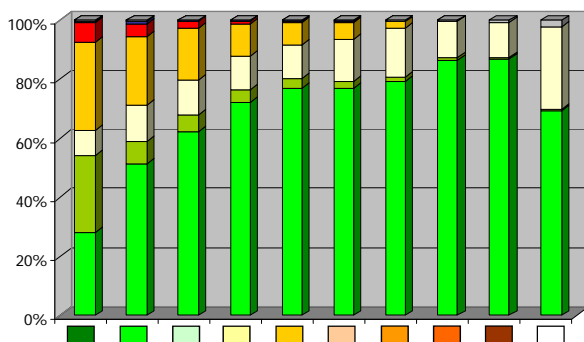
Slika 64: Deleži pokrovnosti v hribovijh v pretežno nekarbonatnih kamninah.

Povprečne letne temperature so najvišje v Vipavskem gričevju (Slap, 11,8°C) nato pa se z naraščanjem nadmorske višine znižujejo. Najhladnejše je zato na Smrekovcu, Golteh in vršnih delih Pohorja. Višina padavin se zmanjšuje od zahoda proti vzhodu in jugu. Največ jih prejme Idrijsko hribovje (Vojsko, 2764 mm), najmanj najvzhodnejši odrastki Posavskega hribovja in Vzhodnih Karavank (Zbelovska gora, 1167 mm).

V Cerkljanskem, Idrijskem, Škofjeloškem in Polhograjskem hribovju glede temperatur izstopa toplotni pas na prisojnih pobočjih med 600 in 800 m nadmorske višine. Zaradi ugodnih razmer so tu nastala razmeroma velika naselja, od katerih so bila nekatera v preteklosti celo občinska središča. Podobni toplotni pasovi se pojavljajo nad dolinami in kotlinami tudi v drugih hribovjih.



Slika 65: Deleži višinskih pasov v visokih kraških planotah in hribovjih v karbonatnih kamninah.

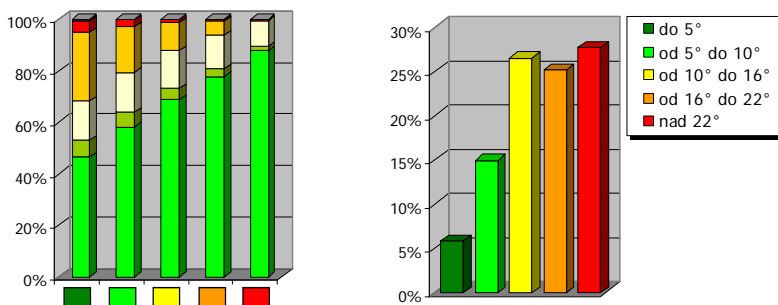


Slika 66: Pokrivenost visokih kraških planot in hribovij v karbonatnih kamninah glede na višinske pasove.

Na nastanek prsti najbolj vplivajo kamnine. Na nepropustnih kamninah so se razvile kisle rjave prsti, na vmesnih apnencih in dolomitih pa rjave pokarbonatne prsti in zlasti na strmejših pobočjih rendzine. Na Pohorju se v manjših zaplatah nahaja pravi podzol, na zamočvirjenih območjih pa so se razvile barjanske prsti. Na flišu Vipavskega gričevja prevladujejo rodovitne rjave prsti, na Brkinih pa humozne silikatne oziroma kisle prsti s tankim organskim humusnim slojem, ki leži neposredno na preperelem flišu. Najbolj rodovitna prst na Brkinih je na temenih slemen, kjer se je razvila do pol metra debela plast peščene prsti (Perko in Orožen Adamič 1999).

Prebivalstvo v večini hribovskih naselij že desetletja upada, saj se seli v dolinska naselja, zlasti večja industrijska središča ter kraje z ugodnimi prometnimi zvezami do bližnjih zaposlitvenih središč. V odročnih delih prevladujejo manjša kmečka naselja in samotne kmetije. Izrazita je dnevna migracija v zaposlitvena središča izven PET, pa tudi izven pokrajine, kar je zlasti značilno predvsem za Polhograjsko hribovje.

Tudi za ta PET je značilna zelo velika gozdnatost. Gozdovi pokrivajo domala tri četrtine površja in so zaradi raznolikih podnebnih značilnosti in kamninske podlage zelo pestri. V Idrijskem, Cerkljanskem, Škofjeloškem in Polhograjskem hribovju prevladujejo bukovi gozdovi, med katerimi se na prisojnih legah pojavlja toploljubni gozd bukve in gabrovca, na osojnih gozd bukve in jelke, na območjih z bolj kislimi prstmi pa kisloljubni gozd bukve, kostanja in hrastov. Na Pohorju je največ smrekovih gozdov. Listavci so se ohranili predvsem na strmejših pobočjih, deloma zato, ker je človek tam manj spreminjal sestavo gozda. Gole planje na vrhovih so posledica človekovega delovanja, saj je klimatska gozdna meja v nadmorski višini okoli 1600 m. V Posavskem hribovju se na silikatnih kamninah pojavlja kisloljubni gozd bukve, kostanja in hrastov, na prisojnih pobočjih in v bližini kmetij pa drugotni gozd gradna. V Vipavskem gričevju prevladuje hrast graden. Gozdno rasteje so marsikje prizadeli večji krajevni onesnaževalci, med katerimi sta največja termoelektrarni Šoštanj in Trbovlje (Perko in Orožen Adamič 1999). Delež gozda z naraščanjem nadmorske višine napreduje vse do razreda nad 1600 m (Smrekovško pogorje, Golte, vršni deli Pohorja), ko ponovno nazaduje na račun ekstenzivne travniške rabe. Veliko večja, kot pri hribovjih v karbonatnih kamninah, je razčlenjenost glede na naklon. Gozda je na območjih z nagibom manjšim od 5° 47 % nato pa delež enakomerno narašča do 88 % na območjih z nagibom večjim od 22°.

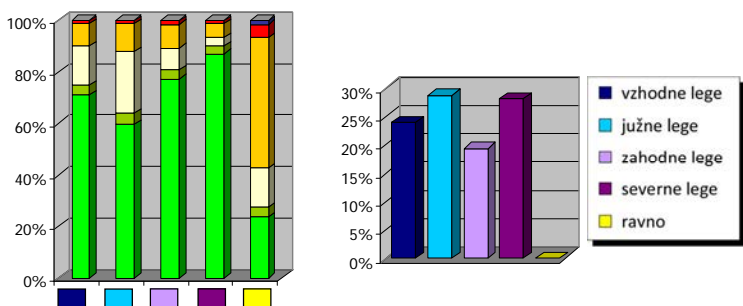


Slika 67: Pokrovnost visokih kraških planot in hribovij v karbonatnih kamninah glede na naklon in deleži naklonov.

Grmičevje se pojavlja večinoma v nižjih nadmorskih višinah, nato pa njegov delež nazaduje. Izstopajoč je velik delež v pasu do 200 m (26 %), za kar vzrok je v nizkem gozdu Vipavskega gričevja, kjer se nahaja večji del teh višin. Tudi z večanjem nagiba se delež grmičevja zmanjšuje. To bi lahko pojasnili v luči tega, da je proces ogozdovanja na strmejših in višjih delih hribovij že bolj ali manj zaključen, medtem ko je v nižjih mnogo bolj izrazit. V PET se, kot še marsikod, uveljavlja takšna struktura prebivalstva, ki se ne more več obnavljati in svoj poselitveni prostor vse težje gospodarsko obvladuje ter se zato mnoga, zlasti manj kakovostna obdelovalna zemljišča opuščajo in zaraščajo z gozdom (Kladnik in Ravbar 2003, 25–28). Če upoštevamo še, da z višjih hribovitih območij odseljevanje poteka že več kot četr stoletja, ugotovitev ni presenetljiva.

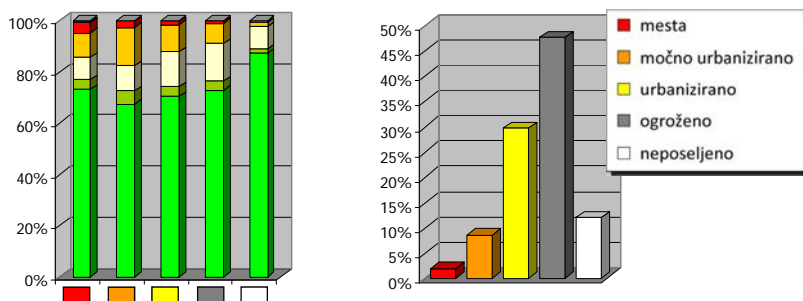
Zemljišč namenjenih kmetijski rabi je malo, 9 % z intenzivno kmetijsko in 13 % z ekstenzivno travniško rabo. Pogosto, kot npr. na Kambreškem, je živinoreja edina kmetijska dejavnost, zato prevladujejo travniki in pašniki. Njiv je malo, omejene so na najrodovitnejša tla. V iskanju tržnih niš, se ponekod ponovno uveljavljajo že skoraj opuščene kmetijske dejavnosti, kot so konjereja, ovčereja in čebelarstvo. Delež intenzivne kmetijske rabe se z naraščanjem nadmorske višine in nagiba znižuje, medtem ko ostaja delež ekstenzivne travniške rabe dokaj nespremenljiv. V primerjavi z visokimi kraškimi planotami in hribovij v karbonatnih kamninah je delež kmetijske rabe dvakraten. Odločilni dejavnik je mnogo gostejša rečna mreža in s tem večja razpoložljivost vode.

Pozidana in sorodna zemljišča obsegajo približno odstotek površja in se v nekoliko večjih deležih pojavljajo le v višinskih pasovih do 400 m nadmorske višine in nagibih do 10°.



Slika 68: Pokravnost visokih kraških planot in hribovij v karbonatnih kamninah glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.

Pri ekspozicijah je spremenljivost zelo velika. Izrazito izstopa pokravnost na zemljiščih brez ekspozicije, saj s kar 50 % prevladuje intenzivna kmetijska raba, gozda pa je le 23 %. Deloma je to posledica zelo majhne površine ozemlja brez lege. Gozda je manj kot običajno tudi na južnih legah, kjer ga zamenja večji delež ekstenzivne travniške rabe. Zanimiva je razmeroma velika razlika med pokravnostjo vzhodnih in zahodnih leg, kakršna se pojavi le še v visokogorju. Zahodne lege imajo več gozda in manj ekstenzivne travniške rabe, kar je povezano z razlikami v prejeti sončni energiji. Pri legi ni večjih razlik v pokritosti z grmičevjem in, zanimivo, intenzivni kmetijski rabi, razen seveda pri že prej omenjenih zemljiščih brez ekspozicije. V vseh pogledih ponovno izstopajo severne lege z največjim deležem gozda (87 %) in najmanjšim pri vseh ostalih kategorijah.

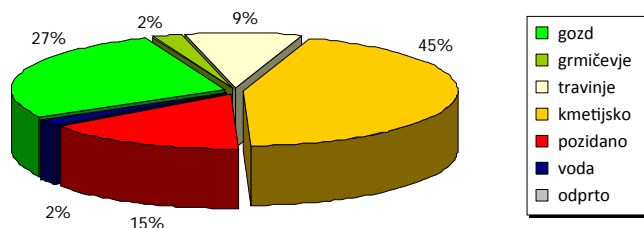


Slika 69: Pokravnost visokih kraških planot in hribovij v karbonatnih kamninah glede na naselbinskega območja in deleži tipov.

Z vidika tipov naselbinskih območij je z manjšanjem urbaniziranosti opaziti naraščanje gozdnatosti in ekstenzivnosti kmetijske rabe ter upadanje skupnega deleža kmetijskih zemljišč, z izjemo mestnih naselij. Le-ta se nahajajo v dolinah in kotlinah izven PET, a njihovo teritorialno ozemlje sega tudi v hribovja, vendar večinoma obsegajo strma pobočja nad dolinami in kotlinami, zato takšna razporeditev pokrovnosti ne preseneča.

9.5 Medgorske kotline

Med medgorske kotline štejemo naše največje kotline, to je Ljubljansko, Celjsko (oz. njen osrednji in zahodni del, torej Spodnjo Savinjsko dolino), Velenjsko, Slovenjgraško in Litijsko. Površje je večinoma uravnano s posameznimi osamelci in bolj razgibanim obrobjem, ki prehaja v gričevje, hribovje in ponekod gorovje. Medgorska lega pomembno vpliva na podnebje kotlin. Visokogorsko in hribovito obrobje zmanjšuje vetrovnost in pospešuje toplotni obrat. Le-ta se pojavlja zlasti v hladni polovici leta in povzroča nastanek jezer hladnega zraka ter z njimi povezano meglo in veliko onesnaženost zraka. Megla lahko vztraja tudi več dni zapored. Količina padavin se zmanjšuje od zahoda proti vzhodu ter severa proti jugu, torej z oddaljevanjem od gorskih pregrad (Lesce, 1541 mm, Celje 1146 mm).



Slika 70: Deleži pokrovnosti v medgorskih kotlinah.

Za nastanek in lastnosti prsti so najpomembnejši kamninska osnova, relief in vodne razmere. Na holocenskem površju so na prodnatih in peščenih nanosih nastale obrečne prsti, ki so mlade, nerazvite, karbonatne z alkalno reakcijo. Primerne so za travnike. Na njih se razraščajo tudi logi vrbovja in topolov. Na mlajših prodnih terasah in grobljah so nastale rendzine, ki so dokaj rodovitne in zato na njih prevladujejo njive, naravno rastje pa je skoraj povsem izkrčeno. Na starejših prodnih terasah so se razvile evtrične rjave prsti, ki so globlje od rendzin in vsebujejo manj karbonatov. Kjer so manj kakovostne, se na njih pojavlja antropogeni, večinoma smrekov gozd. Na konglomeratu so nastale kisle rjave in

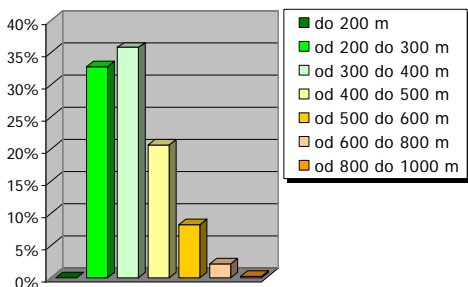
izprane rjave prsti. Za obdelavo so manj primerne, zato jih večinoma prerašča kisloljubni borov gozd.

Na Ljubljanskem barju so se na slabo propustnih glinastih in ilovnatih usedlinah, ki močno ovirajo odtekanje padavinske vode, razvile oglejene prsti na katerih so travniki s krmo slabe kakovosti. Pomanjkanje kisika je pripomoglo h kopičenju organskih snovi, zato so nastale šotne prsti, ki pa so se ohranile le v manjšem obsegu. V Velenjski kotlini so se na pliocenskih usedlinah v okolici Velenja razvile psevdooglejene prsti, na katerih so večinoma travniki. Le-ti preraščajo tudi oglejene prsti v dolinah potokov, ki pritečejo s severnega dela. Ob Paki in pritokih so rjave naplavne prsti, na katerih prevladujejo njive (Perko in Orožen Adamič 1999).

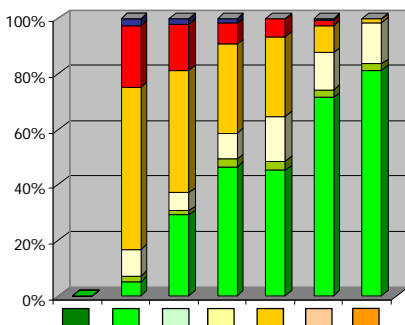
V obsežnih prodnih naplavinah je shranjena podtalnica, ki predstavlja pomemben vir pite vode, a je hkrati zaradi večanja gostote poselitve, industrije in drugih dejavnosti pod nenehnim pritiskom. Ponekod se gladina podtalnice znižuje (npr. na Ljubljanskem polju), na kar vpliva vse večja poraba vode in vse pogostejša daljša sušna obdobja.

Dostopnost do delovnih mest, izobraževalnih ustanov in storitev, zagotovljena socialna varnost in več prostega časa so bili glavni motivi za intenzivno priseljevanje. Zato so medgorske kotline območja najbolj intenzivne poselitve, naglega industrijskega razvoja in koncentracije infrastrukturnih sistemov, kar v pokrajini povzroča nemalo razvojnih konfliktov. Do nasprotja prihaja predvsem med kmetijstvom, gradbeništvom, industrijo, turizmom in varstvom okolja.

Značilna je visoka urbaniziranost, razumljena kot prevlada mestnega načina življenja, v zadnjih dveh desetletjih pa je opazen tudi pojav suburbanizacije, kot razseljevanje prebivalstva iz mest na širša in ožja obmestja. Koncentracija prebivalstva v obmestnih naseljih poteka bolj ali manj stihijsko. Spremlja jo razpršena stanovanjska gradnja prostostoječih individualnih stanovanjskih hiš, ki je tudi najbolj opazna poteza pokrajinskega videza zunajmestnih območij. Pogojena je z liberalnim nakupom zemljišč in premalo selektivno urbanistično politiko. Za (sub)urbanizirana območja je značilna izjemno močna dnevna migracija, ki okvirno zajema polovico zaposlenih. Prebivalstvo teh območij je v »vsakodnevnem stiku« z mestom, ki je praviloma tudi zaposlitveno središče (Ravbar 1995, 77; Ravbar 1998, 311).



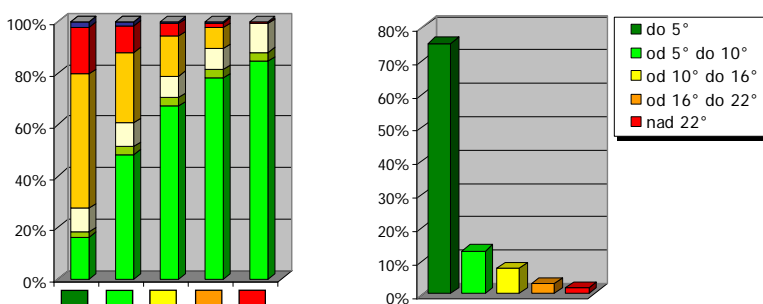
Slika 71: Deleži višinskih pasov v medgorskih kotlinah.



Slika 72: Pokrovnost medgorskih kotlin glede na višinske pasove.

Z industrializacijo Ljubljanske kotline so bili ob nekaterih velikih tovarnah značilni številni manjši in raznovrstni industrijski obrati, deloma močno specializirani, ki so se naslonili na kvalificirano delovno silo. Zaradi upada zaposlenosti v velikih tovarnah z deindustrializacijo od konca osemdesetih let 20. stol. naprej, pa se je močnejše kot drugje (še posebej v Ljubljani in okolici Domžal) razmahnila proizvodna in storitvena obrt, ki je specializirana in povezana tudi s tujimi trgi (Pak in Perko 1996, 8). Tudi v ostalih kotlinah se je z deindustrializacijo povečal delež zaposlenih v terciarnih ter novejšem času kvartarnih dejavnostih. Bled z okolico sodi med naša najbolj privlačna turistična območja. Podobno velja za Ljubljano, ki ji turistični promet povečujeta še poslovna in sejemska ponudba. Turistično privlačna so tudi vsa srednjeveška mestna jedra in, vedno bolj, obnovljeni gradovi. Z uspešno oživitvijo pokrajine in razvojem turistično-rekreativnih dejavnosti, zlasti ob ugrezninskih jezerih, pa v tem pogledu ne smemo mimo Velenjske kotline.

Gozdnega rastja je malo, saj pokriva komaj 27 % površine. Najpogostejše drevesne vrste v Ljubljanski kotlini so rdeči bor, beli gaber, bukev, kostanj, hrasti in jelka, v Spodnji Savinjski dolini pa rdeči bor, bukev, domači kostanj in hrasti. Največ gozda je na najstarejših, konglomeratnih terasah in na drugih območjih s slabšo prstjo, v dobršni meri pokriva tudi bolj razgibano ozemlje (Dobrave v Ljubljanski kotlini) in osamelce. Zato ni presenetljivo, da se delež gozda z naraščanjem nadmorske višine povečuje. V pasu med 200 in 300 m nadmorske višine ga je komaj 5 %. Delež gozda narašča tudi z večanjem strmine. V nagibu do 5°, ki obsega tri četrtine površja, ga je 16 % nagibu nad 22° pa več kot štiri petine.



