

GDK: 535:585--01(497.12*14)

Prispelo / Received: 20. 5. 2004

Sprejeto / Accepted: 1. 7. 2004

Izvirni znanstveni članek

Original scientific paper

MONITORING IN ANALIZA ZARAŠČANJA KRAŠKE KRAJINE V GIS OKOLJU

Milan HOČEVAR,* Gal KUŠAR,** Tomaž CUNDER***

Izvleček:

Članek predstavlja raziskavo zaraščanja kraške krajine. Pri analizi smo uporabili tehnike daljinskega zaznavanja, multitemporalne analize satelitskih slik v GIS okolju in statistične regresijske modele. Gozdnatost se je od leta 1935 povečala od 50,4% na 67,9%. Z regresijskim modelom smo pojasnili 71% celotne variabilnosti. Dejavniki, ki so največ prispevali k pojasnitvi zaraščanja so: nadmorska višina, razdalja do gozdnega roba, delež zaraslih površin v predhodnem obdobju, delež kmetijskih zemljišč in dve variabili, ki opisujeta intenzivnost kmetijske rabe. Če se procesi zaraščanja ne bodo bistveno spremenili, lahko do leta 2020 pričakujemo nadaljnje povečevanje gozdnatosti na 72,5%.

Ključne besede: zaraščanje, GIS, Kras, analiza krajine, daljinsko zaznavanje, Landsat, Ikonos

MONITORING AND ANALYSIS OF SPONTANEOUS AFFORESTATION OF KARST LANDSCAPE IN GIS ENVIRONMENT

Abstract:

This article presents Karst landscape spontaneous afforestation research. Remote sensing techniques, multi-temporal analyses of satellite images in the GIS environment and statistical regression models were used in the research. Since 1935, the abundance of forests in this area has increased from 50.4% to 67.9%. About 71% of variability was explained with a regression model. Spontaneous afforestation is strongly influenced by the following factors: altitude, distance to the forest edge, share of afforested area in previous time periods, share of agricultural land, and two variables describing the intensity of agricultural use. Although various demographical, socio-economic and agro-structural factors were analysed in this research study, their influence on the process of spontaneous afforestation could not be established. If there are no significant changes in the processes of spontaneous afforestation in the future, forest abundance can be expected to increase to 72.5% by the year 2020.

Key words: spontaneous afforestation, GIS, Karst, landscape analysis, remote sensing, Landsat, Ikonos

* prof.dr., univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, SLO, milan.hocevar@gozdis.si

** univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, SLO, gal.kusar@gozdis.si

*** univ. dipl. geogr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, SLO, tomaz.cunder@kis-h2.si

VSEBINA
CONTENTS

1	UVOD.....	23
	INTRODUCTION	
2	METODE	24
	METHODS	
3	REZULTATI.....	31
	RESULTS	
4	RAZPRAVA.....	45
	DISCUSSION	
5	SUMMARY.....	50
6	VIRI.....	51
	REFERENCES	
	ZAHVALA.....	52
	ACKNOWLEDGEMENT	

1 UVOD

INTRODUCTION

Strateški cilj sonaravnega gospodarjenja z gozdom v okviru ekosistemske paradigme ob trajnem ohranjanju naravnega okolja je upoštevanje rastočih potreb prebivalstva po izkoriščanju naravnih obnovljivih virov. Na prvi pogled kontradiktorne cilje je mogoče doseči le s skrbnim dolgoročnim načrtovanjem in doslednim, celostnim upoštevanjem vseh vlog in vidikov trajnostnega upravljanja z gozdnimi ekosistemi. Gospodarjenje na načelih trajnosti pa zahteva intenzivno spremljanje sprememb gozdnih površin in zgradbe gozdov.