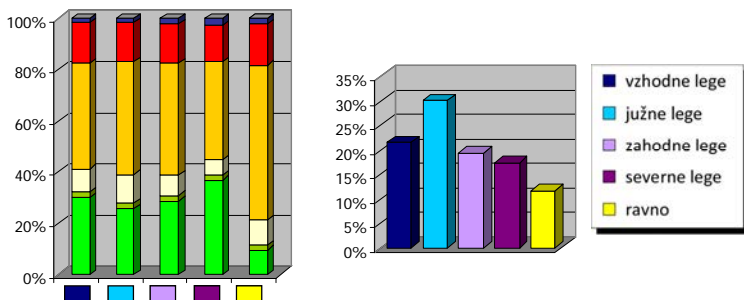
Slika 73: Pokrovnost medgorskih kotlin glede na naklon in deleži naklonov.

Kotline z velikim deležem uravnanege ozemlja pomembno prispevajo h kmetijski proizvodnji Slovenije, zato velik delež intenzivne kmetijske rabe (45 %) ne preseneča. Vendar v Ljubljanski kotlini, kljub njeni primernosti za kmetijstvo, le še 23 % kmetijskih zemljišč pokrivajo njive, nad 70 % pa travniki in pašniki. Poljedelstvo je najbolj razvito osredje kotline, kjer prevladuje intenzivna pridelava nekaterih žitaric in krompirja, v okolici Ljubljane pa tudi zelenjave za oskrbo mesta. (Pak in Perko 1996, 7–8). Svojevrstna pokrajinska značilnost Savinjske ravni so hmeljišča, ki obsegajo dobro četrtino kmetijskih površin, a imajo mnogo večjo tržno veljavo. Žita v Savinjski dolini obsegajo desetino kmetijskih zemljišč, okopavine slabo desetino, krmne rastline pa dobro polovico (M. Natek 1999, 175). V Velenjski kotlini ima kmetijstvo v razvoju pokrajine vedno manjši pomen. Razvita sta ekstenzivna živinoreja in gozdarstvo, opušča pa se polikulturno poljedelstvo (Počkaj Horvat 1999, 140). Ekstenzivna travniška raba obsega 9 % zemljišč. Njen delež je glede na naravne in družbene dejavnike dokaj nespremenljiv, iz česar lahko sklepamo, da se njen pomen ne spreminja oziroma je prilagojena tako prvim kot drugim. Naravni dejavniki imajo mnogo večji vpliv na intenzivno kmetijsko rabo in pozidavo.

Zanimivo je, da manjšanju deleža prve ne sledi večanje deleža ekstenzivne travniške rabe, temveč večanje deleža gozda. Tudi iz tega lahko sklepamo na zelo intenzivno izrabo razpoložljivih zemljišč, saj na slabših (višjih, bolj nagnjenih, s slabšo prstjo) tudi bolj ekstenzivna kmetijska pridelava ne bi bila smotrna.

Kategorija grmičevje in zaraščanje obsega komaj 2 % površja in je glede na naravne in družbene dejavnike zelo stanovitna. To potrjuje veliko intenzivnost izrabe zemljišč v kotlinskih območjih. Le stežka bi govorili o zaraščanju v pravem pomenu besede. Večinoma gre za slabši gozd, na manj rodovitnih, mokrotnih zemljiščih.

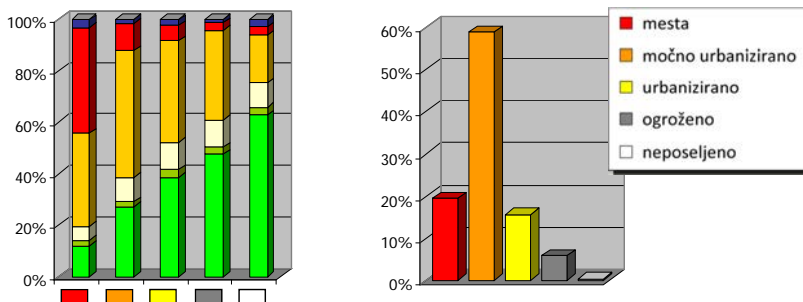
Z vidika ekspozicije ni večjih razlik, kar ni presenetljivo, saj so nakloni majhni in zato lege neizrazite. Prav zato je delež pozidanih zemljišč na vseh legah malone enak. Opaznejši je nekoliko večji delež gozda in manjši delež ekstenzivne travniške rabe na severnih legah.



Slika 74: Pokrovnost medgorskih kotlin glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.

Velika obremenjenost prostora je razvidna tudi iz visokega deleža pozidanih zemljišč, ki pri medgorskih kotlinah znaša kar 15 % vse površine in je največji tako v absolutnem, kot relativnem smislu. Vendar so tudi znotraj PET precejšnje razlike. Delež pozidanih zemljišč se zmanjšuje z naraščanjem nadmorske višine. Tako v pasu med 200 in 300 m znaša 22 % med 300 in 400 m 16 % v naslednjem, to je med 400 in 500 m, pa se že prepolovi na 8 %. Tudi z naraščanjem strmine delež pozidanih zemljišč nazaduje. Pri nagibu do 5° znaša 16 % nato pa hitro upade. Največjo razliko je opaziti pri tipih naselbinskih območij. Že njihova struktura se razlikuje od ostalih PET, saj je delež ozemlja, ki ga zavzemajo močno urbanizirana obmestja najvišji, izrazito visok pa je tudi delež ozemlja, ki pripada mestom. Podoben ustroj imajo še širše doline in obalne ravnice v primorskem delu Slovenije. V mestih delež pozidanih zemljišč obsega kar 41 % medtem ko že pri močno

urbaniziranih obmestjih nazaduje na 10 %. Tudi iz tega lahko razberemo mnogo večjo koncentracijo pozidanega prostora v mestih.



Slika 75: Pokrovnost medgorskih kotlin glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.

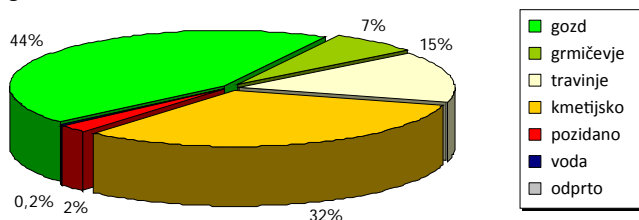
Pričakovati je, da bo s prevladujočim načinom gradnje prostostojećih enodružinskih hiš in pozidave še razpoložljivih prostih zemljišč v okolici mest in urbaniziranih obmestij z industrijsko-obrtnimi conami ter nakupovalnimi središči, delež pozidanih zemljišč še napredoval.

9.6 Gričevje v notranjem delu Slovenije

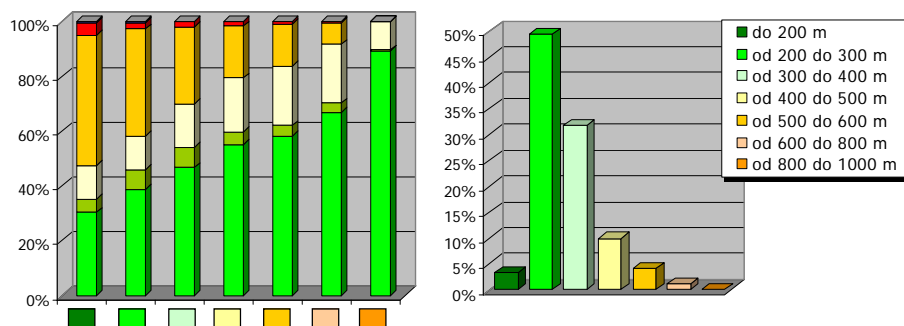
Zelo obsežen PET obsega gospodarsko razmeroma slabo razvito gričevje vzhodnega dela Slovenije. Kljub splošni zaostalosti pa se znotraj tipa pojavljajo razlike, saj obsega tako različne pokrajine, kot je Moravško-Trboveljsko-Laška sinklinala, podolja (Hotuljsko, Vitanjsko) ter nižje (npr. Dravinjske gorice, Bizeljsko, Lendavske gorice) in višje gričevje (npr. Krško gričevje, Slovenske gorice, Haloze). Gričevja so večinoma zgrajena iz lapornatih, peščenih in ilovnatih usedlin. Podnebje je subpanonsko s hladnimi zimami in toplimi poletji. Na pobočjih je izrazit toplotni pas, kjer so izjemno ugodne razmere za rast vinske trte. Padavin je sorazmerno malo, njihova količina pa se povečuje od severovzhoda (Veliki Dolenci, 804 mm) proti jugozahodu (Vinji vrh, 1150 mm). Poletni padavinski višek je v tej smeri vedno manj izrazit.

Zaradi pestre kamninske osnove, reliefne razčlenjenosti in različnih vodnih značilnosti so se razvile zelo raznolike prsti. Na prehodu iz ravnin in dolin v vzpet gričevnat svet se na nagnjenem površju pojavljajo pobočni psevdogleji. V Krškem gričevju in na Bizeljskem so se na laporju razvile rjave prsti, ki so skorajda v celoti izkoriščene za obdelovalne površine. Na apnencu in dolomitu so nastale

pokarbonatne prsti. V Halozah na lapornati podlagi prevladujejo plitve rendzine in evtrične rjave prsti. Slemena in višja pobočja Goričkega pokrivajo peščno-ilovnate prsti s kremenčevim prodrom in peskom. Velik del Slovenskih goric prekrivajo evtrične karbonatne prsti. Kjer so se razvile na peščenjaku, so zaradi počasnejšega preperevanja in izluženja karbonatov nekoliko bolj kisle. Zaradi odplakovanja imajo prsti na strmejših pobočjih manj rastlinskih hranil kot tiste na položnejših. Tudi gnojenje vinske trte je na takih površinah manj učinkovito (Perko in Orožen Adamič 1999). Zaradi hitrega preperevanja kamnin in obilnih poletnih nalivov, kot tudi intenzivne kmetijske rabe ter krčenja gozda, je za gričevja značilna močna erozija prsti, proti kateri se borijo na različne načine. Ponekod z izgradnjo teras, drugod tako, da čez njive na nagnjenih pobočjih skopljejo jarke. Zemljišča kjer je bil boj proti eroziji neuspešen, je bilo treba zatraviti, najbolj izpostavljena so prepustili gozdu.



Slika 76: Deleži pokrovnosti v gričevju notranjega dela Slovenije.



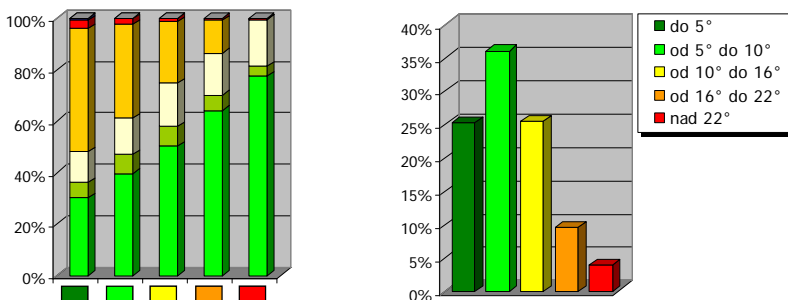
Slika 77: Pokrovnost v gričevju notranjega dela Slovenije glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.

Značilna je prevlada razpotegnjenih razloženih naselij z manjšimi dolinskimi in večjimi ter bolj pogostimi slemenskimi zaselki. Proti jugu in notranjosti Slovenije je tudi v gričevju vse več v jedru gručastih vasic, ki jih navadno obkrožajo manjši

zaselki (Belec 1999, 543). Kljub dobremu prometnemu položaju so nekatera območja oddaljena od glavnih prometnic.

V velikem delu naselij prevladujejo neugodna starostna struktura, oddaljenost od delovnih mest, visoka brezposelnost in slaba izobrazbena struktura. Precej ljudi preživlja kmetijstvo, vendar se marsikod srečujejo s slabimi prodajnimi možnostmi in deloma tudi neugodnimi naravnimi razmerami. Zato ni presenetljivo, da v ta PET sodijo nekatero najbolj nerazvite pokrajine Slovenije (npr. Haloze in Goričko).

Zidanice med vinogradi so izjemno privlačne za preureditev v počitniška bivališča. Nekateri deli gričevij spadajo tako med območja z največjo gostoto počitniških bivališč pri nas. V mnogih primerih so novozgrajeni objekti premalo spoštovali zakonitosti obstoječe stavbne strukture ter s tem kazijo celotno podobo vaških naselij, po drugi strani pa v razvojno problematičnih vinogradniških območjih marsikod ponujajo možnost stalnega bivališča ostarelim lastnikom, ki so se po koncu delovne dobe iz mest vrnili na podeželje in prepustili stanovanja v mestih otrokom (Kladnik in Ravbar 2003, 22). V zadnjem času skušajo pospešiti turistični utrip ob vinskih cestah, a je uspeh zaenkrat skromen.

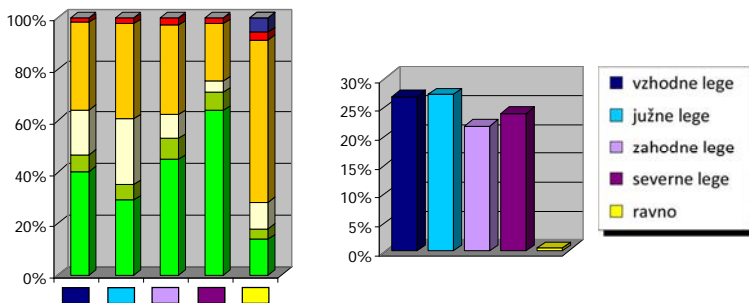


Slika 78: Pokrovnost v gričevju notranjega dela Slovenije glede na naklon in deleži naklonov.

Gozdovi pokrivajo 44 % površja in so se ohranili predvsem v strmih osojnih legah, na vlažnih ali siromašnih tleh in na nekdanjih posestih posvetne ali cerkvene gosposke. Prevladuje listavci: bukev, kostanj, beli gaber, dob in graden. Na najrevnejših tleh se širi rdeči bor (Perko in Orožen Adamič 1999).

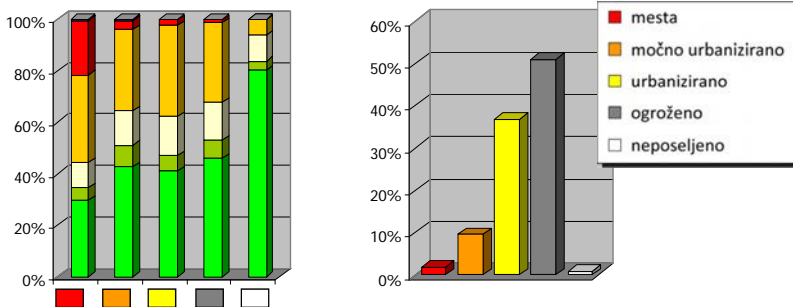
Z vidika višinske razporeditve in naklonskih razredov so lepo opazne določene pravilnosti. Z naraščanjem nadmorske višine in večanjem strmine pobočij enakomerno napredujeta tudi deleža gozda in ekstenzivne travniške rabe, medtem ko delež intenzivne kmetijske rabe nazaduje. Bolj enakomerno oziroma počasneje,

kot pri ostalih PET se zmanjšuje delež pozidanih zemljišč. Delež grmičevja ostaja razmeroma nespremenljiv. Med vzroke za takšno razporeditev lahko prištevamo poseljenost slemen in organiziranost kmetijske dejavnosti. Njeno težišče resda predstavlja bolj uravnano ozemlje v nižjih višinah, vendar imajo pomembnejšo vlogo zemljišča z večjimi nagibi, saj se na njih razraščajo vinogradi, medtem ko je v vlažnih dolinskih in ravninskih območjih večji zlasti delež travnikov. Veliko vlogo imajo sadovnjaki, ki segajo tudi niže na prisojna obrobja dolinskega dna, kot vinogradi. Delež ekstenzivne travniške rabe (15 %) je zaradi načina klasifikacije nekoliko pretiran, kar gre predvsem na račun intenzivne kmetijske rabe.



Slika 79: Pokrovnost v gričevju notranjega dela Slovenije glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.

Izrazite so razlike v pokrovnosti glede na ekspozicijo. Razlika v gozdnatosti med severnimi (64 %) in južnimi legami (30 %) je celo večja kot v visokogorju in je predvsem posledica ugodnejše mikroklimе na južnih pobočjih, ki so zato primernejša za njive in na strmejših delih vinograde, medtem ko so severnejša pobočja hladnejša in bolj vlažna. Delež pozidanih zemljišč se z vidika lege ne razlikuje bistveno, kar je razumljivo, saj so naselja večinoma v dolinah in na širših temenih slemen.

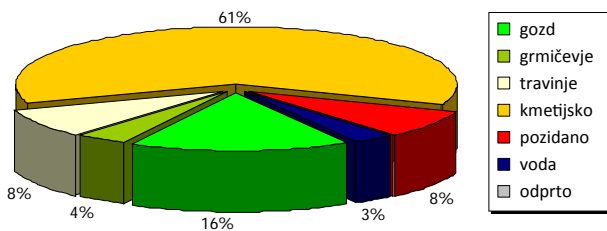


Slika 80: Pokrovnost v gričevju notranjega dela Slovenije glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.

Z manjšanjem urbaniziranosti, nazaduje tudi delež pozidanih zemljišč. Pri mestih je pozidanega dobra petina ozemlja (21 %), vendar že pri močno urbaniziranih območjih delež nazaduje na vsega 3 %. To kaže na izrazito zgoščenost prebivalstva v mestih, medtem ko na ostalem ozemlju prevladujejo manjša naselja. Z izvetjem neposeljenih območij je delež intenzivne kmetijske rabe pri vseh tipih naselbinskih območij razmeroma nespremenljiv. Podobno velja za ekstenzivno travniško rabo, katere delež je nekoliko nižji le pri mestih. Iz tega lahko ugotovimo, da opuščanje obdelave zemljišč poteka enako oziroma vsaj podobno intenzivno ne glede na stopnjo urbaniziranosti. Vzrok za razmeroma visok odstotek kmetijskih zemljišč v neposeljenih območjih je v napačni prostorski opredelitvi teh območij, saj segajo tudi na ozemlje samotnih kmetij in manjših zaselkov.

9.7 Ravnine in širše doline v gričevju notranjega dela Slovenije

V ta PET sodijo obsežne ravnine (Dravska, Murska in Krška ravan), manjše kotline (Mirnska kotlina) in širša dolinska dna (npr. Ščavniško, Pesniško, Ložniško in Dravinjsko) ter ožje doline (npr. Kolpe, spodnje Voglajne in srednje Sotle), katerih skupna značilnost je podnebni vpliv panonskih pokrajin. Toplotni obrat v dolinah in na ravninah je manj opazen kot drugod v Sloveniji. Za kmetijstvo je pomembno, da so aprilske temperature višje od oktobrskih in višek padavin v rastni dobi rastlin. Kljub temu se poleti zaradi povečanega izhlapevanja pojavlja vlažnostni primanjkljaj, zaradi velike variabilnosti padavin v posameznih letih pa so pogoste tudi suše. Množina moče se povečuje od severovzhoda (Lendava, 830 mm) proti jugozahodu (Novo Mesto, 1138 mm).



Slika 81: Deleži pokrovnosti ravnin in širših dolin v gričevju notranjega dela Slovenije.

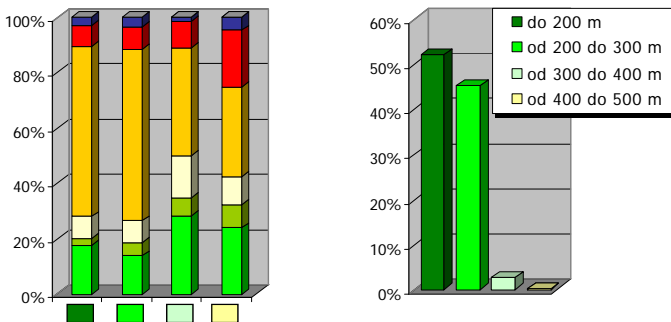
Razlike v pedološki odeji so povezane z izoblikovanostjo površja, kamninsko osnovo in vodnimi lastnostmi. Za karbonatni prod ob Dravi je značilna obrečna prst, ki s pojavlja tudi ob Muri. Bolj razširjeni so rankerji in rjava tla na nekarbonatnem ledeniško-rečnemrodu Dravskega in Ptujkega polja ter na Prekmurski ravnini. Na njih prevladujejo njive. Ob Dravinji, Polskavi, Pesnici, Ščavnici in Ledavi sta razviti oglejena in psevdooglejena prst. Tamkajšnja, nekdam po večini zamočvirjena zemljišča s travinjem, so meliorirana in spremenjena v njive. V severnem delu Ptujkega polja je na ilovici razširjena za poljedelstvo posebno ugodna evtrična rjava prst, značilna tudi za območje med Goričkim in Lendavskimi goricami ter prodne terase Krške ravni (Belec 1999, 539). Teras ob Kolpi pokriva rodovitna obrečna ilovnata prst, zato se v ozkem pasu ob reki stiska več naselij (Hrvatini 1999, 440).

Na Murski in Krški ravnini ter v širših dolinah znotraj gričevij prevladujejo gručaste, na Dravski ravnini obcestne vasi, ki jih je precej tudi na prej omenjenih ravninah, ob njih pa se pojavljajo središčne in dolge vasi. Naselja so postavljena tako, da so ohranjena najbolj kakovostna zemljišča in so hkrati varna pred poplavami. Zato jih najdemo po robovih dolin ali nad ježami teras, pa tudi na stičišču mokrotnega in sušnega ozemlja (Belec 1999, 542).

Ravnine in širše doline v gričevju notranjega dela Slovenije so znane po svoji kmetijski usmerjenosti, vendar ne smemo mimo pomena industrije in proizvodne obrti. Kljub policentrični razvojni politiki je večji del območja, z izjemo Maribora z okolico, zaostal za gospodarskim razvojem preostale Slovenije. Vendar so se pozitivni učinki načrtnega ustanavljanja dislociranih industrijskih obratov vseeno pokazali, zlasti v večjih možnostih nekmetijskega zaposlovanja in preprečevanju prebivalstvenega praznjenja podeželja. Hkrati so se s pospešeno industrializacijo širila območja urbanizacije in suburbanizacije ter koncentracija prebivalstva, zlasti na Dravski ravnini. Zaradi prevlade delovno intenzivne in težke industrije z majhno

ustvarjeno dodano vrednostjo, se je veliko tovarn znašlo v hudih težavah, nekatere najbolj vitalne pa so pokupili tujci (Belec 1999, 544).

Pomembno vlogo ima zdraviliški turizem in z njim povezane rekreacijske dejavnosti. Bolj znane in gospodarsko pomembne so zlasti slatine, kopališča in zdravilišča v Radencih, Moravskih Toplicah, Lendavi, Rogaški Slatini, Podčetrtku, Čatežu in na Ptuju. Posebej v Prekmurju je razvit lovni turizem, tam so tudi gojitvena lovišča.

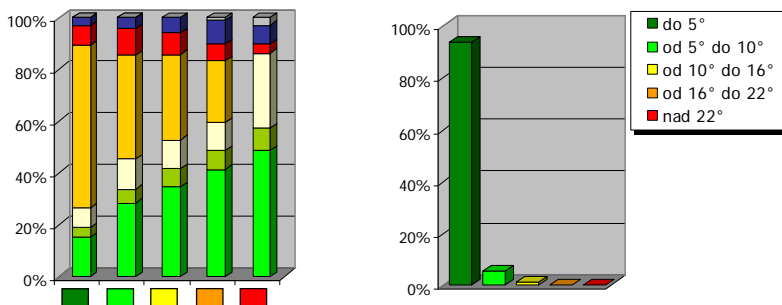


Slika 82: Pokrovnost ravnin in širših dolin v gričevju notranjega dela Slovenije glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.

Gozda je malo (16 %) in skupaj z grmičevjem (4 %) obsega komaj petino površine. V osredju Dravskega polja so gozdovi rdečega bora nizke rasti, druge drevesne vrste pa so še smreka, hrasta dob in graden, breza in trepetlika. Od nekdanj obsežnih in strnjanih poplavnih gozdov doba v Krški ravnini je ostal le znameniti Krakovski gozd. Za pogosto poplavljen prodišča ob Muri, Dravi in Savi ter njihovih pritokih so značilni logi vrb in topolov, na poplavam manj izpostavljenih legah pa združba jelše in jesena. Jelša porašča območja stoječih voda v kotanjah in mrtvice, ki jih vzdržuje visoka gladina talne vode (Perko in Orožen Adamič 1999). Vzrok za tako obsežno izkrčenost gozda gre iskati v primernosti zemljišč za obdelavo. Hkrati z že omenjenimi pedološkimi in podnebnimi lastnostmi so zelo ugodne tudi reliefne razmere, saj ima domala vse ozemlje nagib manjši od 10°, kar 93 % tudi manjšega od 5°. Deleža gozda in grmičevja sta najmanjša na najbolj položnih zemljiščih, nato pa se z naraščanjem strmine povečujeta.

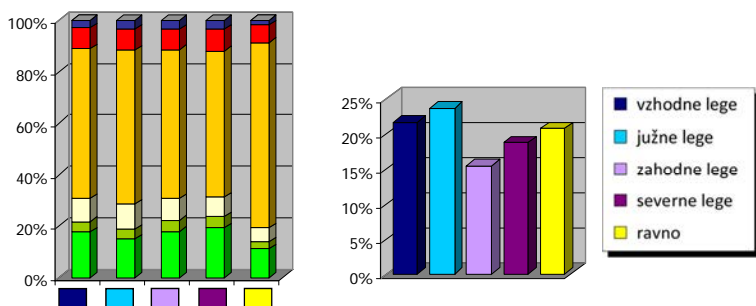
Z vidika višinske razčlenjenosti ne moremo govoriti o pravilnostih razporeditve že zaradi izrazite prevlade dveh najnižjih višinskih pasov. Glede na pokrovnost je izstopajoč višinski pas med 400 in 500 m. To lahko pojasnimo z njegovo majhno

površino in lego v dolini Dravinje na ozemlju Zreč z okolico. Od tod izrazito nadpovprečen delež pozidanih zemljišč. Nekoliko višji delež gozda v pasu med 300 in 400 m gre pripisati njegovi legi ob vznožju Pohorja in Kozjaka.



Slika 83: Pokrovnost ravnin in širših dolin v gričevju notranjega dela Slovenije glede na naklon in deleži naklonov.

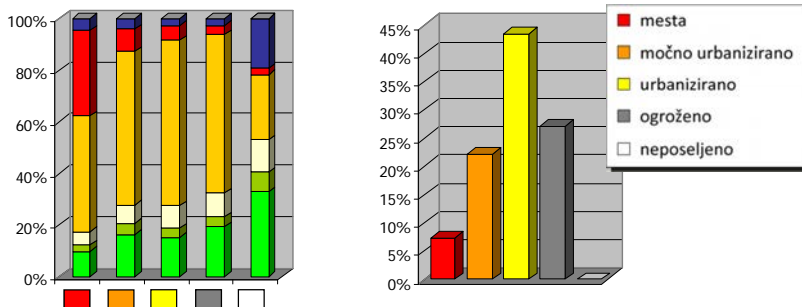
Da gre za naše kmetijsko najpomembnejše pokrajine, je zgovoren podatek, da ima kar 61 % zemljišč intenzivno kmetijsko rabo, dodatnih 8 % pa ekstenzivno travniško rabo. Z obsežnimi hidromelioracijskimi deli so osušili velike komplekse zemljišč (Ščavniško dolino, ozemlje ob Ledavi, na vzhodu Ravenskega, jugu Dravskega polja, ob Sotli in ponekod na Krški ravnini) ter jih usposobili za intenzivnejšo, njivsko rabo. K intenzivnejši kmetijski rabi na Dravskem in Ptujskem polju je pripomoglo tudi znižanje ravni talne vode po zgraditvi elektrarn. V zadnjem času vse več zemljišč namakajo, kar znatno povečuje pridelek. Glavno vlogo v živinoreji imajo mlečna in mesna govedoreja ter prašičereja, ne gre pa prezreti pomembne vloge perutninarstva. Z naraščanjem nagiba se delež intenzivne kmetijske rabe zmanjšuje, medtem ko delež ekstenzivne travniške rabe počasi narašča. Travinja je največ v najvišjem naklonskem razredu, ki obsega predvsem strme apnenčaste stene v dolini Kolpe.



Slika 84: Pokrovnost ravnin in širših dolin v gričevju notranjega dela Slovenije glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.

K dokaj visokemu deležu vod (3 %) prispevajo večje reke (Sava, Drava, Mura, Krka) ter naravne in umetne ojezeritve. Slednje so namenjene pridobivanju električne energije (Ptujsko jezero), pa tudi zadrževanju poplavne vode in namakanju (jezera v dolini Pesnice).

Zaradi majhnih strmih pobočij so ekspozicije neizrazite, v pokrovnosti pa ne prihaja do večjih odstopanj.



Slika 85: Pokrovnost ravnin in širših dolin v gričevju notranjega dela Slovenije glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.

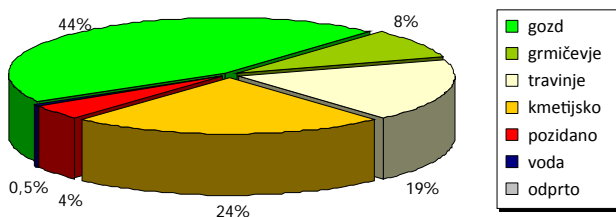
Ravnine in širše doline v gričevju notranjega dela Slovenije sodijo med PET z najvišjim deležem pozidanih zemljišč (8 %). Mnogo večje, kot z vidika naravnih dejavnikov, so razlike v deležu pozidaniosti glede na tipe naselbinskih območij. Pri mestnih naseljih je tako pozidana kar tretjina vseh zemljišč, nato pa se delež z manjšanjem urbaniziranosti znižuje. Ogrožena in odmirajoča podeželska naselja imajo le 4 % pozidanih zemljišč, kar pa je še vedno toliko, kolikor znaša delež pri

npr. mestnih naselij nizkega krasa Notranjske in Dolenjske. Z manjšanjem urbaniziranosti se povečuje delež ekstenzivne travniške rabe. Delež intenzivne kmetijske rabe je največji pri urbaniziranih, prehodnih in stabilnih podeželskih naselji, vendar ni bistveno nižji niti pri močno urbaniziranih obmestjih, niti pri ogroženih in odmirajočih naseljih. To pomeni, da, ne glede na stopnjo urbaniziranosti, zemljišča ostajajo obdelana. Neposeljenega ozemlja je le nekaj 10 ha in je napačno omejeno, saj sega na območje dolinskega dna ob srednji Bistrici pri Kozjih. Obsega njegov robni del, zato sta večja deleža gozda in vode.

9.8 Kraška polja in podolja

Kraška podolja ležijo v značilni dinarski smeri (severozahod – jugovzhod). Mednje prištevamo naša največja podolja (Notranjsko, Dolenjsko, Ribniško-Kočevsko), kot tudi manjša polja (npr. Loško polje, Dobropolje, tudi Košansko dolino, Poljansko dolino in Grosupeljsko kotlino).

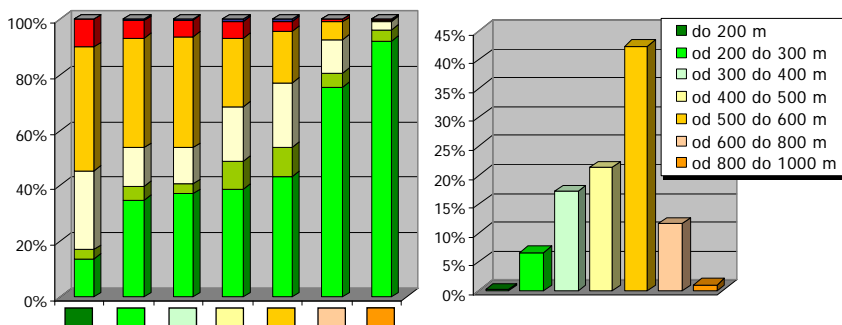
Z vidika podnebja je treba opozoriti na velike temperaturne amplitude in izrazite temperaturne obrate v vbočenih reliefnih oblikah. Najbolj znano je Babno polje, kjer je bila izmerjena najnižja temperatura v Sloveniji (-34,5°C). Višina padavin se zmanjšuje od zahoda proti vzhodu (Postojna, 1551 mm, Sevnó, 1226 mm).



Slika 86: Deleži pokrovnosti na kraških poljih in podoljih.

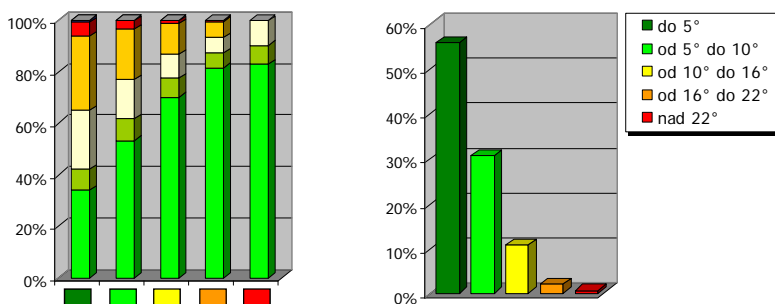
Značilna je rečna mreža s sistemom ponikalnic, ki na eni strani polja izvirajo in na drugi ponovno poniknejo v kraško notranjost. Morda najbolj poznana je Ljubljanica, reka sedmerih imen, z izviri in ponori vzdolž celotnega Notranjskega podolja. Menjavanje površinske rečne mreže in podzemeljskega vodnega pretakanja je zapleteno in do neke mere še neraziskano, vendar je pomembno za poznavanje ranljivosti in ogroženosti, saj močni kraški izviri predstavljajo pomemben vir pitne vode. S kraškim podzemljem je povezan tudi fenomen presihajočega Cerkniskega jezera, prvega jezera te vrste, opisanega v svetovni literaturi.

Na kraških poljih z nanosi rek in potokov so nastali gleji, oglejene in obrečne prsti, ki jih porašča vlagoljubno rastje. Na apnencih in dolomitih so se razvile rendzine in rjave pokarbonatne prsti, ki jih poraščata travniško rastje in gozd. Njive so na tleh z najugodnejšimi razmerami, rahlim naklonom in dvignjene nad poplavno ozemlje.



Slika 87: Pokrovnost kraških polj in podolij glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.

Prebivalstvo je zgoščeno na dnu podolij, pa še to predvsem na najbolj rodovitnih predelih. Položaj naselij je skrbno izbran, tako da so bila varna pred poplavami in da so bila plodna obdelovalna zemljišča ohranjena za kmetijsko rabo, kar je bilo še posebej pomembno v obdobju poudarjene samooskrbne naravnosti kmetijstva. Le redka imajo izrazito strateško obrambno lego. Kjer je prst bolj rodovitna, so naselja večja ali pa so bolj na gosto razporejena. Značilni tovrstni primeri so na Loškem, Cerkniškem, Logaškem in Ribniškem polju ter na Dobrepolju.

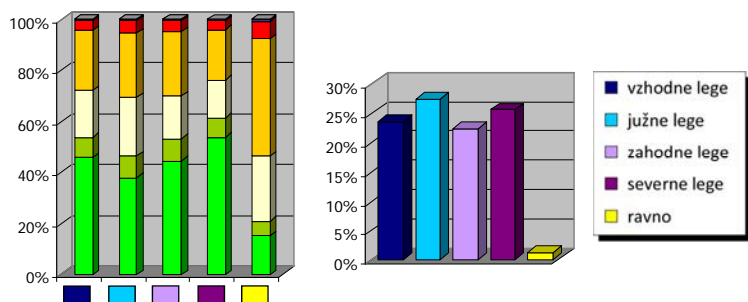


Slika 88: Pokrovnost kraških polj in podolij glede na naklon in deleži naklonov.

Bujni gozdovi v zaledju so marsikod botrovali razvoju lesne industrije, celo do te mere, da je dalo nekaterim krajem lesno gospodarstvo povsem monostrukturni

značaj. Šele kasneje je industrija postala bolj raznolika, čeprav se marsikod ni naslonila na lokalne vire in je zato ob spremembi družbenogospodarskega sistema zašla v težave. Vse pomembnejša gospodarska veja postaja turizem. Pokrajina je zanimiva zaradi številnih naravnih in kulturnih bogastev: krasa s podzemnimi kapniškimi in ledeniškimi jamami, brezni, kraškimi polji in uvalami s ponikalnicami, gozdov, bogatih z divjadjo, številnih zgodovinskih objektov in prizorišč (gradovi, spomeniki NOB, grobišča povojnih žrtev) (Perko in Orožen Adamič 1999).

Delež gozda je v kraških poljih in podoljih razmeroma majhen (44 %). V Notranjskem podolju so najobsežnejši bukovo-jelovi gozdovi. Poleg bukve in jelke, glavnih drevesnih vrst, so primešani še gorski javor, gorski brest, lipa, jesen in smreka. Za Dolenjsko podolje so značilni bukovi gozdovi, kjer se bukvi na kisljih prsteh pridružita smreka in jelka, proti vzhodu pa z večanjem panonskega podnebnega vpliva narašča delež kostanja in hrasta. Na degradiranih prsteh v bližini naselij raste rdeči bor (Topole 1999, 467). Z naraščanjem nadmorske višine se večja tudi delež gozda. Vendar je naraščanje počasnejše, kot bi pričakovali, značilnost je tudi skokovitost. Prvi porast je pri prehodu iz najnižjega v drugi višinski pas, kar je predvsem rezultat majhnega obsega teritorija prvega višinskega pasu in posledične nereprezentativnosti. Nato je delež gozda do nadmorske višine 600 m skorajda enak (okoli 38 %), čemur sledi ponoven skok (75 %). Podobnosti v nadmorskih višinah med 200 in 600 m je vzrok dobra prilagojenost človeka spreminjajočim se naravnim razmeram z naraščanjem višine v tem PET, kot tudi lege dnov polj v različnih nadmorskih višinah. K takšnemu vzroku nas napeljuje tudi zelo podoben delež pozidanih zemljišč po višinskih pasovih.



Slika 89: Pokrovnost kraških polj in podolj glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.

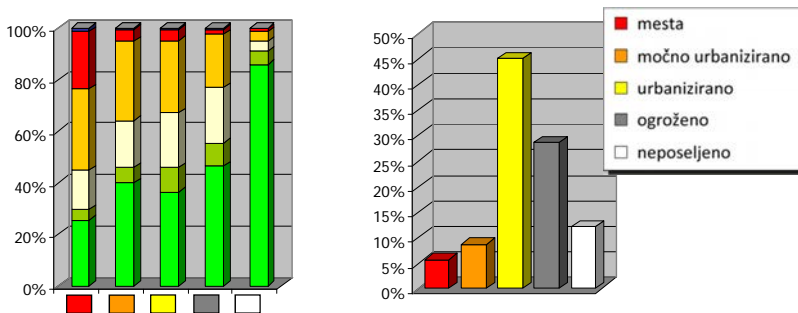
Mnoga zemljišča, kjer so včasih kosili ali pasli, se danes zaraščajo (8 %). Na domala dveh tretjinah ozemlja se zarašča več kot desetina zemljišč, pri ostalem pa je

zaraščanje bolj umirjeno, saj grmičevje pokriva okoli 4 % zemljišč. Pojav je še posebej izrazit na vzhodnem obrobju Pivškega podolja pod Javorniki in na Kočevskem.

Pri opazovanju razporeditve pokrovnosti glede na nagib zasledimo določeno enakomernost. S povečevanjem strmine pobočij narašča tudi delež gozda, delež grmičevja je razmeroma konstanten, deleži ostalih kategorij pa nazadujejo.

Zemljišč z intenzivno kmetijsko rabo je 24 %, z ekstenzivno travniško rabo pa 19 %. Prevladujejo travniki in pašniki, njiv je malo. Travišča so predvsem na vrtačstem in razgibanem reliefu, njive na položnih pobočjih, na poplavnih ravninah z zamočvirjenimi zemljišči pa uspeva vlagoljubno rastje.