Velik del zahtevanih podatkov je danes mogoče racionalno pridobiti s terenskimi vzorčnimi snemanji in z metodami daljinskega zaznavanja (HOČEVAR 1991). Z razvojem metod terenskih popisov se je naša raziskovalna skupina ukvarjala v drugi polovici 80-let in uvedla kontrolno vzorčno metodo, ki je postala temeljna inventurna metoda za operativna snemanja (HOČEVAR *et al.* 1990, MKGP 1998). Pri pridobivanju prostorskih podatkov že nekaj let poleg aerofotogrametričnih metod razvijamo tudi znanja na področju satelitske detekcije (HOČEVAR 1985, HOČEVAR 1995, HOČEVAR *et al.* 1998). Zaradi prehoda na celostno mnogonamensko ekosistemsko upravljanje z gozdovi in novih mednarodnih obveznosti (FAO 2001, MCPFE 2002, UNFCCC 2003: Kiotski sporazum *idr.*) se potrebe po podatkih in ažurnih analizah močno povečujejo, čemur smo v gozdarstvu sledili z uvajanjem računalniško podprtih mnogonamenskih prostorskih informacijskih sistemov (GIS), ki smo jih razvijali v zadnjem desetletju (HOČEVAR *et al.* 1992, HOČEVAR *et al.* 1996). Ker pri zasnovi GIS nastajajo najvišji stroški pri oblikovanju podatkovnih baz, smo že od vsega začetka posvetili vso pozornost problemu racionalnega pridobivanja vsebinskih in prostorskih podatkov z modernimi metodami daljinskega zaznavanja.

Za neposredno uporabo v GIS so posebno obetavni posnetki najnovejše generacije satelitov (IRS, SPOT5, IKONOS in QUICKBIRD) za opazovanje zemeljskega površja, ki združujejo prednosti satelitskih slik (digitalni multispektralni zapis, velik geografski obseg, visoka pogostost snemanj) in visoko prostorsko ločljivost letalskih slik (HOČEVAR *et al.* 2001). Novi vir pa zaradi visoke resolucije zahteva tudi nov pristop pri numerični klasifikaciji satelitskih podatkov, ki poleg spektralnih informacij uporablja tudi teksturne elemente ter prostorski in vsebinski kontekst objektov na sliki (KOBLEK 2004, CARLEER/WOLF 2004). Numerična, v veliki meri avtomatizirana interpretacija slik postaja tako učinkovita tudi pri velikih merilih, kar obeta časovne in finančne prihranke npr. pri zaznavanju in interpretaciji sprememb vegetacijskega pokrova, kar je le eden od potrebnih pogojev za ekološki monitoring. Z novo metodologijo bo mogoče tovrstno zaznavanje

močno poceniti in podrobno terensko inventuro preusmeriti le na izbrane “vroče točke”.

Do konca 19. stoletja je v Sloveniji prevladovalo kmetovanje, ki ga je spremljalo krčenje gozda. Razvojno zaostajanje podeželja in s tem povezani demografski trendi pa v zadnjih desetletjih povzročajo vse širše opuščanje kmetijske obdelave in s tem postopno zaraščanje kmetijskih površin z gozdom. Postavlja se vprašanje, katere površine prepustiti zaraščanju, kje pa vzdrževati sedanje stanje kulturne krajine. Vsaka odločitev terja dobro poznavanje krajinske matice, kavzalnih procesov in seveda trendov zaraščanja.

V slovenskih razmerah lahko proces vodi do polne zaraščenosti z gozdom, ki tako predstavlja končno fazo ekstenzivacije kmetijstva in spreminjanja kulturne krajine. V smislu modela GVSPU: gonilna sila – vzrok – stanje – posledice - ukrepi (DSPIR: Driving force-Pressure-State-Impact-response (DPSIR, Eurostat 1999) predstavlja zaraščanje gonilno silo sprememb v krajini, procesi zaraščanja pa preostale sestavine modela. Model je primeren za celosten opis, analizo in oblikovanje strategije ukrepanja pri prepoznavanju in usmerjanju procesa zaraščanja (CUNDER in HOČEVAR 2003), zato smo ga uporabili kot osnovo za razvoj raziskovalnega koncepta.

Presojazaraščanjaselahkoomejinaneprostorskoproučevanjepovezavinbilanciranjepovršin, zanimivejšapajeprostorskoeksplicitnaanalizapovezavintrendovspomočjoprostorskihinformacijskih sistemov (GIS), ki ponujajo vpogled v prostorske relacije, ki bi sicer ostale nevidne.