Z vidika ekspozicije se razporeditev pokrovnosti od pričakovane ne razlikuje bistveno. Delež gozda je največji na severnih legah in najmanjši na južnih. Mnogo bolj kot od lege pa je odvisen od nagiba, saj ga je na zemljiščih z naklonom 0° komaj 15 %. Podobno je z razporeditvijo kmetijskih zemljišč, le da jih je na severnih legah najmanj, na južnih več, največ pa ravnih zemljiščih. Med vzhodnimi in zahodnimi legami so razlike zanemarljive. Tudi deleža zaraščanja in pozidanih zemljišč sta glede na lego razmeroma nespremenljiva.



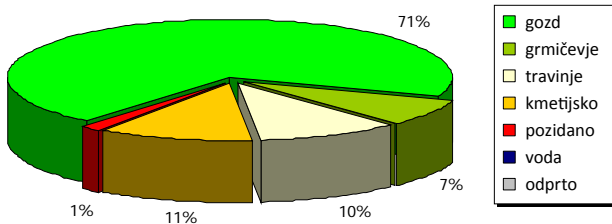
Slika 90: Pokrovnost kraških polj in podolj glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.

Drugače je pri razporeditvi pokrovnosti glede na tipe naselbinskih območij. Delež pozidanih zemljišč je največji pri mestih (22 %), nato pa se že pri močno urbaniziranih območjih krepko zmanjša (5 %). Ekstenzivnost rabe narašča z zmanjševanjem urbaniziranosti. Gozd je bil pri mestih najbolj izkrčen (26 %), medtem ko si je njegov delež pri ostalih tipih dokaj podoben. Deleži kmetijske rabe so pri prvih treh tipih domala enaki, vendar se povečuje delež ekstenzivne travniške rabe, delež intenzivne kmetijske pa upada. Lahko torej rečemo, da narašča delež

pašnikov napram travnikom. Človek na neposeljena območja ni zelo posegal, saj gozd in grmičevje skupaj obsegata kar 91 % zemljišč.

9.9 Nizki kras Notranjske in Dolenjske

Skupna značilnost pokrajine je kraško ozemlje s prevlado karbonatnih kamnin. Gre za nižja hribovja (npr. Rovtarsko hribovje, kraško predgorje Gorjancev južno od Novega Mesta) in planotast svet (npr. Menišija, Bloke, Velikolaščanska pokrajina, Suha krajina). Obsežna območja na apnencu so povsem brez površinskega odtoka, kjer prevladuje dolomit pa se je razvil fluviokras s površinsko rečno mrežo. Le ta je najgostejša v Velikolaščanski pokrajini, saj prevladujejo nepropustne kamnine.



Slika 91: Deleži pokrovnosti na nizkem krasu Notranjske in Dolenjske.

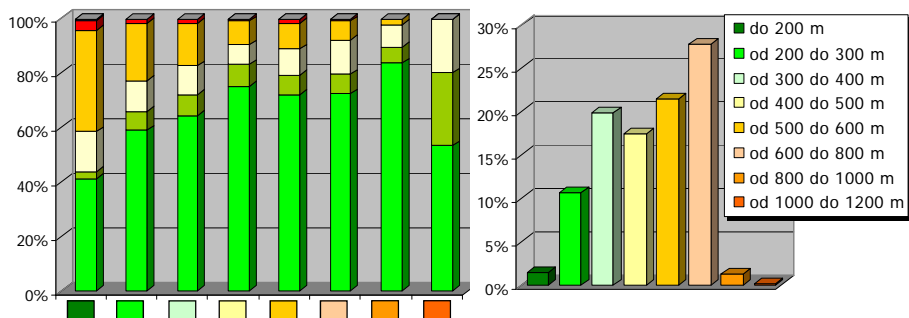
Značilne so nizke zimske temperature in zmerne poletne, čemur botrujejo razmeroma visoke nadmorske višine in kraške globeli v katerih se nabira mrzel zrak. Količina padavin se zmanjšuje v značilni smeri, torej od zahoda proti vzhodu (Postojna, 1551 mm, Globodol, 1218 mm). Temperaturne razmere so ugodnejše na skrajnem vzhodu Suhe krajine, kjer je odprta v Krško kotlino in s tem v panonske pokrajine. To omogoča rast še zadnjih vinogradov, ki uspevajo na najbolj osonečenih delih. Vinogradov je več v kraškem predgorju Gorjancev južno od Novega Mesta.

Najpogostejši prsti na Blokah sta rendzina in rjava pokarbonatna prst. Rendzina je nastala na strmejših predelih in je tanka, bolj skeletna, različno debela in manj rodovitna. Rjava pokarbonatna prst, ki je nastala na bolj položnih legah, pa je že debelejša in rodovitejša. Največji del mokrotnih površin obsegajo glinasto-ilovnati gleji, na katerih so mokrotni travniki s slabo krmo in ponekod pravim močvirskim rastjem. V Velikolaščanski pokrajini so na dolomitih nastale srednje globoke rjave prsti s številnimi drobnimi delci, ki zadržujejo talno vlago, zato so primerne za njive. Na permskih kremenovih peščenjakih in skrilaevih glinavcih so debele kisle rjave prsti, ki pa so zaradi nekdanjega steljarjenja precej osiromašene. Na apnencih Suhe

krajine prevladujejo rjave pokarbonatne prsti. Zaradi dolgoletnega obdelovanja se je njihova kakovost v okolici naselij močno poslabšala. Na dolomitu so plitvejši rendzine, za katere je značilna večja sušnost.

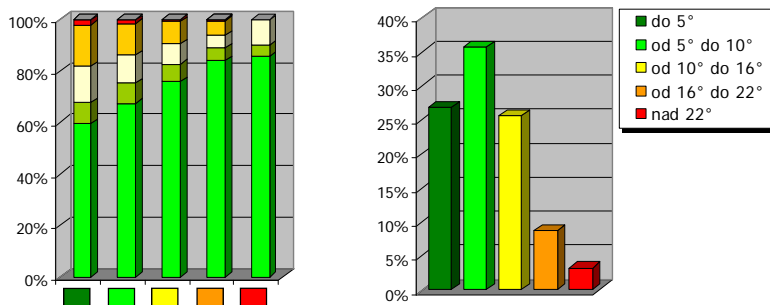
Na Blokah so se prvotni naseljenci izogibali poplavnim območjem, zato so naselja postavili na rob naplavnih ravnin ali na stik ravnin s pobočji vzpetin. Prav tako so se vasi umaknile na rob najrodovitnejših kmetijskih zemljišč. Podobno je bilo v Velikolaščanski pokrajini, le da so mnoga naselja nastala tudi na prisojnih pobočjih, pobočnih policah in uravninah ter na zaobljenih slemenih. V Suhi krajini ležijo naselja v dnu kraških kotanj, zato so zanje značilne neugodne temperaturne razmere (Perko in Orožen Adamič 1999).

V zgodovini je bilo pomembno tovarništvo, ki pa je v novejšem času izgubilo na pomenu in opisana območja na nek način predstavljajo tipične odročne pokrajine. Prebivalstvo je še vedno, kljub neugodnim naravnim razmeram, v veliki meri zaposleno v primarnem sektorju, večinoma pa v sekundarnem. Terciarni in kvartarni sta slabo razvita. Velika je dnevna migracija v bližnja in tudi bolj oddaljena zaposlitvena središča, po bolj ko ne slabih cestah.



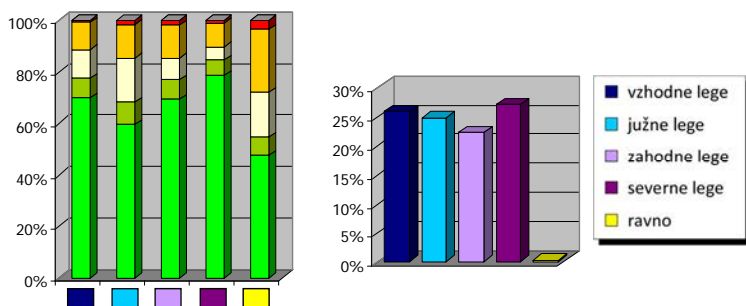
Slika 92: Pokrovnost nizkega krasa Notranjske in Dolenjske glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.

Zaradi razmeroma redke obljudenosti je naravno okolje ohranilo prvinsko in neokrnjeno pokrajinsko podobo. Med največjo pokrajinsko prednost sodi posrečeno prepletanje naravnih danosti z drobno razpršenimi naselji in zaselki, kot tudi številne premišljeno postavljene cerkvice.



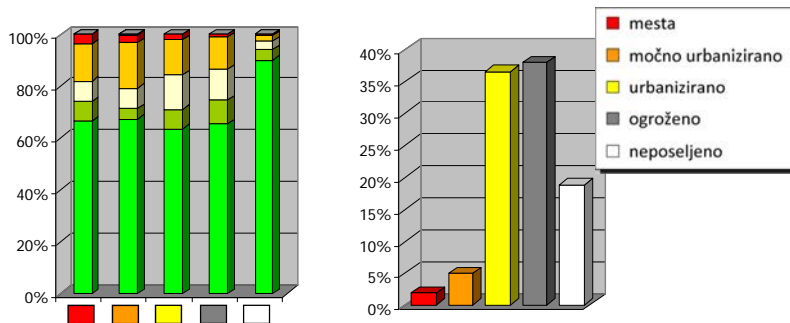
Slika 93: Pokrovnost nizkega krasa Notranjske in Dolenjske glede na naklon in deleži naklonov.

Gozd pokriva obsežne površine (71 %), kar pa je zaradi neugodnih naravnih razmer, med katerimi prednjači zakraselost, razumljivo. Na Blokah so najpogostejši listnati gozdovi, zlasti bukovi. Iglavci se držijo predvsem vlažnejših in hladnejših leg. V Velikolaščanski pokrajini je na silikatnih kamninah najbolj razširjeno drevo jelka, drugod se pojavlja bukev ter v manjši meri javor in brest. Zaradi gospodarskih razlogov je bila marsikje nasajena smreka. Sestava rastja v Suhi krajini je zelo pestra. Polovica vseh gozdov je gabrovih, na višjih legah pa prevladujejo bukovi gozdovi. Na vzhodu se pojavlja še kisloljubni gozd bukve kostanja in hrastov (Gabrovec 1999, 479; Mihelič 1999, 407). Delež gozda je najmanjši na nadmorskih višinah do 200 m, to je v delih uvale Globodol in nižjih delih gričevja južno od Novega Mesta. V tem pasu je najvišji tudi delež intenzivne kmetijske rabe ter, z izjemo višin nad 1000 m, ekstenzivne travniške rabe. Višje od 1000 m je le okolica vrha Slivnice (1114 m) in vrh Medvednice (1024 m). Zaradi neugodnih vremenskih razmer (vetra) je tu gozda manj kot v nižjih višinah, višji pa je delež grmičevja. Opaziti je, da do 500 m nadmorske višine delež gozda razmeroma hitro narašča, nato pa do višine 800 m ostaja približno enak oziroma celo malo upade. Vzrok leži v poseljenih uravnanih slemenih in planotah v teh višinah, zlasti na Blokah in v Velikolaščanski pokrajini. Delež gozda bolj enakomerna narašča z večanjem naklona, kar nas napelje k razmišljanju, da je bilo kmetijsko dejavnost lažje prilagoditi naraščajoči višini, kot strminam.



Slika 94: Pokravnost nizkega krasa Notranjske in Dolenjske glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.

Deleža intenzivne kmetijske rabe (11 %) in ekstenzivne travniške rabe (10 %) sta domala enaka in značilno majhna. Glavna kmetijska panoga na Blokah in v Velikolaščanski pokrajini je živinoreja, zlasti mesna, saj so zanjo dokaj ugodne naravne razmere. Zato prevladujejo pašniki in travniki, njive pa so se ohranile le na najboljših zemljiščih in v neposredni bližini naselij. Značilno je močno zaraščanje, saj grmičevje porašča kar 7 % vseh zemljišč. Zaraščanje pašnikov je najbolj izrazito v zahodni Suhi krajini. Veliko škode na že tako skromnih njivskih zemljiščih povzroča divjad, ki je je v okolišnjih prostranih gozdovih v izobilju.



Slika 95: Pokravnost nizkega krasa Notranjske in Dolenjske glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.

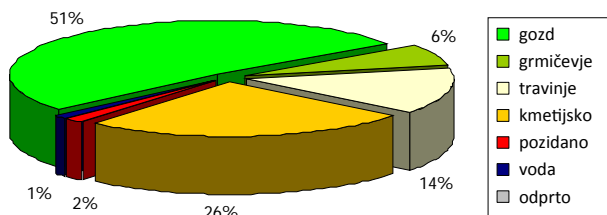
Razlike v pokravnosti med severnimi in južnimi legami so zelo izrazite. Gozd na severnih legah obsega štiri petine ozemlja, na južnih pa tri petine. Na južnih legah je največ kmetijskih zemljišč, vendar prevladujejo pašniki, medtem ko je na drugih legah razmerje v korist travnikov. Ravnega površja je malo, vendar tudi tu

prevladuje gozd z grmičevjem, obdelovalnih zemljišč je četrтина, nekaj manj kot petino pa je ekstenzivne travniške rabe.

Pozidanih zemljišč je malo (1 %), saj prevladujejo majhna naselja. Opaziti je zgoščenost v nižjih višinskih pasovih in ponovno v nadmorskih višinah med 500 in 600 m. Vzrok je v že omenjeni poseljenosti slemen in planot. Večji delež pozidanih zemljišč imajo južne in zahodne lege, najmanjšega pa vzhodne. Z vidika tipov naselbinskih območij je opaziti razmeroma majhen delež pozidanih zemljišč v mestnih naseljih. Vzrok leži v tem, da v PET ležijo le posamezni manjši deli mest ostalo ozemlje je le njihovo teritorialno »zaledje«. Vseeno se z manjšanjem urbaniziranosti delež pozidanih zemljišč še nazaduje. Razmerje med posameznimi kategorijami pokrovnosti je najslabše pri prevladujočih ogroženih in admirajočih podeželskih naseljih, saj je pri njih kmetijska raba najbolj ekstenzivna in imajo največji delež zemljišč v zaraščanju (9 %). Teh je pri močno urbaniziranih območjih le 4 % kar ob večjem deležu intenzivne kmetijske rabe kaže na boljše pogoje za kmetijsko dejavnost, ki jih omogočajo družbenogeografski dejavniki. Skupni delež kmetijske rabe je pri vseh tipih naselbinskih območij približno enak. Neposeljenega ozemlja je slaba petina in vanj je človek le malo posegal, saj kar 94 % površja pokriva gozd in grmičevje.

9.10 Nizki kras Bele krajine

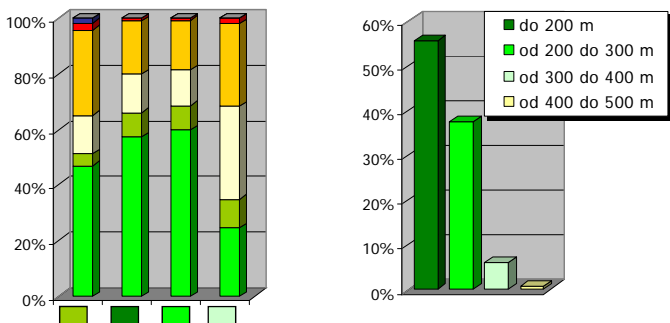
Bela krajina je pretežno kraška pokrajina med Gorjanci, Kočevskim rogom in Kolpo. Poseben pečat je pokrajini v poselitvi in gospodarstvu vtisnila reliefna zaprtost proti ostalim slovenskim pokrajinam in odprtost proti panonskemu območju. Te kraje označuje tesno in večplastno prepletanje dinarskih kraških potez s panonskimi, kar se kaže zlasti v podnebjju, govoric in narodnih običajih.



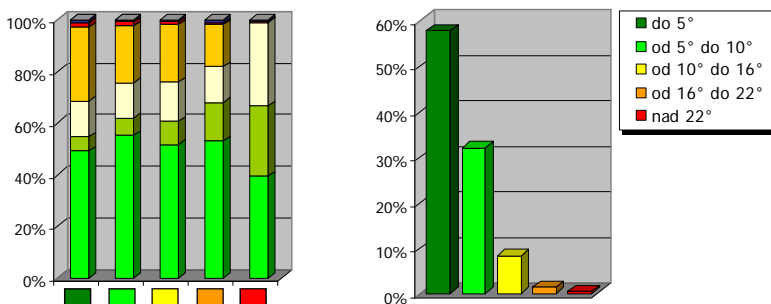
Slika 96: Deleži pokrovnosti nizkega krasa Bele krajine.

Bela krajina je v območju subpanonskega podnebjja. Gorjanci zadržujejo prehude učinke vdorov mrzlega severnega zraka. Povprečna letna temperatura v Črnomlju

je 10,2°C. Za gojenje kmetijskih kultur je ugodna razmeroma visoka srednja mesečna temperatura v aprilu, saj omogoča zgoden začetek rasti. Za kmetijstvo neugodne pa so pogosto pojavljanje megle, slane in toče. Srednja letna množina padavin je od 1200 do 1300 mm, prvi višek pa nastopi jeseni. Nad dnom Bele krajine je izrazito toplel vinogradniški pas, ki sega do nadmorske višine med 400 in 450 m.



Slika 97: Pokrovnost nizkega krasa Bele krajine glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.



Slika 98: Pokrovnost nizkega krasa Bele krajine glede na naklon in deleži naklonov.

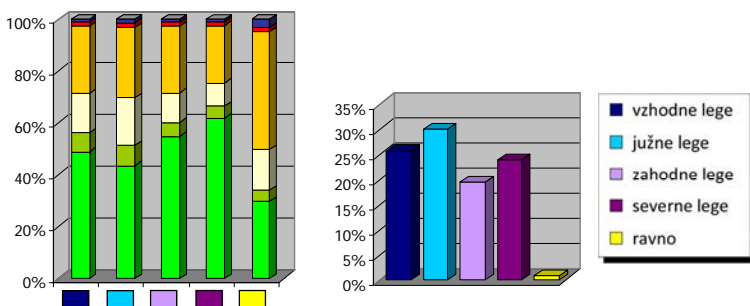
Tipi prsti so odsev prevlade karbonatnih kamnin. Kraški ravniki prekrivajo rjave in rdeče prsti, katerih globina se spreminja na zelo kratke razdalje. Na kraški glini, ki ponekod na debelo prekriva karbonatno podlago, so nastale rdečerjave prsti, na krednem flišu pa plitvejšje in značne sivorjave prsti. Steljarjenje v preteklosti je zelo osiromašilo prst in povečalo njeno kislost. Prsti na holocenskih nanosih ob vodotokih so plitve in pogosto poplavljeni. Pokrajinska posebnost so belokranjski

steljniki, poraščeni z brezami in praprotno na debelih, spranih in kislih steljniških prsteh.

Značilen je zelo razpršen poselitveni vzorec. Prevladujejo gručasta naselja, razložena naselja z gručastim jedrom in raztresena naselja. Obcestne vasi so v glavnem v obkolpskem delu. Mestni naselji sta Metlika in Črnomelj, slednji ima zaradi središčne lege širše vplivno območje.

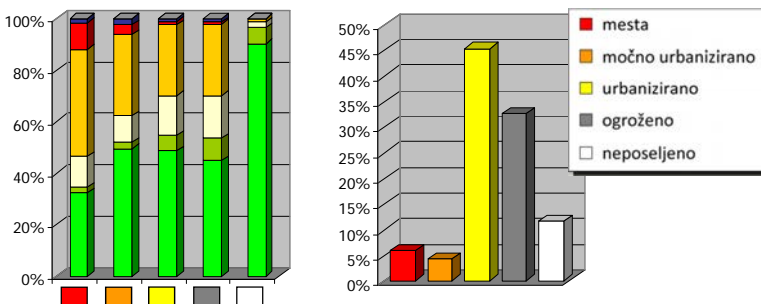
Zakrasela, odmaknjena in z naravnimi bogastvi skromno obdarjena pokrajina v drugi polovici 19. stoletja ni bila sposobna prehraniti vseh svojih prebivalcev, zato so se ti vse bolj množično izseljevali. Izseljevanje je zavrla šele zapoznala industrializacija. Razpršena poselitev in slabša prometna povezanost pa še vedno povzročata težave pri infrastrukturni opremljenosti in dostopnosti naselij. Za celovit napredek bi bil potreben tudi dvig izobrazbene ravni in postopna sprememba pretežno industrijske gospodarske sestave (Plut 1999, 484–495).

Gozd obsega polovico površja. Valovito dno prekriva predvsem nižinski gozd gradna in belega gabra s pogosto brezo, obrobni pas pa tudi domači kostanj. Najmanj gozda je v najnižjem višinskem pasu (47%), nato pa je porast bolj opazna le pri drugem višinskem pasu, medtem ko je delež gozda pri drugem in tretjem pasu domala identičen. Do nepravilnosti pride v višinah med 400 in 500 m, kjer delež gozda obsega komaj četrtino ozemlja. Vzrok je v prostorski omejenosti tega območja na obdelana zemljišča v bližnji okolici nekaj vasi pod Gorjanci (Dole, Ravnace, Hrast pri Jugorju). Bolj opazno se z večanjem nadmorske višine večja delež grmičevja. Le-ta se povečuje tudi z naraščanjem nagiba, česar za gozd ne moremo trditi. Gozda je na najbolj strmih pobočjih celo najmanj. To gre pripisati legi teh pobočij v apnenčastih stenah nad Kolpo, kjer so razmere za rast gozda dokaj neugodne. Zanimiva je razporeditev deleža gozda glede na ekspozicijo. Delež gozda je večji na zahodnih, kot vzhodnih ekspozicijah, kar je posledica bolj ugodne lege slednjih v toplotnem pasu na robu Gorjancev, Kočevskega roga in Poljanske gore. Največ gozda je na severnih legah in najmanj na južnih. Razporeditvi gozda je, glede na lego, obratna razporeditev ekstenzivne travniške rabe. Intenzivna kmetijska raba je dokaj nespremenljiva, le na severnih legah je nekaj manj.



Slika 99: Pokravnost nizkega krasa Bele krajine glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.

Zaradi kraškega površja so razmere za poljedelstvo neugodne, saj so rodovitnejše prsti le v obkolpskem pasu pod Gribljami in okoli Dragatuša. Pomembnejši je toplotni pas nad ravnikom, kjer se je uveljavilo vinogradništvo in sadjarstvo (Plut 1999, 494). To se izraža tudi v pokravnosti, saj je kmetijskih zemljišč za štiri desetine površja, od česar je tretjina ekstenzivne travniške rabe. Zaradi vinogradništva na razgibanem ozemlju delež intenzivne kmetijske rabe z večanjem nagiba nazaduje precej umirjeno.



Slika 100: Pokravnost nizkega krasa Bele krajine glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.

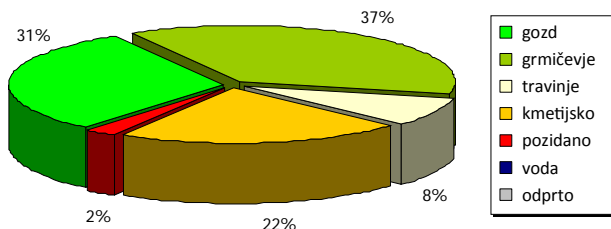
Pozidanih zemljišč je malo (2 %), vendar je njihov delež glede na naravne dejavnike nesprenmenljiv. Do največje razlike pride glede na nadmorsko višino, saj leži večji del pozidanih zemljišč v najnižjem pasu.

Večje so razlike z ozirom na tipe naselbinskih območij. V mestnih naseljih delež pozidanih zemljišč znaša desetino, v močno urbaniziranih območjih upade na 4 % v podeželskih naseljih pa znaša komaj nekaj nad 1 %. Zmanjšuje se tudi delež

intenzivne kmetijske rabe, delež ekstenzivne travniške pa narašča, pri čemer so deleži v obeh kategorijah podeželskih naselij skorajda enaki. Razlike so večje pri deležu gozda, ki je v mestih najmanjši (32 %), v obmestjih največji (49 %), nato upada. Ponovno se vzpne v neposeljenih območjih, kjer obsega 90 % površja. V ogroženih in odmirajočih naseljih je največji delež zaraščanja, kar kaže na največje opuščanje obdelovalnih zemljišč.

9.11 Kras in Podgorski kras

Kras je obsežna apneniška planota, ki se dobro loči od sosedstva, saj se strmo dviguje nad sosednje, pretežno flišne pokrajine. Le na jugovzhodu je prehod prek suhih dolin, v prav tako kraške pokrajine, postopnejši. Je izrazito mejna pokrajina, kar se kaže v številnih značilnostih. Leži v bližini morja, vendar jo njegovi blažilni vplivi zaradi strme stopnje težko dosegajo. Na severu so blizu visoke kraške planote, zato so močni tudi celinski vplivi. Prehodonost se kaže v veliki prevetrenosti; v zimskem času je pogosta burja. Poglavitna posledica apnenčastega površja je zakraselost in s tem povezani površinski in podzemeljski kraški pojavi. Površinsko tekočih voda skoraj ni, v posebnih okoliščinah, se je na površju obdržala le Raša. Ker je izvirov na Krasu malo, je nekdanja vodna oskrba temeljila na zbiranju padavinske vode, o čemer pričajo ohranjene lokve in kali. Danes je večina naselij priključena na vodovod (Rejec Brancelj 1999, 234–237).



Slika 101: Deleži pokrovnosti na Krasu in Podgorskem krasu.

Podgorski kras je zgrajen večinoma iz apnencev, na njegovem jugozahodnem delu pa so proti sosednjim Koprskim brdom vse bolj široke flišne proge, na katerih se je razvila debelejša in rodovitnejša rjava prst. Selektivna erozija je na manj odpornih kamninah izoblikovala podolžne proge nižjega ozemlja, ki so pomembne za poselitev, vodno oskrbo in rabo tal (Repolusk 1999a, 258).

Padavin je na Krasu v primerjavi z okolišnjimi pokrajinami veliko (Komen, 1645 mm), a je zima vseeno razmeroma suha. Sušnost je še bolj značilna za poletje,

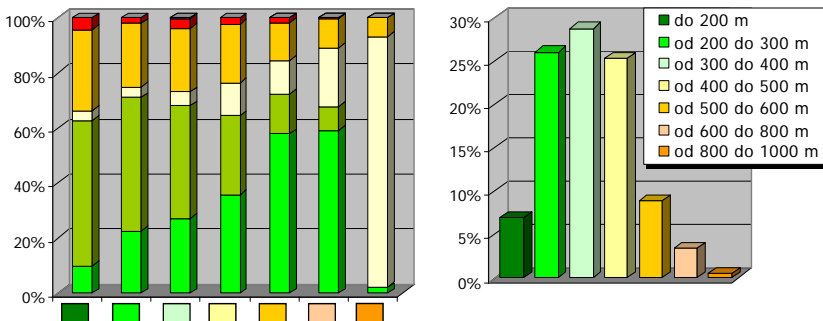
saj večina padavin pade v kratkih nalivih in plohah, tako deževnica hitro odteče v kraško notranjost, zaradi visokih temperatur in vetra pa je veliko tudi izhlapi.

Prevladujejo prsti, ki so se razvile na netopnem ostanku v preteklosti raztopljenega apnenca in dolomita. Kjer je v prsti roženca, na njej pridelujejo vino Teran. Pobočja in suhe doline imajo zelo tanko plast prsti, po bolj strmih pobočjih in slemenih je je nekaj le po razpokah. Bolj debela tla so v vrtačah, uvalah in dolih, torej kotanjah. V nekaterih je človek otrebil kamenje in s prinašanjem prepereline debelino prsti še povečal. Nastale so t.i. delane vrtače, kjer so njive, zaščitene pred burjo (Perko in Orožen Adamič 1999).

Na Krasu prevladujejo večje vasi, vendar so takšne s prek sto hišami redke. Naselja so večinoma gručasta z domovi, postavljenimi brez reda tesno skupaj. Po 2. svetovni vojni je tako kot drugod na slovenskem podeželju prevladala gradnja poenotenihih stanovanjskih hiš brez poskusov ohranjanja značilnih kraških prvih, navadno na obrobju naselij. Ta nova gradnja je veliko bolj razpršena in manj organizirana od stare.

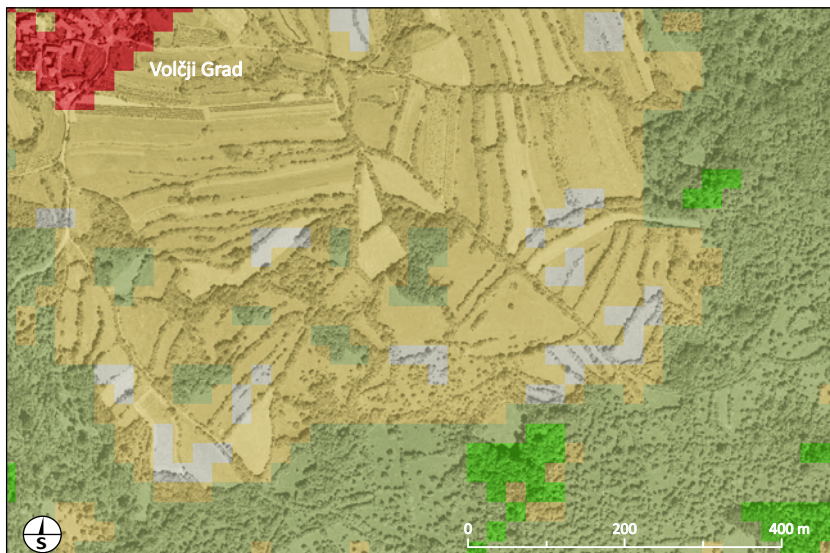
Edino večje naselje je Sežana z malo manj kot 5000 prebivalci. K njenemu razvoju je pripomogla zlasti prometna lega, včasih na cesti med Dunajem in Trstom, nato pa je postala tudi veliko železniško križišče in mejna postaja. Prometni funkciji se je kasneje pridružila še upravna (Rejec Brancelj 1999, 240–241).

Turizem je razvit predvsem v obliki izletniškega ob koncu tedna, saj leži pokrajina v neposrednem zaledju slovenskih in italijanskih obalnih mest. Zanimivo je, da jamski turizem, z izjemo Škocjanskih jam, ni tako razvit, kot bi pričakovali glede na množico jamskih objektov.



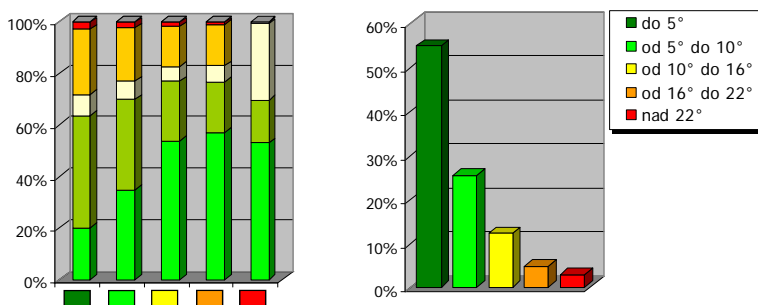
Slika 102: Pokrovnost Krasa in Podgorskega krasa glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.

Gozd pokriva 31 % površja. Prevladuje gozdna združba črnega gabra z ojstrico. Ob tej se pojavlja še združba gradna in domačega kostanja, ki je navezana na ilovnata kraška tla. Na zelo odprtih in burji izpostavljenih predelih rasteta še cer in velikolistna lipa. Posebno mesto med drevesnimi vrstami imajo umetni nasadi črnega bora. Zaradi skromnih ekoloških zahtev se je črni bor zelo dobro obnesel kot pionirska vrsta. Drevo se je celo tako uveljavilo, da starejši gozdovi izgubljajo izključno varovalni pomen in pridobivajo lesnopredelovalnega. Pomembna pionirska vrsta je tudi ruj, ki ugodno vpliva na razvoj prsti. Z opuščanjem obdelovanih zemljišč se je zaraščanje še pospešilo, tako da danes, nekdanje značilno golega kraškega površja, skoraj ni več. Grmišča in divje hoste, ki počasi in vztrajno oblikujejo nove gozdne sestoje, so ena najbolj vidnih pokrajinskih značilnosti. Širijo se predvsem na površinah, ki so bolj oddaljene od naselij in prometno manj dostopne (Perko in Orožen Adamič 1999). Delež kategorije grmičevje in zaraščanje, ki obsega 37 % se na prvi pogled zdi nekoliko pretiran, treba pa je poudariti, da so v to kategorijo všteti tudi pašniki, ki jih prerašča redko grmičevje (slika 103).



Slika 103: Na sliki je lepo vidna težavnost klasifikacije pokrovnosti na območju Krasa. Redko grmičevje z vmesnim travinjem je bilo pripisano kategoriji grmičevje in zaraščanje. Tudi tu lahko iščemo vzrok za veliko odstopanje od katastrskih podatkov. Na sliki je območje JV od Volčjega Grada.

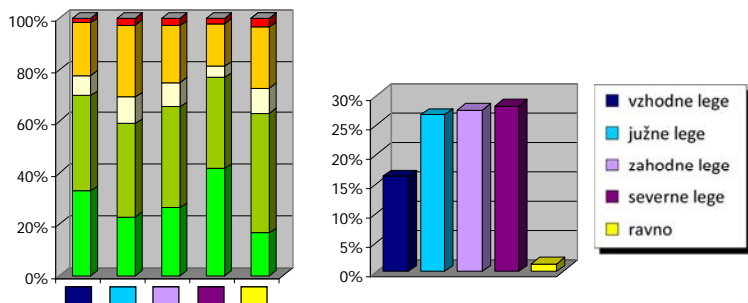
Z naraščanjem nadmorske višine se povečuje delež gozda, delež grmičevja pa nazaduje. Iz tega lahko razberemo, da je gozd v večjih višinah bolj razvit, torej starejši, v manjših pa razmeroma mlad. Podobno je z naraščanjem strmine. Delež gozda sprva narašča, nato pa pri naklonu nad 22° upade, medtem ko delež grmičevja neprenehoma upada. Skupni delež drevesnega in grmovnega rastja je glede na višinske pasove razmeroma konstanten, glede na nagib pa sledi krivulji gozda.



Slika 104: Pokrovnost Krasa in Podgorskega krasa glede na naklon in deleži naklonov.

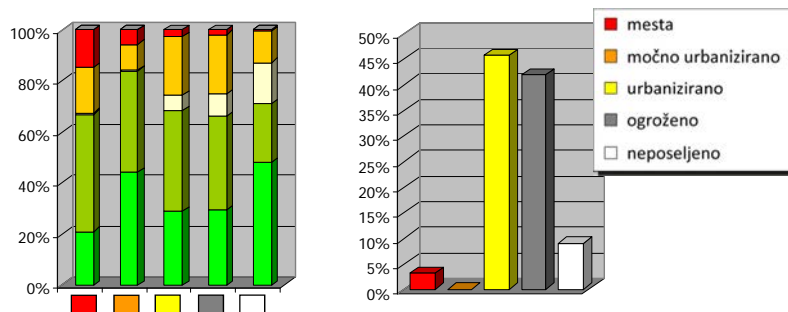
Intenzivna kmetijska raba zavzema 22 % površine. Njive, skupaj s sadovnjaki in vinogradi, po katastrskih podatkih obsegajo 6,5 %. Preostali delež odpade na travnike. Uspevajo pridelki, ki so običajni tudi v drugih pokrajinah na Slovenskem: žito, koruza, krompir, zelje, repa in podobno. Pri sadovnjakih se v sestavi kaže vpliv submediteranskega podnebja, saj so pogoste češnje, breskve, slive in orehi. Pridelava pa je večinoma usmerjena v samooskrbo. Drugače je z vinogradi, ki sicer po obsegu niso tako sklenjeni kot drugod v Sloveniji, vendar so tu zelo znana območja pridelovanja kraškega terana, zlasti v okrog Tomaja, Dutovelj in Komna. Za živinorejo so naravne razmere še manj ugodne od poljedelstva. Pašniki na Krasu se ne morejo meriti s pašniki drugod po Sloveniji, saj so zelo skalnati z borno travno rušo, pa še ta se v vročih in suhih poletnih mesecih posuši (Rejec Brancelj 1999, 242). Ekstenzivna travniška raba po podatkih iz klasifikacije pokrovnosti obsega 8 % površine. Z večanjem nadmorske višine se njen delež povečuje, glede na nagib pa je dokaj nespremenljiv, izrazito se poveča le v najbolj strmih razredu (30 %), kar gre tudi na račun preklasifikacije intenzivne kmetijske rabe. Velika prevlada ekstenzivne travniške rabe v nadmorskih višinah nad 800 m je posledica lege ozemlja na skrajnem jugovzhodu Podgorskega krasa, ki obsega nad naselje Rakitovec vzpete apnenčaste vrhove.

Z vidika ekspozicije je opazna razlika v pokrovnosti na severnih legah, kjer je večji delež gozda in manjša deleža intenzivne kmetijske in ekstenzivne travniške rabe, kot pri ostalih. Delež pozidanih zemljišč je od lege dokaj neodvisen, podobno velja tudi za ekstenzivno travniško rabo in grmičevje.



Slika 105: Pokrovnost Krasa in Podgorskega krasa glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.

Delež pozidanih in sorodnih zemljišč se zmanjšuje z manjšanjem stopnje urbaniziranosti; pri mestih (Sežani) znaša 15 %. Sežane ne obkroža venec močno urbaniziranih obmestij, kot je običajno v drugih delih države, tako da na Krasu teh naselij ni, a na njegovo območje kljub temu sega manjši del teritorija tega tipa iz naselij Vipavske doline. Takšnega ozemlja je malo, zato podatki o pokrovnosti zanj niso reprezentativni. Skupni delež gozda in grmičevja je dokaj nespremenljiv, z manjšanjem urbaniziranosti pa se viša delež prvega napram drugemu.



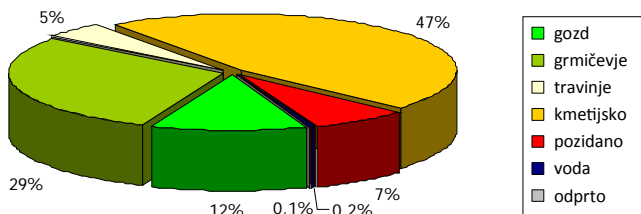
Slika 106: Pokrovnost Krasa in Podgorskega krasa glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.

Treba je opozoriti na velika odstopanja ugotovljenih deležev pokrovnosti od katastrskih podatkov. Po katastru iz leta 1994, je na Krasu 32 % pašnikov, 28 %

travnikov, 30 % gozda in 7 % njiv (Rejec Brancelj 1999, 241). Do razlike pride zaradi starosti katastra in njegovega zaostajanja za dejanskim stanjem, kot tudi zaradi načina klasifikacije in z njim povezanih omejitev. Na območju Krasa je še mnogo neodgovorjenih vprašanj v zvezi s klasifikacijo pokrovnosti s pomočjo satelitskih posnetkov. Velika spremenljivost rabe in talnih razmer ter težavno ločevanje med redkim grmičevjem in drugimi kategorijami pokrovnosti, predvsem gozdom in kmetijskimi kategorijami, narekuje poglobljeno študijo.

9.12 Gričevje v primorskem delu Slovenije

V ta PET sodijo Goriška Brda in Koprsko gričevje oziroma Koprška brda. Osnovna značilnost je prevlada fliša, ki so ga številni majhni potoki razrezali v gričevje. Goriška Brda so odprta proti morju, zato prevladuje toplo in sončno podnebje, podobno tistemu na ravnini ob morju, podnebje Koprskih brd pa je sploh najtoplejše v Sloveniji. Burja je manj izrazita kot v Vipavski dolini. Temperaturne razmere niso povsod enako ugodne, zato prihaja do pomembnih časovnih razlik v dozorevanju posameznih kultur. Mikroklima se spreminja že na kratke razdalje in je odvisna od reliefne izoblikovanosti, torej lege, naklona pobočij in nadmorske višine.

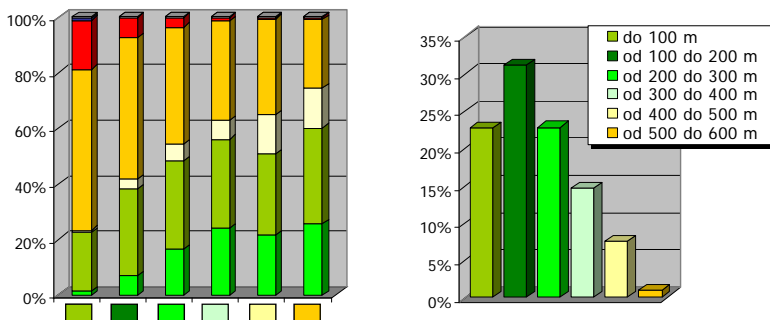


Slika 107: Deleži pokrovnosti v gričevju primorskega dela Slovenije.