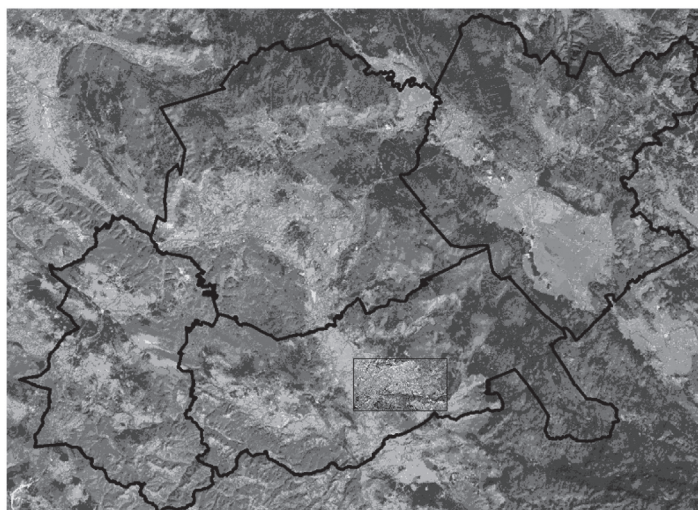
Osnovni namen naše raziskave je bil razviti metode za pridobivanje ažurnih in kakovostnih informacij o stanju in spremembah v gozdu in gozdnem prostoru iz cenениh virov, jih skupaj s tujimi informacijskimi sloji uporabiti za zasnovo prostorskega informacijskega sistema (GIS) in tako prispevati h kvalitetnejšemu procesu odločanja na področju planiranja rabe tal v naravnem okolju ter na področju gozdnogospodarskega načrtovanja.

2 METODE **METHODS**

2.1 ŠTUDIJSKO OBMOČJE **STUDY AREA**

V študijo smo z analizo posnetkov LANDSAT TM zajeli širše območje 4 notranjskih občin, podrobno pa s posnetkom IKONOS visoke prostorske ločljivosti in ortofotografijami tudi ožje študijsko območje okolice Palčja (Slika 1).

Širše študijsko območje je veliko 88.219 ha in zajema občine Postojna, Cerknica, Pivka in Divača. Območje spada v statistično regijo 12, izjema je le občina Sežana (statistična regija 13). Prav tako je območje upravno razdeljeno v postojnski in kraški del (občina Divača, del pivškega območja). Delček cerkniške občine sega celo v ljubljansko gozdno-gospodarsko območje. Njegova najvidnejša značilnost je visok delež gozda. Območje je podvrženo raznovrstnim antropogenim pritiskom (velika prometna obremenitev Postojnskih vrat, spremenjeni poselitveni vzorci zaradi prepletanja mestnih središč z bližnjim podeželjem, razvoj turizma in rekreacije), po drugi strani pa tudi opuščanju tradicionalnega sonaravnega kmetovanja in posledično zaraščanju z gozdom.



Slika 1: Satelitski posnetek (LANDSAT ETM, RGB kompozitna slika s kanali 4, 5, 3 (NIR, MIR in R), izostreno s PAN kanalom, leto snemanja 1999) z vrisanimi občinskimi mejami (črna linija) in ožjim študijskim območjem (vrisano okno).

Figure 1: Satellite image (LANDSAT ETM, RGB colour composite, channels 4,5,3 (NIR, MIR and R), sharpened with PAN channel from 1999) with large study area borders (black) and narrow study area borders (window)

Ožje študijsko območje ima površino 1.952 ha in leži v južnem delu širšega območja v okolici vasi Palčje. Vključuje širok spekter rastlinskih sukcesij – od kmetijsko obdelane aluvialne nižine ob reki Pivki (višina 520 m), prek kraškega terena z večinoma opuščenimi pašniki in travniki, vse do gozdnatih pobočij Javornikov do višine 880 m. Ožje študijsko območje je bilo izbrano kot značilen primer kulturne krajine v zaraščanju. Zaraščanje je glavni dejavnik, ki oblikuje podobo kulturne krajine v večjem delu jugozahodne Slovenije. Ožje območje zaobjema tudi presihajoče Palško jezero, ki je eno od številnih podobnih jezer v širši okolici.