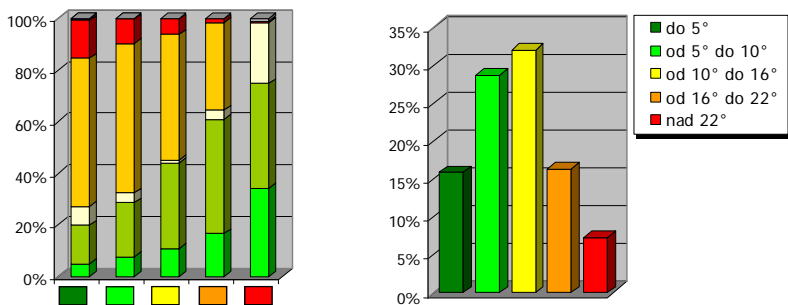
Na flišu se je razvila razvejana rečna mreža, vendar potoki v poletni suši pogosto presahnejo.

Lastnosti prsti so odvisne od kamninske podlage in podnebnih razmer. Fliš hitro prepereva in se spreminja v rodovitno prst, ki je zaradi precejšnje peščene primesi zelo primerna za rast vinske trte. Na apnencih je običajno groba skeletna prst, ki omogoča bolj skromno rastje. Le kjer je rjavica naplavljen v debelejšje sloje, se tudi kakovost prsti na apnenčasti podlagi izrazito izboljša. Velik problem je erozija prsti zaradi nespametnih posegov, zlasti zaradi izsekavanja gozda. Najbolj učinkovita pomoč je gradnja kulturnih teras. Človek je ponekod rendzine in evtrično rjavo prst

na flišu z obdelovanjem močno spremenil. Sčasoma je tako nastala rigolana prst (Perko in Orožen Adamič 1999).



Slika 108: Pokravnost gričevja primorskega dela Slovenije glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.

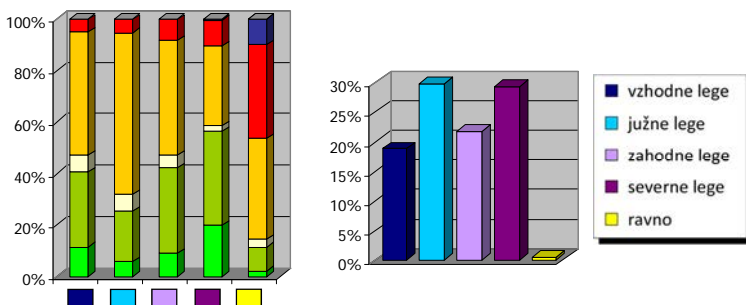


Slika 109: Pokravnost gričevja primorskega dela Slovenije glede na naklon in deleži naklonov.

Prebivalstvo v Koprskih brdih narašča le v priobalnem pasu in skrajnem zahodnem delu, v zaledju pa so obširna ogrožena območja, kjer prebivalstvo upada skoraj v vseh naseljih. Ena od osnovnih značilnosti prebivalstvene sestave Koprskih brd je etnična pestrost ter njeno hitro in korenito spreminjanje v zadnjih petdesetih letih. V pokrajini živi avtohtona italijanska skupnost. Naselja delimo na stara slikovita romanska mesta, nove urbanizirane soseske ter podeželska naselja. V gričevju zunaj mestnega ozemlja prevladujejo gručaste vasi, kjer so hiše brez reda tesno stisnjene ob osnovni prometnici. Skoraj vsa naselja stojijo na slemenih ali prisojnih pobočjih. Tudi v Goriških brdih prevladujejo gručaste vasi na slemenih, kjer so razmere za poselitev manj ugodne pa gručasti zaselki. Vmes se pojavljajo samotne kmetije. Za

novejši čas je zlasti na območjih z dobro prometno povezanostjo, značilno razraščanje naselij navzven, vendar je izguba kmetijske zemlje na račun pozidave majhna, saj so stavbe zaradi razgibanega reliefa in strmin navezane na bližino ceste. Neugodna starostna sestava Brd je odsev tradicionalne agrarnosti in agrarne prenaseljenosti, ki ju spremlja pomanjkanje zaposlitvenih možnosti zunaj kmetijstva. Zato ni čudno, da so še danes Brda tako pokrajinsko kot zaposlitveno ena najbolj izrazitih kmetijskih pokrajin v Sloveniji.

Posebnega pomena je obmorski letoviški turizem, ki je razvit vzdolž celotne obalne črte. Turističen razvoj se že vrsto let prilagaja zahtevam najštevilčnejših tujih gostov iz Italije, ki jim je prilagojena tudi ponudba z nočnim življenjem in igralnštvom. Najpomembnejši turistični kraji so Portorož, Ankaran, Strunjan in Piran (Perko in Orožen Adamič 1999).



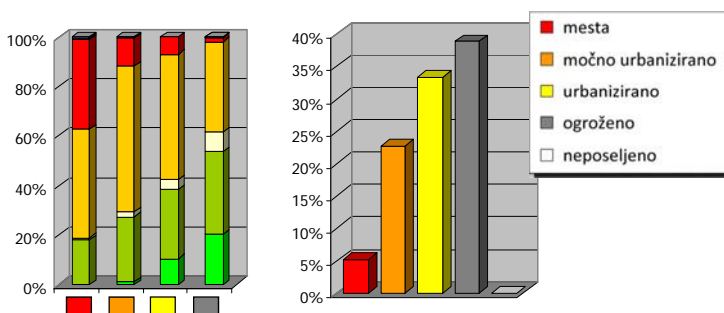
Slika 110: Pokrovnost gričevja primorskega dela Slovenije glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.

V gričevju primorskega dela Slovenije je ohranjenega le 12 % gozda, 29 % zemljišč pa prerašča grmičevje. Vzrok je v tem, da je gozd v Goriških Brdih, v kriznih obdobjih v preteklosti, s sečnjo kakovostnejšega lesa doživljal stalno degradacijo, zato je izredno slabe kakovosti in prevladujejo manj vredna hosta in grmičevje. V glavnem se je ohranil tam, kjer je zemljišče premalo kakovostno za obdelavo. Večinoma pripada združbi hrasta puhavca, ki na severu prehaja v gozd gradna, bukve in jesenske vilovine. Pomembno drevo je tudi kostanj, zlasti žlahtna sorta maroni (Kladnik 2002, 214). V Koprskih brdih je prevladujoča gozdna združba gozd gradna in jesenske vilovine. Med drevesnimi vrstami pa so še hrasta cer in puhavec ter beli gaber, torej listavci. Na območjih kjer ima mikroklima značilnosti sredozemskega podnebja, rastejo tudi zimzelene vrste. Rastline so toploljubne in prilagojene poletni suši. Gozd ima predvsem ekološko in erozijsko varovalno

funkcijo (Kladnik 1999c, 214). Delež gozda se povečuje z naraščanjem nadmorske višine in strmine pobočij. V najnižjem višinskem pasu, t.j. v višinah do 100 m, kakovostnejšega gozda skorajda ni, saj pokriva komaj 1 % zemljišč. Tudi delež grmičevja narašča z večanjem nagiba, glede na nadmorsko višino pa je razmeroma nespremenljiv, le v najnižjem pasu je z 21 % najmanjši.

Delež intenzivne kmetijske rabe s 47 % sodi med najvišje od vseh PET. Z naraščanjem nadmorske višine in nagiba nazaduje. V nadmorskih višinah do 100 m obsega 58 % površine, kar je enako kot pri PET Široke doline in obalne ravnice v primorskem delu Slovenije. Vendar pri slednjem tudi naslednji višinski pas obsega enak delež, pri gričevju pa nazaduje na polovico. Vzrok je tem, da v gričevju pri istih nadmorskih višinah prevladujejo večji nagibi. V višinskem pasu nad 500 m je delež kmetijske rabe s četrtno še vedno kar visok. Delež ekstenzivne kmetijske rabe je s 5 % razmeroma nizek. Z naraščanjem nadmorske višine narašča, a zlasti na račun hkratnega večanja strmine pobočij.

Kmetijsko dejavnost označuje cel niz posebnosti v načinu obdelave, npr. prevlada ročnih tehnik na kulturnih terasah, in v rabi tal, kjer so močno prisotne sredozemske kulture: vinska trta, oljka, murva, zgodnja zelenjava, smokva itd (Repolusk 1999b, 279). V Goriških Brdih je kmetijstvo najpomembnejša gospodarska panoga, še posebej to velja za vinogradništvo in sadjarstvo. Najbolj znana vrsta trte je rebula, ki pa se vse bolj umika bolj kakovostnim, tržno zanimivejšim sortam: belemu pinotu, sauvignonu in tokaju. Najpomembnejša sadna drevesa so češnja, breskev, marelica, hruške, figovec, v zadnjem času se širi tudi kivi (Kladnik 1999c, 218–219).



Slika 111: Pokrovnost gričevja primorskega dela Slovenije glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.

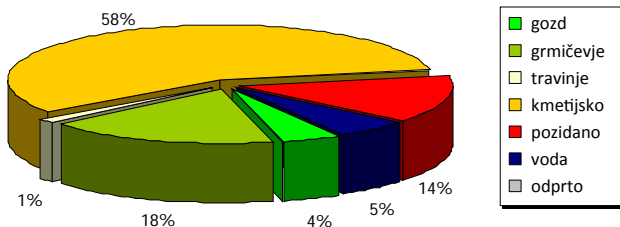
Pozidana in sorodna zemljišča obsegajo dokaj velik delež (7 %), treba pa je opozoriti, da določen del, večinoma v nadmorskih višinah med 100 in 200 m, pripada vinogradom v Goriških Brdih. Kljub temu je razvidno, da je največ pozidanih zemljišč, v absolutnem in relativnem smislu, v najnižjem višinskem pasu (18 %), kar ni presenetljivo, saj tu ležijo mestna naselja (Izola, Piran, Portorož) pri katerih je pozidanih zemljišč kar 36 %. Z manjšanjem urbaniziranosti nazaduje tudi delež pozidanih zemljišč, večajo pa se deleži ekstenzivne kmetijske rabe, gozda in grmičevja. Delež intenzivne kmetijske rabe je največji pri močno urbaniziranih naseljih. Iz tega lahko ugotovimo, da imajo ogrožena in odmirajoča podeželska naselja najslabšo (najmanj intenzivno) strukturo rabe tal. To na eni strani pomeni, da so ta naselja locirana tam, kjer so slabše naravne razmere, na drugi strani pa, da se je prebivalstvo na slabše razmere odzvalo z opuščanjem oziroma nekultiviranjem zemljišč in odseljevanjem.

Z vidika ekspozicije je opazen večji delež gozda in grmičevja na severnih legah in manjši na južnih, medtem, ko so si vzhodne in zahodne pri vseh kategorijah, razen pozidanih in sorodnih zemljiščih precej podobne. Zemljišča brez ekspozicije imajo izrazito velik delež vode in zlasti pozidanih zemljišč, kar je razumljivo, če upoštevamo, da so omejena na del Izole, Lucije in Strunjanske soline. Preseneča visok delež pozidanih zemljišč na severnih legah. Razložimo ga lahko z dvema dejavnikoma. Prvi je, da ima severno lego, čeprav zaradi majhnega nagiba zelo neizrazito, velik del Izole. Drugega pa moramo poiskati v Goriških brdih, kjer del vinogradov, zlasti na severozahodnih legah, zaradi odkrite prsti pripade omenjeni kategoriji.

9.13 Širše doline in obalne ravnice v primorskem delu Slovenije

Gre za Vipavsko dolino ter dolini Rižane in Dragonje. Značilna je prevlada fliša, Vipavska dolina pa na zahodu preide v Goriško ravan, kjer prevladuje apnenčev prod. Za vodooskrbo so pomembni močni kraški izviri na stiku z vzpetim apneniškim ozemljem.

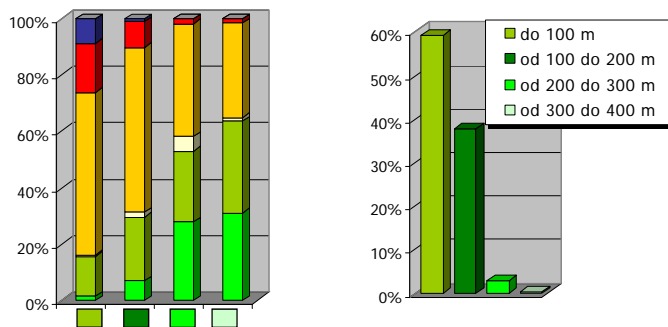
Obalne ravnice prejmejo v povprečju okrog 1000 mm padavin, Vipavska dolina pa okoli 1500 mm. Podnebje obalnih ravnin je najtoplejše v Sloveniji, zato se kljub precejšnji količini padavin v vseh letnih časih, poleti pojavlja fiziološka sušnost. Povprečna letna temperatura se povzpne preko 12°C, v Vipavski dolini pa je le nekoliko nižja. Kjer se povprečna januarska temperatura ne spusti pod 4°C uspeva oljka.



Slika 112: Deleži pokrovnosti v širših dolinah in obalnih ravninah primorskega dela Slovenije.

Glavna vetrova, burja in jugo, predstavljata zelo pomemben podnebni dejavnik. Burja je suh, hladen in sunkovit veter. Najmočnejša je pozimi in takrat so njeni učinki najbolj neprijetni. Njeno najbolj udarno območje je v Vipavski dolini, vzporedno z robom kraških planot, od 3 do 4 km odmaknjeno od podnožja.

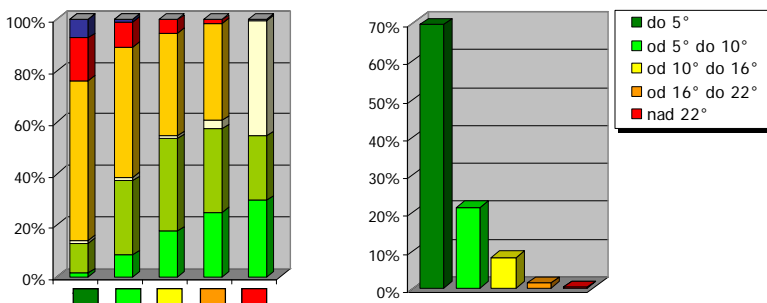
Najobsežnejša skupina prsti v Vipavski dolini so evtrične rjave prsti, nastale na matični podlagi bogati s karbonati. V ravnem delu doline prevladujejo hidromorfne prsti, zlasti skupina obrečnih prsti in hipogleji. Prve so mlade in slabo razvite, vendar primerne za obdelavo. Hipogleji so zamočvirjene prsti z izraženimi oglejenimi horizonti. Ob spodnjem toku Dragonje, Badaševice in Rižane se je zaradi višje talne vode razvila težka oglejena prst, ki je za intenzivnejšo kmetijsko rabo primerna šele po hidromelioracijah. V zgornjem in srednjem toku pa prevladujejo peščene in ilovnate obrečne prsti, ki so primernejše za intenzivno kmetijsko rabo (Perko in Orožen Adamič 1999).



Slika 113: Pokrovnost širših dolin in obalnih ravnin primorskega dela Slovenije glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.

Zaradi poplav ležijo vsa naselja na robu gričevja. Izjema je le Koper, ki pa je z regulacijo Badaševice in Rižane izven poplavalne nevarnosti. Koper je doživel razcvet

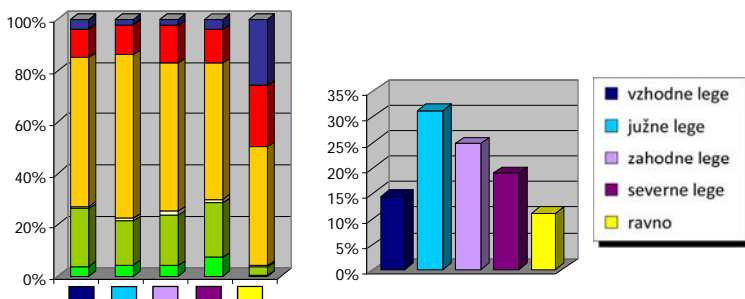
še le po 2. svetovni vojni z izgradnjo pristanišča in dograditvijo železniške povezave z notranjostjo Slovenije. Pomembna je pristaniška dejavnost, saj postaja eno najpomembnejših pristanišč za srednjo Evropo, zlasti za uvoz razsutega tovara. Nova Gorica je največje in najpomembnejše, čeprav najmlajše naselje v Vipavski dolini. Vse pomembnejši pečat mu daje zabaviščna industrija. Obe mesti sta upravno, gospodarsko, šolsko in kulturno središče svojega dela Primorja.



Slika 114: Pokrovnost širših dolin in obalnih ravnin primorskega dela Slovenije glede na naklon in deleži naklonov.

Širše doline in obalne ravnice v primorskem delu Slovenije so PET z izredno intenzivnostjo rabe tal. Zato ne preseneča, da gozd obsega le 4 % zemljišč, k čemur pa moramo prišteti še 18 % grmičevja. V Vipavski dolini je najpomembnejše drevo hrast graden, na prisojah v nižjih legah pa je precej toploljubnega puhastega hrasta. Žive meje, ki so bile največkrat v obliki obvodnega rastja, niso imele neposrednega gospodarskega pomena, zelo pomembno vlogo pa so imele pri samouravnalnih pokrajinskih procesih, zlasti pri uravnavanju talne vlage in zaščiti pred vetrom. Z obsežnimi komasacijami so bile žive meje v večjem delu odstranjene. Zaradi negativnih posledic, ki jih je to imelo na pokrajino, pa drevesno in grmovno rastje ponovno zasajajo. Ob morju je rastje listopadno in ima sredozemske značilnosti, saj posamično ali v manjših skupinah rastejo v gozdu ali grmišču tudi zimzelene vrste (Perko in Orožen Adamič 1999). Podobno, kot v drugih PET, delež gozda napreduje z naraščanjem nadmorske višine in večanjem nagiba. Naj dodamo, da je delež površja z nadmorsko višino nad 200 m ali naklonom večjim od 16° skorajda zanemarljiv (3 in 1 %). Del ga leži na pobočju Trnovskega gozda, od tod večji delež gozda, del pa v zgornji Vipavski dolini, čemur lahko pripišemo še vedno velik delež kmetijskih zemljišč.

Delež intenzivne kmetijske rabe obsega domala tri petine površja. Najpomembnejša kmetijska dejavnost je nedvomno vinogradništvo, ki mu ob bok sodi še sadjarstvo. Obseg vinogradniške proizvodnje se v zadnjih letih z obnavljanjem opuščeni ter urejanjem novih vinogradov povečuje. V priobalnih ravninah rastejo tudi druge sredozemske kulture, kot so oljka, murva, smokve in podobno. Obsežne melioracije in komasacije v dnu Vipavske doline so povsem spremenile rabo tal, prav tako tudi poljsko razdelitev in s tem celotno podobo pokrajine. Poleg obsežnih osuševalnih sistemov je zaradi poletne sušnosti predvideno tudi namakanje, predvsem z vodo iz vodnih zadrževalnikov. Zaradi neprimerno izvedenih komasacij, so večja območja njiv ponovno zatravili. Ekstenzivne travniške rabe je kljub temu zelo malo, komaj 1 % iz česar lahko sklepamo, da gre tudi pri zemljiščih, ki jih prerašča travinje, za intenzivnejše travnike.

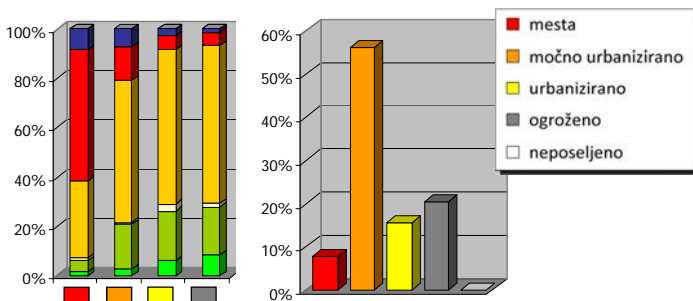


Slika 115: Pokrovnost širših dolin in obalnih ravnin primorskega dela Slovenije glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.