2.2 PRIPRAVA PODATKOV

DATA PREPARATION

Kot osnovni slikovni nosilec podatkov smo uporabili digitalne multispektralne posnetke satelitov LANDSAT 5 in 7 (širše območje) in IKONOS (ožje območje). Za ožje območje smo iz letalskih posnetkov izdelali tudi digitalne ortofotografije (DOF) za leti 1975 in 1989 ter uporabili že izdelani DOF Geodetske uprave iz leta 2000. Posnetke smo kartografsko obdelali in jih vnesli v geografski informacijski sistem (GIS) ter jih povezali z že obstoječimi gozdarskimi in tujimi informacijskimi sloji.

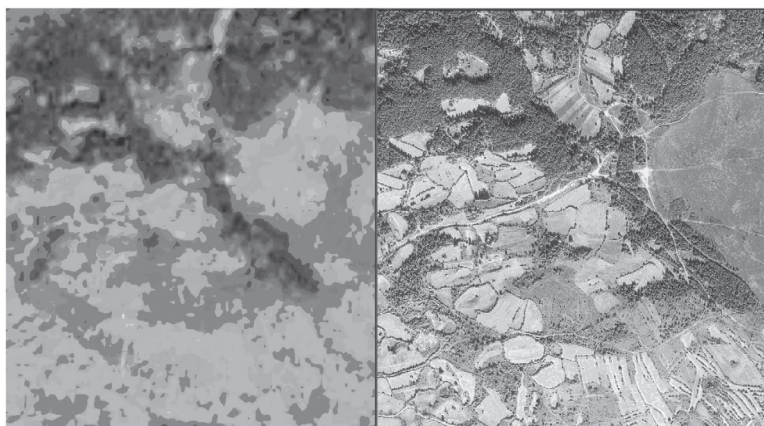
2.2.1 Priprava in obdelava posnetkov

Data preparation and processing

Za analizo širšega območja smo pripravili in obdelali 2 satelitska posnetka: posnetek LANDSAT TM5 (datum snemanja: 18. avgust 1992) in posnetek LANDSAT ETM (datum snemanja: 15. september 1999). Posnetke smo radiometrično korigirali, ortorektificirali in izvedli nadzorovano tematsko klasifikacijo rastlinskega pokrova. Postopek je podrobno opisan v KOBLER *et al.* (2004) in temelji v veliki meri na izkušnjah pri podobni raziskavi v isti regiji KOBLER *et al.* (2002).

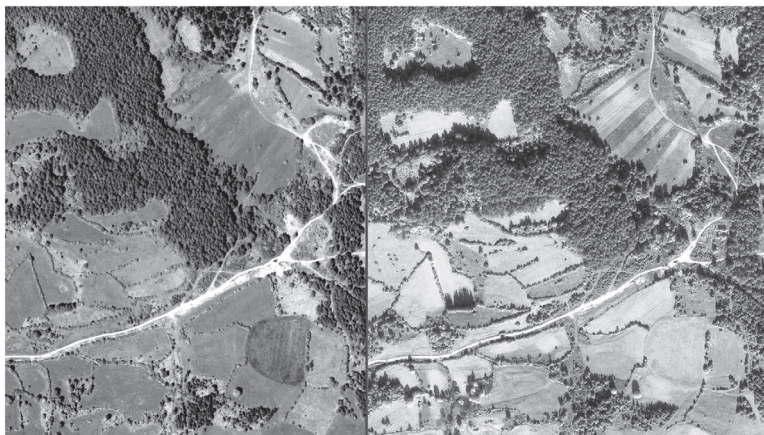
Za podrobno analizo krajinskih sprememb smo na pilotnem območju Palčje pripravili satelitsko ortofotografijo na osnovi avtomatične klasifikacije satelitskega posnetka IKONOS (datum snemanja: 14. oktober 2001) s prostorsko ločljivostjo 1 m in iz letalskih posnetkov izdelali ortofotografije za leta 1975, 1991, za leto 2000 pa smo digitalne ortofotografije (DOF) nabavili na GURS. Postopek izdelave ortofotografij je podrobno opisan v KOBLER 2004.