Zelo visok je delež pozidanih in sorodnih zemljišč (14 %). Še največja razlika, glede na posamezne dejavnike, je pri tipih naselbinskih območij. Pri mestnih naseljih (Koper, Ajdovščina, Nova Gorica) presega polovico površine (53 %), kar izraža izjemno potratnost s prostorom za pozidavo. Vzrok pa lahko leži tudi v tem, da ozemlje mest zaradi bližnjih manjših naselij ne obsega tako obširnega teritorija, kot pri drugih PET. Opazna je visoka prevlada močno urbaniziranih obmestij, kakršno zasledimo le še pri medgorskih kotlinah. Raba tal v obmestjih se ne razlikuje bistveno od podeželskih naselij. V slednjih je opaziti nekoliko večji delež gozda in zlasti manjši delež pozidanih zemljišč. Delež intenzivne kmetijske rabe je obratno sorazmeren deležu pozidanih zemljišč. Največji je pri podeželskih naseljih, vendar gre to bolj na račun njihove lege v, za kmetijstvo najbolj primernem, blagem gričevju osrednjega dela Vipavske doline.

K visokemu deležu vod (dvajsetina ozemlja) prispevajo predvsem Sečoveljske soline, nekaj pa še Škocjanski zatok in vodni zadrževalnik na potoku Vogršček.

Z vidika ekspozicije ni večjih razlik, kar je razumljivo, saj so strmine blage in zato lege neizrazite. Večje odstopanje je na zemljiščih brez lege, vendar zahvaljujoč dejstvu, da so to območja brez nagiba.



Slika 116: Pokrovnost širših dolin in obalnih ravnin primorskega dela Slovenije glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.

10 Zaključek

Uporabljen metoda vrednotenja se je izkazala kot primerna za ugotavljanje razlik v pokrovnosti tako znotraj posameznih pokrajinskoekoloških tipov kot med njimi.

Podani način izdelave digitalne karte pokrovnosti iz satelitskih posnetkov Landsat povezuje različne načine klasifikacije in uporabo pomožnih podatkov, med katerimi so najpomembnejši digitalni ortofoto posnetki in digitalni model višin. Kot osnovni vir so bili uporabljeni brezplačni satelitski posnetki sistema Landsat iz leta 1999 in 2000, prevzorčeni na prostorsko ločljivost 25 m. Ozemlje Slovenije je bilo razdeljeno na manjše neenake dele, saj je le tako moč v večji meri zaobjeti posebnosti in razlike, ki so posledica reliefne razčlenjenosti, drobne zemljiškoposestne strukture, pestrosti kamninske in pedološke sestave, mikroklimatskih razmer in podobnega.

Za pridobivanje osnovnega znanja o »obnašanju«, t.j. naravni razporeditvi vzorcev in določevanje homogenih površin za opredeljevanje vzorcev nadzorovane klasifikacije je bila uporabljena nenadzorovana klasifikacija. Učni vzorci za nadzorovano klasifikacijo za izbrane kategorije pokrovnosti (gozd, grmičevje in zaraščanje, ekstenzivna travniška raba, intenzivna kmetijska raba, pozidana in sorodna zemljišča, voda) so bili določeni s samodejnim in ročnim omejevanjem, kategorija odprto pa je bila pridobljena naknadno v procesu poklasifikacije. Kakovost vzorcev je bila iterativno preverjena z več analizami, neustrezni vzorci pa so bili zamenjani. Kot glavni klasifikator je bila uporabljena metoda največje verjetnosti, saj imajo njene dobre lastnosti, zlasti velika točnost, bistveno prednost pred slabimi, npr. občutljivostjo na kakovost učnih vzorcev. Po opravljeni klasifikaciji so bila manjša območja ponovno združena v mozaik, pri čemer so bila glavna vodila vizualno ugotovljena kakovost klasifikacije, starost posnetka in meje pokrajinskoekoloških tipov.

Pri preklasifikaciji sta bila kot omejevalna dejavnika za intenzivno kmetijsko rabo, gozd, pozidana in sorodna zemljišča ter vodo upoštevana nadmorska višina in strmina pobočij. Za izločitev »šuma« iz podatkov je bil uporabljen prilagojen filter večine. Nadomeščali smo samo piksele oziroma kategorije, ki nastopajo posamič,

torej tiste, ki nimajo sosedov iste kategorije. Ocenjena natančnost karte na podlagi 800 vzorčnih točk dosega 92 %.

Precejšnje težave pri klasifikaciji pokrovnosti so se pojavile pri ločevanju grmičevja od zemljišč z intenzivno kmetijsko rabo. Zaradi podobnosti in prepletanja spektralnih podpisov omenjenih kategorij, je bilo pri določevanju učnih vzorcev treba uporabiti številne metode preverjanja njihove primernosti. Podobna težava je razlikovanje med pozidanimi zemljišči in zemljišči z odkrito prstjo, vendar je bila dokaj uspešno premoščena z mehko klasifikacijo v dva sloja. Pozidanim zemljiščem, ki so bila v drugem sloju označena kot katerakoli druga kategorija, je bil atribut spremenjen v slednjo.

Izboljšanja kakovosti klasifikacije z uporabo pomožnih podatkov v obliki normiranega diferencialnega vegetacijskega indeksa (NDVI), pankromatskega kanala, digitalnega modela višin in iz njega izračunanih naklonov, iz dobljenih rezultatov ni mogoče opaziti. Možno pa je, da bi podrobnejše raziskovanje v tej smeri utegnilo prinesiti ugoden rezultat. Poskusiti bi veljalo zlasti z manjšim območjem, kjer bi lahko večjo pozornost namenili izboru učnih vzorcev, prilagojenih značilnostim nagiba oziroma višinskih pasov. V predstavljenem primeru se je zato za bolj primerno izkazala uporaba odločitvenega drevesa z omejevanjem največje nadmorske višine in nagibov. Uporabnost odločitvenega drevesa bi se še povečala z aplikacijo na nižji ravni. Tako bi lahko npr. ločevali spremenljivo višino zgornje gozdne meje po regijah. Vključiti bi bilo mogoče tudi druge kriterije, npr. lego in osončenost, s čimer bi zagotovili možnost izbora dodatnih kombinacij kriterijev. Največja pomanjkljivost je težavno kvantitativno določevanje meja.

Izdelana nova kartografska upodobitev pokrajinskoekoloških tipov je v primerjavi s staro (Špes in dr. 2002) primernejša za uporabo v orodjih GIS. Meje med tipi so natančneje definirane in se bolje prilegajo naravnogeografskim značilnostim, med katerimi izstopa zlasti izoblikovanost površja. Karto je mogoče še izboljšati, zlasti z upoštevanjem natančnejših ali vsaj georeferenciranih geološke in pedološke karte. Upoštevati bi bilo treba tudi karto rabe tal oziroma pokrovnosti in, če je le mogoče, digitalne ortofoto posnetke.

Analiza pokrovnosti pokaže, da se v splošnem z večanjem nadmorske višine in nagiba povečuje tudi delež gozda, deleži ostalih kategorij, razen kategorije odprto, pa se manjšajo. Pri ekspoziciji so največje razlike med severnimi in južnimi legami. Na prvih je nadpovprečen delež gozda, na drugih pa delež ekstenzivne travniške rabe. Izrazito izstopajo uravnana zemljišča brez ekspozicije. Na njih prevladuje

intenzivna kmetijska raba, nadpovprečna pa sta še deleža pozidanih zemljišč in vode. Ti dve kategoriji, skupaj z intenzivno kmetijsko rabo, z zmanjševanjem urbaniziranosti nazadujeta, pri čemer se večajo deleži vseh drugih kategorij. Opisano je v skladu s pričakovanji in splošnimi opažanji na ravni celotne države.

Razlike med pokrajinskoekološkimi tipi (PET) so velike. Med najbolj gozdnata območja sodijo hribovite in kraške pokrajine. Na visokih kraških planotah in hribovjih iz karbonatnih kamnin gozd prerašča skorajda devet desetin površja. Za PET s prevlado kraškega površja je značilno tudi močno zaraščanje. Velik delež grmičevja in gozda slabše kakovosti je lasten predvsem PET primorskega dela Slovenije. Z večanjem deleža za poselitev in kmetijstvo primernejšega ozemlja v PET se večja tudi delež ustreznih kategorij pokrovnosti. Na prvo vplivajo, precej bolj kot naravnogeografski, družbenogeografski dejavniki. V mestih namreč delež pozidanih in sorodnih zemljišč presega četrtno površja. Zato največji delež te kategorije v medgorskih kotlinah ter širših dolinah in obalnih ravninah primorskega dela Slovenije ni presenetljiv. Koncentracijo prebivalstva, infrastrukture in dejavnosti pa lahko potrdimo tudi za druge ravnine in širše doline v Sloveniji. V pokrovnosti PET se torej odražajo tudi velike razlike v gospodarski razvitosti, ekonomski moči in demografski sestavi.

Izbrani kazalci dobro prikažejo razlike znotraj pokrajinskoekoloških tipov. Za poglobljeno študijo diferenciacije na nižji ravni bi bilo treba upoštevati dodatne, tudi bolj podrobne kazalce. K naravnogeografskim bi lahko dodali npr. osončenost, kompleksen družbenogeografski kriterij tipov naselbinskih območij pa bi lahko razčlenili oziroma upoštevali njegove posamezne elemente. Uporabiti bi bilo smiselno tudi podrobnejšo členitev pokrovnosti, zlasti v smeri natančnejšega razločevanja intenzivnih kmetijskih kultur. Z uporabo na višji ravni bi se izognili izstopajočim območjem, kjer posamezen razred določenega kazalca obsega le manjše ozemlje in zato prevlada izrazito izstopajoč vzorec pokrovnosti oziroma pokrovnost značilna za prostorsko zelo omejen teritorij.

Rezultati potrjujejo, da so pokrajinskoekološki tipi dobro opredeljeni, saj se z vidika pokrovnosti dobro pokažejo razlike, ki izvirajo iz njihove raznovrstnosti.

Omeniti je treba še težave z združljivostjo prostorskih podatkov. Pridobljeni v različnih časovnih obdobjih in z različnih virov so v večjem prostorskem merilu praviloma nezdružljivi. Zato bi bilo smiselno poenotenje uporabljene stopnje generalizacije za posamezne ravni oziroma poenotenje merila na državni ravni za vse raziskovalne ustanove, ministrstva, agencije in druge zainteresirane institucije.

Kot posebej problematično območje za določevanje pokrovnosti s klasifikacijo satelitskih posnetkov se je izkazalo zlasti območje Krasa. Številna neodgovorjena vprašanja povezana z veliko spremenljivostjo rabe in talnih razmer ter težavnim ločevanjem med redkim grmičevjem in drugimi kategorijami pokrovnosti, predvsem gozdom in kmetijskimi kategorijami, narekujejo poglobljeno študijo.

11 Viri in literatura

- Apan, Armando A. 1997. „Land cover mapping for tropical forest rehabilitation planning using remotely-sensed data“. *International Journal of Remote Sensing* 18 (5): 1029–1049.
- Bajec, Anton, Janko Jurančič, Mile Klopčič, Lino Legiša, Stane Suhadolnik in Franc Tomšič, ur. 1991. „kategorija“. *Slovar slovenskega knjižnega jezika*, 2. zvezek. Ljubljana: Slovenska akademija znanosti in umetnosti.
- Belec, Borut. 1999. „Panonski svet“. V *Slovenija - Pokrajine in ljudje*, ur. Drago Perko in Milan Orožen Adamič, 532–545. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- Bossard, M., J. Feranec in J. Otahel. 2000. „CORINE land cover technical guide - Addendum 2000“. Technical report No 40. Copenhagen: European Environment Agency.
- Campbell, James B. 1996. *Introduction to Remote Sensing*. New York: Taylor and Francis.
- Colditz, René R., Thilo Wehrmann, Martin Bachmann, Klaus Steinnocher, Michael Schmidt, Günter Strunz in Stefan Dech. 2006. „Influence of image fusion approaches on classification accuracy: a case study“. *International Journal of Remote Sensing* 27 (15): 3311–3335.
- Gabrovec, Matej. 1999. „Suha krajina in Dobrepolje“. V *Slovenija - Pokrajine in ljudje*, ur. Drago Perko in Milan Orožen Adamič, 472–482. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- Gabrovec, Matej in Drago Kladnik. 1997. „Nekaj novih vidikov rabe tal v Sloveniji“. *Geografski zbornik* 37: 7–64.
- Gams, Ivan. 1960. „O višinski meji naseljenosti, ozimine, gozda in snega v slovenskih gorah“. *Geografski vestnik* 32: 59–69.
- . 1986. *Osnove pokrajinske ekologije*. Ljubljana: Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo.
- Hrvatina, Mauro. 1999. „Mala gora, Kočevski rog in Poljanska gora“. V *Slovenija - Pokrajine in ljudje*, ur. Drago Perko in Milan Orožen Adamič, 436–447. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- Kladnik, Drago. 1999a. *Leksikon geografije podeželja*. Ljubljana: Inštitut za geografijo.
- . 1999b. „Dinarski svet“. V *Slovenija - Pokrajine in ljudje*, ur. Drago Perko in Milan Orožen Adamič, 296–311. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- . 1999c. „Goriška Brda“. V *Slovenija - Pokrajine in ljudje*, ur. Drago Perko in Milan Orožen Adamič, 210–221. Ljubljana: Mladinska knjiga.

-
- . 2002. *Pomen in perspektive zasebnega kmetijstva znotraj strnjeno pozidanih delov Ljubljane*. Ljubljana: Inštitut za geografijo.
- . 2004. „Izdelava sloja neposeljenih območij Slovenije“.
- Kladnik, Drago in Marjan Ravbar. 2003. *Členitev slovenskega podeželja*. Geografija Slovenije 8. Ljubljana: Založba ZRC.
- Kokalj, Žiga in Krištof Oštir. 2005. „Uporaba klasifikacije satelitskih posnetkov za določanje pokrovnosti na območju Krasa“. V *Kras: voda in življenje v kamniti pokrajini*, ur. Andrej Mihevc, 155–163. Projekt Aquadapt. Ljubljana: Založba ZRC.
- Kramer, Herbert J. 2002. *Observation of the earth and its environment: survey of missions and sensors*. Berlin: Springer.
- Lillesand, Thomas M. in Ralph W. Kiefer. 1994. *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- Lovrenčak, Franc. 2007. *Zgornja gozdna meja slovenskih Alp, visokih kraških planot in Prokletij*. Ljubljana: Znanstvenoraziskovalni inštitut Filozofske fakultete.
- Mihelič, Ludvik. 1999. „Bloke“. V *Slovenija - Pokrajine in ljudje*, ur. Drago Perko in Milan Orožen Adamič, 402–412. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- Natek, Karel. 1995. „Suša v kmetijstvu – ogroženost, vrednotenje in zmanjševanje posledic“. elaborat. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije.
- Natek, Milan. 1999. „Savinska ravan“. V *Slovenija - Pokrajine in ljudje*, ur. Drago Perko in Milan Orožen Adamič, 166–177. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- Orožen Adamič, Milan, Drago Perko in Drago Kladnik, ur. 1995. *Krajevni leksikon Slovenije*. Ljubljana: DZS.
- Oštir, Krištof. 2006. *Daljinsko zaznavanje*. Ljubljana: Založba ZRC.
- Oštir, Krištof, Tomaž Podobnikar, Zoran Stančič in Jurij Mlinar. 2000a. „Digitalni model višin Slovenije InSAR 25“. *Geodetski vestnik* 44 (4): 374–383.
- Oštir, Krištof, Zoran Stančič, Tomaž Podobnikar in Zoran Vehovar. 2000b. „Pridobivanje in uporaba prostorskih podatkov visoke ločljivosti pri načrtovanju omrežja mobilne telefonije“. V *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1999-2000*, ur. David Hladnik, Marko Krevs, Drago Perko, Tomaž Podobnikar in Zoran Stančič, 143–152. Ljubljana: Znanstvenoraziskovalni center SAZU; Zveza geografskih društev Slovenije; Zveza geodetov Slovenije.
- Pak, Mirko in Drago Perko. 1996. „Regionalnogeografska monografija Slovenije 3. del – Ljubljanska kotlina“. Elaborat. Ljubljana: Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU.
- Pavlin, Branko. 1998. „Uporaba podatkov zemeljskoopazovalnih satelitov za izdelavo tematskih kart: primer stare občine Nova Gorica“. Doktorska disertacija, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta.
- Perko, Drago, Jerneja Fridl, Drago Kladnik, Milan Orožen Adamič in Drago Perko. 1998. „Nadmorske višine površja“. V *Geografski atlas Slovenije*, 84–85. Ljubljana: DZS.
-

-
- Perko, Drago in Milan Orožen Adamič, ur. 1999. *Slovenija - Pokrajine in ljudje*. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- Petek, Franci. 2001. „Vrednotenje rabe zemljišč v slovenskih pokrajinah z vidika kazalcev sonaravnega razvoja“. Magistrsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta.
- Plut, Dušan. 1999. „Bela Krajina“. V *Slovenija - Pokrajine in ljudje*, ur. Drago Perko in Milan Orožen Adamič, 484–497. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- Počkaj Horvat, Damjana. 1999. „Velenjsko in Konjiško hribovje“. V *Slovenija - Pokrajine in ljudje*, ur. Drago Perko in Milan Orožen Adamič, 132–141. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- Ravbar, Marjan. 1995. „Zasnova poselitve Slovenije“. Elaborat. Slovenija: Inštitut za Geografijo.
- . 1997. „Slovenska mesta in obmestja v preobrazbi“. *Geografski zbornik* 37: 65–109.
- . 1998. „Značilnosti urbanizacije“. V *Geografski atlas Slovenije*, ur. Jerneja Fridl, Drago Kladnik, Milan Orožen Adamič in Drago Perko, 310–313. Ljubljana: DZS.
- Rejec Brancelj, Irena. 1999. „Kras“. V *Slovenija - Pokrajine in ljudje*, ur. Drago Perko in Milan Orožen Adamič, 234–245. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- Repolusk, Peter. 1999a. „Podgorski Kras, Čičarija in Podgrajsko podolje“. V *Slovenija - Pokrajine in ljudje*, ur. Drago Perko in Milan Orožen Adamič, 258–267. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- . 1999b. „Koprska brda“. V *Slovenija - Pokrajine in ljudje*, ur. Drago Perko in Milan Orožen Adamič, 268–281. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- Skumavec, Dominik. 2003. „Izdelava vektorske baze pokrovnosti tal Slovenije, stanje 2001“. Ljubljana: Statistični urad RS.
- Šabić, Danijela, Enisa Lojović in Ana Tretjak. 1998. „Statistični GIS pokrovnosti in rabe tal Slovenije z oceno spremembe pokrovnosti tal med letoma 1993 in 1997“. V *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1997-1998*. Ljubljana: Založba ZRC.
- Špes, Metka, Dejan Cigale, Barbara Lampič, Karel Natek, Dušan Plut in Aleš Smrekar. 2002. „Študija ranljivosti okolja“. *Geographica Slovenica*.
- Topole, Maja. 1999. „Dolenjsko podolje“. V *Slovenija - Pokrajine in ljudje*, ur. Drago Perko in Milan Orožen Adamič, 460–470. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- Urbanc, Mimi. 1999. „Zahodne Karavanke“. V *Slovenija - Pokrajine in ljudje*, ur. Drago Perko in Milan Orožen Adamič, 96–107. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- Veljanovski, Tatjana, Urša Kanjir in Krištof Oštir. 2011. „Objektno usmerjena analiza podatkov daljinskega zaznavanja“. *Geodetski vestnik* 55 (4): 641–688.
- Vrišer, Igor. 1995. *Agrarna geografija*. Ljubljana: Filozofska fakulteta.
- Wright, Gary. G. in Jane G. Morrice. 1997. „Landsat TM spectral information to enhance the land cover of Scotland 1988 dataset“. *International Journal of Remote Sensing* 18 (18): 3811–3834.
-