Informacijska kakovost posameznih posnetkov je zelo različna in odvisna od prostorske in radiometrične ločljivosti (Slika 2). Po kakovosti za krajinske raziskave izstopa posnetek IKONOS, ki ga odlikujejo velika prostorska ločljivost in multispektralni zapis, ki dovoljuje izdelavo barvnih kompozitnih slik neposredno v digitalni obliki (sliki 2 in 3). S tem se satelitski posnetki glede prostorske ločljivosti približujejo črno-belim letalskim posnetkom (Slika 3), jih pa vsebinsko zaradi barvnega zapisa prekašajo (Slika 2b in 3a).



Slika 2: Primerjava satelitskih posnetkov z različno prostorsko resolucijo (izsek Palško jezero) LANDSAT ETM, kanali 453, 15 m ločljivost (levo) in IKONOS, kanali 452, 1 m ločljivost (desno)

Figure 2: A comparison of two satellite images with different spatial resolutions (part of the lake Palško jezero) LANDSAT ETM, channels 452, 15 m resolution (left) and IKONOS, channels 452, 1 m resolution (right)



Slika 3: Primerjava posnetkov IKONOS 2000 (transformacija barvne kompozitne slike v črno-belo, kanali 432, 1 m ločljivost) (desno) in ortofotografija z 0,5 m ločljivostjo (levo) iz istega obdobja (izsek: Palško jezero). Prostorska ločljivost satelitskega posnetka dosega kakovost letalske ortofotografije, informacijska vsebina pa je zaradi večkanalnega zapisa bistveno bolj diferencirana

Figure 3: A comparison between an IKONOS 2000 satellite image (colour composite, channels 432, panchromatic transformation, 1 m resolution) (right) and an orthophoto with 0,5 m resolution (left) from the same time period (part of the lake Palško jezero). The spatial resolution of the satellite image is very close to the quality of the orthophoto, but the contents of information are much more differentiated due to multispectral channels.

2.3 ZASNOVA GIS

GIS SCHEME

Za potrebe multitemporalne analize v GIS okolju smo zgradili prostorski informacijski sistem, ki je v bistvu razširjena inačica gozdarskega informacijskega sistema GOZDIS. Sistem je grajen v okolju ESRI/ArcInfo in je zato primeren za delo s programsko opremo ArcView, s katero smo tudi opravili večino prostorskih analiz. Najmanjša prostorska enota (piksel) je 25 m², oziroma 1 m² v ožjem območju.

Poleg že omenjenih slikovnih slojev smo pripravili še naslednje:

Maska gozdov, 1935: Rastrsko karto (G35) smo pripravili na podlagi obdelave digitalizirane vojaške karte TK50 iz leta 1956, ki uporablja staro gozdno masko iz sredine 30-tih let.

Maska gozdov, 1975: Rastrsko karto (G75) smo pripravili z mozaično združitvijo skenogramov gozdnega sloja topografskih kart 1:50.000, ki jih je izdala Geodetska uprava RS (GURS) leta 1981. Gozdni rob na tej karti je bil povzet iz TTN5, ki so nastajali v različnih letih, vendar lahko kot srednje leto zajema na TTN5 privzamemo sredino 70 – tih let (KOS 2000). Ta gozdni sloj ima izrezano masko za ceste, kar smo opravili z ročnim editiranjem v programu Adobe Photoshop. V nadaljevanju smo tako pripravljeno karto preračunali na enotno velikost slikovnega elementa (piksla), na 25 m, jo geokodirali in jo prenesli v prostorski informacijski sistem (GIS).

Iz tujih virov smo pridobili še nekatere druge sloje, in sicer:

- vektorsko karto rabe kmetijskih zemljišč (MKGP 2002);
- vektorske karte: občine, katastrske občine (GURS);
- digitalni model reliefa: DMR30 in DMR100 (GURS).

2.4 REGRESIJSKA ANALIZA

REGRESSION ANALYSIS

2.4.1 Priprava podatkov

Data preparation

Za opis razmer in dejavnikov, ki vplivajo na proces zaraščanja smo v sodelovanju s Kmetijskim inštitutom Slovenije pripravili datoteko raznih statističnih kazalcev in jih v smislu modela GVSPU /DPSPiR uvrstili v naslednje tematske skupine:

VZROKI:

- Socio-ekonomski vzročni kazalci za obdobja 1981 in 1991: struktura prebivalstva (število prebivalcev v po starostnih skupinah, po vrsti zaposlitve, demografski razvoj), struktura kmečkih gospodarstev (tip in velikost kmetije), število živali na kmečkih gospodarstvih.