12 Seznam slik

Slika 1: Shema poteka pridobitve sloja pokrovnosti.....	4
Slika 2: Primerjava različnih slojev pokrovnosti Slovenije.....	10
Slika 3: Zemljiški kataster Polhovega Gradca z okolico pred privzemom kategorij dejanske rabe tal. V legendi so prikazane le kategorije, ki se jih da razbrati s tega dela karte.....	11
Slika 4: Karta dejanske rabe tal MKGP. Polhov Gradec z okolico. V legendi so prikazane le kategorije, ki se jih da razbrati s tega dela karte.....	11
Slika 5: Karta pokrovnosti CORINE. Polhov Gradec z okolico. V legendi so prikazane le kategorije, ki se jih da razbrati s tega dela karte.....	12
Slika 6: Karta pokrovnosti SURS. Polhov Gradec z okolico. V legendi so prikazane le kategorije, ki se jih da razbrati s tega dela karte.....	13
Slika 7: Karta pokrovnosti izdelana na Inštitutu za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU. Polhov Gradec z okolico. V legendi so prikazane le kategorije, ki se jih da razbrati s tega dela karte.....	13
Slika 8: Trije posnetki Landsat pokrijejo celotno ozemlje Slovenije.....	16
Slika 9: Slovenijo smo razdelili na 6 neenakih območij. Oštevilčili smo jih od zahoda proti vzhodu.....	17
Slika 10: Na slikah A in B je zelo nazorna razlika v vizualnem »obsegu oblakov« pred in po prilagajanju histograma. Na sliki C so oblaki (rumeno) ugotovljeni s pomočjo slike razdalj in 150 m »varnosti pas« (črno do sivo). Okolica Mojstrovk v Julijskih Alpah.....	18
Slika 11: Primera podatkov v spektralnem prostoru. Kombinacija 1. in 4. kanala (A), kombinacija 2. in 7. kanala (B). Gostota pikslov se viša od rožnate preko modre, zelene in rumene do rdeče.....	22
Slika 12: Nenadzorovana klasifikacija na 20 razredov. Območje med Divačo in Kozino.....	23

Slika 13: Ročno omejeno območje intenzivne kmetijske rabe (pravokotno) in samodejno omejeno območje gozda (nepravilno oblikovano). Okolica Murskih Črncev (kanali 4, 3, 2).....	26
Slika 14: Primeri učnih vzorcev (označeni z rumeno) za grmičevje južno od Sežane (A) (rdeča črta je državna meja), listnati gozd na južnem pobočju Snežnika (B) in iglasti gozd jugovzhodno od Kočevja (C). Kombinacija infrardečih kanalov 7, 5 in 4. V tej kombinaciji kanalov je grmičevje rumenkasto modro, zdrav listnati gozd živo svetlo moder, iglasti gozd temno moder, pozidana in sorodna zemljišča pa so oranžna do živo rumena.....	27
Slika 15: Primera vzorcev (označeni z rumeno) za ekstenzivno travniško rabo med Veliko in Malo Planino v Kamniško-Savinjskih Alpah (A) in na pobočju Vremščice (B). Raznolikost intenzivne kmetijske rabe, kot tudi drobnoposestniška struktura sta lepo vidni na delu slike C. Kombinacija kanalov 5, 4 in 3.....	27
Slika 16: Primeri vzorcev (označeni z rumeno) za pozidana in sorodna zemljišča v Kranju (A), odprto (skalovje) pod Triglavom (B) in vode v Šmartinskem jezeru, severno od Celja (C). Kombinacija kanalov 4, 3 in 2.....	28
Slika 17: Grafična predstavitev digitalnih vrednosti (spektralnih odbojev) izbranih vzorcev različnih kategorij. Posnetek iz leta 2000.....	29
Slika 18: Grafična predstavitev digitalnih vrednosti (spektralnih odbojev) vzorcev listnatega gozda. Iz grafikona je lepo razbrati variabilnost odbojev, še zlasti v 4. in 5. kanalu. Posnetek iz leta 2000.....	29
Slika 19: Ponazoritev izbranih učnih vzorcev v spektralnem prostoru (kombinacija 1. in 4. kanala).....	31
Slika 20: Preklasifikacija pozidanih površin, ki so bile v prvem krogu mehke (fuzzy) klasifikacije uvrščene k pozidanim, v drugi pa k zemljiščem katere druge kategorije (rumeno). Rdeči piksli predstavljajo območja, ki so bila v obeh krogih klasificirana kot pozidana. Podlaga je DOF. Na sliki so Voglje in del gorenjske avtoceste.....	34
Slika 21: Zelo podobni spektralni odboji gozda in kmetijskih zemljišč na posnetku zahodne Slovenije (1999, 191/28).....	35

Slika 22: Napačna klasifikacija vinogradniških območij, zlasti če so vinogradi že rigolani. Okolica vasi Gornje Cerovo v Goriških Brdih. Sloj pokrovnosti je deloma prosojen, podlaga je DOF.....	35
Slika 23: Med glavne značilnosti slovenskih pokrajin sodi velika spremenljivost rabe tal, ki na kratke razdalje prehaja iz ene kategorije v drugo. Hkrati je raba marsikje mešana. Na fotografiji je vinograd z vmesnim travnikom in grmičevjem ter gozdom v bližini Podgriča v Vipavski dolini. Foto: Žiga Kokalj.....	36
Slika 24: Za številne pokrajine Slovenije je zaraščanje ena najbolj opaznih lastnosti. S klasifikacijo satelitskih posnetkov lahko pojav podrobno opazujemo, vendar je pri analizi rezultatov potrebna posebna previdnost, saj je včasih težavno ločevanje med grmičevjem, redkim gozdom in nekaterimi tipi kmetijskih zemljišč. Foto: Žiga Kokalj.....	36
Slika 25: Satelitski posnetek (kanali 4, 3, 2) je deloma prosojen, podlaga je DOF. Na sliki A je označen vzorec kmetijskih zemljišč med Srednjo vasjo in Bohinjsko Češnjico v Zgornji bohinjski dolini, na sliki B je vzorec listnatega gozda nad dolino Idrijce, severno od Spodnje Idrije.....	37
Slika 26: Testno območje za analizo klasifikacije združene podobe pankromatskega in večspektralnih kanalov. Z rumeno so označena območja učnih vzorcev. Podlaga je satelitski posnetek (kanali 4, 3, 2).....	38
Slika 27: Klasifikacija pokrovnosti na nespremenjenem posnetku (A), prevzorčenem posnetku na ločljivost 12,5 m (B) in prevzorčenem posnetku na 12,5 m z dodajanjem informacij pankromatskega kanala s SFIM transformacijo (C). Ljubljansko barje ob Ižanski cesti in Iščici. Sloj pokrovnosti je deloma prosojen, podlaga je DOF.....	40
Slika 28: Mozaičenje.....	41
Slika 29: Shema preklasifikacije.....	44
Slika 30: Karta pokrovnosti pred (A) in po (B) preklasifikaciji. Okolica Lučkega dedca v Kamniško-Savinjskih Alpah. Sloj pokrovnosti je deloma prosojen, podlaga je DOF.....	45
Slika 31: Izločitev kamnoloma v Stahovici pri Kamniku z upoštevanjem nagiba 25°. Zanimiva je deformacija zahodno od kamnoloma, kjer je gozd klasificiran kot travinje, višje, kot grmičevje. Vzrok gre iskati v	

onesnaženju s prahom iz kamnoloma in posledično spremembo spektralnega odboja. Sloj pokrovnosti je deloma prosojen, podlaga je DOF.....	46
Slika 32: Iz kamnoloma v Stahovici pri Kamniku se dviguje oblak prahu.....	47
Slika 33: Različni načini filtriranja. Slika brez filtriranja (A), izločevanje posamičnih pikslov in nadomeščanje njihovih vrednosti s filtri večine (metoda osmih sosedov (B), metoda štirih sosedov (C), izločevanje skupin pikslov manjših od tri in nadomeščanje njihovih vrednosti s filtri večine (metoda osmih sosedov (Č), metoda štirih sosedov (D), filtriranje celotne slike s filtrom večine velikosti tri krat tri (E). V izogib težavam pri filtriranju robov so slike izrezi večjih podob.....	48
Slika 34: Štirje (A) ali osem (B) sosedov srednjega piksla.....	48
Slika 35: Primerjava pokrovnosti po klasifikaciji, po omejevanju z višino in naklonom ter po končanem filtriranju.....	51
Slika 36: Pokrovnost v Sloveniji.....	53
Slika 37: Razporeditev in klasificirani razred testnih pikslov.....	54
Slika 38: Napačno klasificirani vzorčni piksli (A) in njihove referenčne kategorije (B).....	54
Slika 39: Pokrajinskoekološki tipi (PET) Slovenije. ►.....	58
Slika 40: Primera tipičnih napak v starem vektorskem sloju pokrajinskoekoloških tipov. Državna meja preveč odstopa od dejanske (rdeče) (A). Okolica Vrhovelj pri Kožbani, Goriška Brda. Dolinsko dno poteka prek hribovja in je mnogo preširoko (B). Okolica Trebije v dolini Poljanske Sore.....	60
Slika 41: Delež površja posameznega pokrajinskoekološkega tipa.....	63
Slika 42: Višinska pasovitost Slovenije.....	64
Slika 43: Deleži naklonskih razredov v Sloveniji.....	64
Slika 44: Deleži ekspozicij v Sloveniji.....	65
Slika 45: Delež tipov naselbinskih območij v Sloveniji.....	66
Slika 46: Deleži pokrovnosti v visokogorju.....	67
Slika 47: Deleži višinskih pasov v visokogorju.....	68
Slika 48: Pokrovnost visokogorja glede na višinske pasove.....	68

Slika 49: Pokrovnost visokogorja glede na naklon in deleži naklonov.....	69
Slika 50: Pokrovnost visokogorja glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.....	70
Slika 51: Pokrovnost visokogorja glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.....	71
Slika 52: Deleži pokrovnosti v širših rečnih dolinah v visokogorju, hribovju in na krasu.....	72
Slika 53: Deleži višinskih pasov v širših rečnih dolinah v visokogorju, hribovju in na krasu.....	73
Slika 54: Pokrovnost širših rečnih dolin v visokogorju, hribovju in na krasu glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.....	73
Slika 55: Pokrovnost širših rečnih dolin v visokogorju, hribovju in na krasu glede na naklon in deleži naklonov.....	74
Slika 56: Pokrovnost širših rečnih dolin v visokogorju, hribovju in na krasu glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.....	75
Slika 57: Pokrovnost širših rečnih dolin v visokogorju, hribovju in na krasu glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.....	75
Slika 58: Deleži pokrovnosti na visokih kraških planotah in hribovjih v karbonatnih kamninah.....	76
Slika 59: Deleži višinskih pasov v visokih kraških planotah in hribovjih v karbonatnih kamninah.....	78
Slika 60: Pokrovnost visokih kraških planot in hribovij v karbonatnih kamninah glede na višinske pasove.....	78
Slika 61: Pokrovnost visokih kraških planot in hribovij v karbonatnih kamninah glede na naklon in deleži naklonov.....	79
Slika 62: Pokrovnost visokih kraških planot in hribovij v karbonatnih kamninah glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.....	80
Slika 63: Pokrovnost visokih kraških planot in hribovij v karbonatnih kamninah glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.....	81
Slika 64: Deleži pokrovnosti v hribovjih v pretežno nekarbonatnih kamninah.....	81
Slika 65: Deleži višinskih pasov v visokih kraških planotah in hribovjih v karbonatnih kamninah.....	82

Slika 66: Pokrovnost visokih kraških planot in hribovij v karbonatnih kamninah glede na višinske pasove.	82
Slika 67: Pokrovnost visokih kraških planot in hribovij v karbonatnih kamninah glede na naklon in deleži naklonov.	84
Slika 68: Pokrovnost visokih kraških planot in hribovij v karbonatnih kamninah glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.	85
Slika 69: Pokrovnost visokih kraških planot in hribovij v karbonatnih kamninah glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.	85
Slika 70: Deleži pokrovnosti v medgorskih kotlinah.....	86
Slika 71: Deleži višinskih pasov v medgorskih kotlinah.....	88
Slika 72: Pokrovnost medgorskih kotlin glede na višinske pasove.....	88
Slika 73: Pokrovnost medgorskih kotlin glede na naklon in deleži naklonov.....	89
Slika 74: Pokrovnost medgorskih kotlin glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.....	90
Slika 75: Pokrovnost medgorskih kotlin glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.....	91
Slika 76: Deleži pokrovnosti v gričevju notranjega dela Slovenije.....	92
Slika 77: Pokrovnost v gričevju notranjega dela Slovenije glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.....	92
Slika 78: Pokrovnost v gričevju notranjega dela Slovenije glede na naklon in deleži naklonov.....	93
Slika 79: Pokrovnost v gričevju notranjega dela Slovenije glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.....	94
Slika 80: Pokrovnost v gričevju notranjega dela Slovenije glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.....	95
Slika 81: Deleži pokrovnosti ravnin in širših dolin v gričevju notranjega dela Slovenije.....	96
Slika 82: Pokrovnost ravnin in širših dolin v gričevju notranjega dela Slovenije glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.....	97
Slika 83: Pokrovnost ravnin in širših dolin v gričevju notranjega dela Slovenije glede na naklon in deleži naklonov.....	98
Slika 84: Pokrovnost ravnin in širših dolin v gričevju notranjega dela Slovenije glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.....	99

Slika 85: Pokrovnost ravnin in širših dolin v gričevju notranjega dela Slovenije glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.....	99
Slika 86: Deleži pokrovnosti na kraških poljih in podoljih.....	100
Slika 87: Pokrovnost kraških polij in podolij glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.....	101
Slika 88: Pokrovnost kraških polij in podolij glede na naklon in deleži naklonov.....	101
Slika 89: Pokrovnost kraških polij in podolij glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.....	102
Slika 90: Pokrovnost kraških polij in podolij glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.....	103
Slika 91: Deleži pokrovnosti na nizkem krasu Notranjske in Dolenjske.....	104
Slika 92: Pokrovnost nizkega krasa Notranjske in Dolenjske glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.....	105
Slika 93: Pokrovnost nizkega krasa Notranjske in Dolenjske glede na naklon in deleži naklonov.....	106
Slika 94: Pokrovnost nizkega krasa Notranjske in Dolenjske glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.....	107
Slika 95: Pokrovnost nizkega krasa Notranjske in Dolenjske glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.....	107
Slika 96: Deleži pokrovnosti nizkega krasa Bele krajine.....	108
Slika 97: Pokrovnost nizkega krasa Bele krajine glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.....	109
Slika 98: Pokrovnost nizkega krasa Bele krajine glede na naklon in deleži naklonov.....	109
Slika 99: Pokrovnost nizkega krasa Bele krajine glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.....	111
Slika 100: Pokrovnost nizkega krasa Bele krajine glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.....	111
Slika 101: Deleži pokrovnosti na Krasu in Podgorskem krasu.....	112
Slika 102: Pokrovnost Krasa in Podgorskega krasa glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.....	113

Slika 103: Na sliki je lepo vidna težavnost klasifikacije pokrovnosti na območju Krasa. Redko grmičevje z vmesnim travinjem je bilo pripisano kategoriji grmičevje in zaraščanje. Tudi tu lahko iščemo vzrok za veliko odstopanje od katastrskih podatkov. Na sliki je območje JV od Volčjega Grada.....	114
Slika 104: Pokrovnost Krasa in Podgorskega krasa glede na naklon in deleži naklonov.....	115
Slika 105: Pokrovnost Krasa in Podgorskega krasa glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.....	116
Slika 106: Pokrovnost Krasa in Podgorskega krasa glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.....	116
Slika 107: Deleži pokrovnosti v gričevju primorskega dela Slovenije.....	117
Slika 108: Pokrovnost gričevja primorskega dela Slovenije glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.....	118
Slika 109: Pokrovnost gričevja primorskega dela Slovenije glede na naklon in deleži naklonov.....	118
Slika 110: Pokrovnost gričevja primorskega dela Slovenije glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.....	119
Slika 111: Pokrovnost gričevja primorskega dela Slovenije glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.....	120
Slika 112: Deleži pokrovnosti v širših dolinah in obalnih ravninah primorskega dela Slovenije.....	122
Slika 113: Pokrovnost širših dolin in obalnih ravnin primorskega dela Slovenije glede na višinske pasove in deleži višinskih pasov.....	122
Slika 114: Pokrovnost širših dolin in obalnih ravnin primorskega dela Slovenije glede na naklon in deleži naklonov.....	123
Slika 115: Pokrovnost širših dolin in obalnih ravnin primorskega dela Slovenije glede na ekspozicijo in deleži posamezne lege.....	124
Slika 116: Pokrovnost širših dolin in obalnih ravnin primorskega dela Slovenije glede na tip naselbinskega območja in deleži tipov.....	125

13 Seznam preglednic

Preglednica 1: Spektralni pasovi senzorjev TM in ETM+ na satelitih Landsat.....	8
Preglednica 2: Uporabljene kategorije pokrovnosti.	20
Preglednica 3: Število vzorcev po kategorijah, kvadrantih in posnetkih.....	25
Preglednica 4: Površine in deleži testnega klasificiranja združenega posnetka, ter prevzorčenega in originalnega posnetka.....	39
Preglednica 5: Sprememba površine kategorij pri preklasifikaciji (v ha).....	44
Preglednica 6: Sprememba površine (v ha) in deleža posameznih kategorij po preklasifikaciji.....	44
Preglednica 7: Sprememba celotne površine (v ha) in deleža kategorij po filtriranju.....	49
Preglednica 8: Sprememba površine kategorij po filtriranju glede na prvotne kategorije (v ha).....	50
Preglednica 9: Navpična sprememba površine kategorij po filtriranju glede na prvotne kategorije (v %).....	50
Preglednica 10: Vodoravna sprememba površine kategorij po filtriranju glede na prvotne kategorije (v %).....	51
Preglednica 11: Površina kategorij pokrovnosti Slovenije.....	52
Preglednica 12: Ocena natančnosti izdelane klasifikacije.....	55
Preglednica 13: Matrika napak.....	56
Preglednica 14: Statistike Kappa.....	57

Ta stran je namenoma prazna.

Urednika zbirke: Nataša gregorič Bon in Žiga Kokalj, ZRC SAZU

Zbirka je namenjena objavi krajših tematsko zaokroženih znanstvenih raziskav s področja sodobnega merjenja prostora, ki temeljijo na geografskih informacijskih sistemih in daljinskem zaznavanju, kot tudi na družbenih in kulturnih konstrukcijah prostora in časa: kako ljudje v različnih obdobjih in pokrajinah mislimo prostor in čas, kako ju živimo, čutimo, ustvarjamo, spreminjamo in uporabljamo.

VREDNOTENJE POKRAJINSKOEKOLOŠKIH TIPOV SLOVENIJE V LUČI POKROVNOSTI, IZDELANE S KLASIFIKACIJO SATELITSKIH POSNETKOV LANDSAT

Žiga Kokalj in Krištof Oštir

Monografija je zelo dobrodošel primer uporabe satelitskih posnetkov za iskanje odgovorov na razbiranje učinkov in lastnosti zapletenih naravnih procesov na površju Zemlje. Je več kot iskanje ustrezne metodologije obdelave satelitskih podatkov za določen namen, saj je umeščena v širši, geografski kontekst in kot taka pomeni pomemben prispevek k premikanju meja med različnimi strokami za skupne cilje. Njena vsebina je izjemnega pomena tako z metodološkega vidika (tj. obdelava satelitskih podatkov), kjer avtorja inovativno iščeta in ponujata rešitve, kot tudi z interpretativnega vidika, kjer avtorja namen in rezultate raziskave odlično umestita v mozaik težavnih opisov kompleksnih naravnih procesov.

Tatjana Veljanovski, ZRC SAZU in CO Vesolje-Si

Žiga Kokalj je znanstveni sodelavec na Znanstvenoraziskovalnem centru Slovenske akademije znanosti in umetnosti in Centru odličnosti Vesolje, znanost in tehnologije. Ukvarja se s preučevanjem in uporabo optičnih posnetkov in podatkov zračnega laserskega skeniranja, prostorski analizi in modeliranjem naravnih procesov.

Krištof Oštir je znanstveni svetnik na Znanstvenoraziskovalnem centru SAZU, vodja daljinskega zaznavanja pri Centru odličnosti Vesolje, znanost in tehnologije in izredni profesor na Univerzi v Ljubljani. Ukvarja se z raziskavami in uporabo optičnih in radarskih satelitskih posnetkov ter razvojem tehnologije malih satelitov za opazovanje Zemlje.