STANJE:

- Bio-fizikalni opisni kazalci: relief (povprečna nadmorska višina, povprečni naklon), povprečna oddaljenost od gozdnega roba (1935, 1975, 2000), povprečna oddaljenost od naselij (1975) delež gozda (1935, 1975, 2000), delež rabe tal in pokrovnosti (klasifikacija MKGP2002),
- Infrastrukturni opisni kazalci: povprečna oddaljenost od gozdnega roba (1935, 1975, 2000), povprečna oddaljenost od naselij (1975).

POSLEDICE:

- Spremembe gozdnih površin: zaraščanje ali krčenje gozdnih površin, ohranjene gozdne površine, ohranjene negozdne površine za obdobja: 1935-1975, 1975-1992, 1992-2000.

Vse kazalce smo z ravni katastrske občine oziroma naselja preračunali na osnovno prostorsko celico 1x1 km in tako dobili podatke za 878 kvadrantov. Za vsak kvadrant smo skupaj z administrativnimi kazalci (katastrska občina; koda kvadranta) imeli 218 podatkov, ki smo jih neposredno ali transformirane uporabili pri regresijski analizi.

Pomembna hiba socio-ekonomskih podatkov, s katerimi smo razpolagali, je dejstvo, da so bili zbrani na ravni naselij in nato preneseni na raven katastrskih občin (KO) ter dalje preračunani na kvadrant. Zato kazalci opisujejo povprečne razmere v širšem prostoru in ne razmere na sami parceli v zaraščanju. Podatki so bili dosegljivi le za leta 1981 in 1991 in tako ne ustrezajo obdobjem snemanja gozdnih površin. Vse te hibe so pomembno vplivale na kakovost rezultatov regresijske analize.

2.4.2 Regresijski model zaraščanja

Regression model of spontaneous afforestation

Da bi dobili vpogled v vzroke procesa zaraščanja, smo z regresijsko analizo proučili povezave med zaraščanjem in znaki, ki opisujejo biofizikalne, socioekonomske, infrastrukturne in demografske značilnosti posameznih prostorskih enot (kvadrantov). Analizo smo izvedli v 2 korakih: V prvi fazi smo najprej izolirano proučili vpliv posameznih dejavnikov in nato na podlagi teh spoznanj definirali multivariantni regresijski model.

Za vsako od 878 prostorskih celic smo iz različnih virov imeli na razpolago bogat nabor podatkov, ki na različne načine opisujejo proces zaraščanja ali so z njim v povezavi. Vsak podatek je bil prostorsko opredeljen s pripadnostjo določeni prostorski celici. Za opis procesa zaraščanja smo izbrali 2 vrsti odvisnih spremenljivk:

- Delež zaraslih površin v kvadrantu: ker je površina kvadranta stalna (100 ha), pomeni % delež že tudi površino v ha. Spremenljivka je izračunana kot razlika v površini gozda v 2 obdobjih.

Oznaka spremenljivk:

zaraščanje v obdobju 1935-1975, oznaka G3575ha, (afforestation1935-1975 ha),

zaraščanje v obdobju 1975-1992, oznaka G7592ha, (afforestation1975-1992 ha),

zaraščanje v obdobju 1992-2000, oznaka G9220ha, (afforestation1992-2000 ha).

- Indeks zaraščanja: z indeksom zaraščanja (npr.: zar7520IND) označujemo delež kmetijskih zemljišč, ki so se v opazovanem obdobju zarasla z gozdom. Indeks smo izračunali za vsak kvadrant kot sledi iz obrazca za primer obdobja 1975 do 2000:

$$\text{zar7520ind} = \frac{(\text{G20-G75}) \text{ ha}}{\text{km75ha}} \cdot 100$$

G20 : površina gozda 2000, (forest area in year 2000),

G75: površina gozda 1975, (forest area in year 1975),

km75: delež kmetijskih zemljišč v kvadrantu v l. 1975, (agricultural area in year 1975)

Za analizo gozdnih površin in gozdnatosti v različnih obdobjih smo uporabili odvisne spremenljivke: G35, G75, G92, G99 in G20 (številke pomenijo leto snemanja).

Pri multivariantni regresijski analizi smo uporabljali model postopne, aditivne izbire spremenljivk (forward model).

Po testiranju različnih modelov smo v končno analizo vključili tele kazalnike:
zar7520IND = f(DMRAVG, GR75DSTAVG, G75G30, km75, int2, INDint2)

pomen:

zar7520IND (afforestation intensity): delež kmetijskih zemljišč, ki so se v opazovanem obdobju zarasla,

DMRAVG (altitude m): nadmorska višina v m ,

GR75DSTAVG (distance to forest edge m): razdalja do gozdnega roba v m,

G75G35 (forest area difference ha): površine zemljišč v ha, ki so bila 1935 uvrščena kot kmetijska, v letu 1975 pa kot gozd,

km75 (share of agricultural area in year 1975): delež kmetijskih zemljišč v kvadrantu v letu 1975,

int2 (agricultural intensity 1): delež intenzivno obdelanih kmetijskih zemljišč v kvadrantu,

INDint2 agricultural intensity 2): razmerje intenzivno obdelanih zemljišč v primerjavi z vsemi kmetijskimi zemljišči v kvadrantu.

2.5 OBDELAVA PODATKOV IN UPORABLJENA OPREMA

DATA PROCESSING AND SOFTWARE EQUIPMENT

V raziskavi smo uporabljali programsko opremo za obdelavo rastrskih, slikovnih in vektorskih podatkov. Za večino GIS postopkov smo uporabljali programe ArcView in IDRISI32, pri pripravi vektorskih podatkov in pretvorbi v rastrsko obliko pa ArcInfo 7. Podatkovne datoteke so bile pripravljene v formatu dbf s programom FoxPro. Za pripravo GIS podatkov za statistične analize smo si pomagali s programom PCI 6.3, za statistično analizo pa smo uporabili program STATISTICA 5.

3 REZULTATI

RESULTS

3.1 POVRŠINA GOZDOV IN SPREMEMBE GOZDNATOSTI

FOREST AREA AND ITS CHANGES

Napodlagi analize kart in satelitskih posnetkov v GIS okolju in s statistično analizo smo dobili časovno vrsto petih ocen površine gozdov, ki je na preglednici 1 in na sliki 5 predstavljena kot odstotek gozdnatosti za leta 1935, 1975, 1992, 1999 in 2000. Iz preglednice 1 je razvidno, da se je gozdnatost območja v zadnjih 65 letih dramatično spremenila. Delež gozdov je od 50,4% v letu 1935 narasel na 67,56%. Gozd-

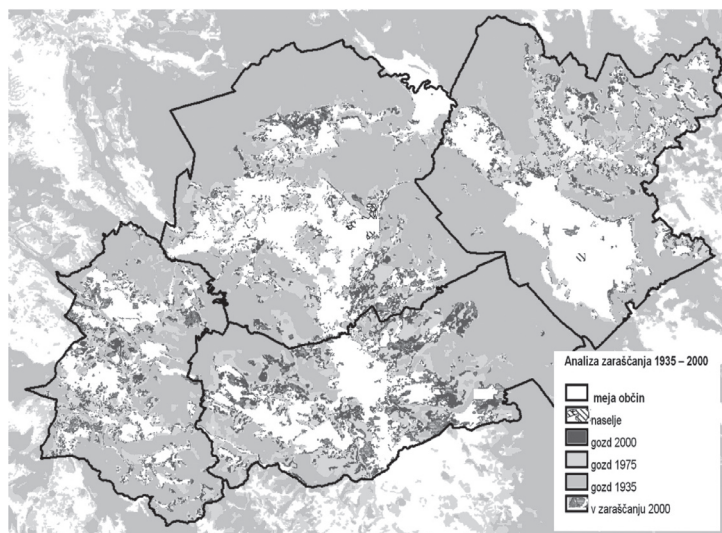
natost območja je tako močno nad slovenskim povprečjem- Slovenija 60,5%, (HOČEVAR 2003).

Prostorsko razporeditev in širjenje gozdov v preteklem obdobju prikazuje Slika 4. Očitno se je gozd širil posebno intenzivno v predelih, odmaknjenih od večjih naselij, zapolnjeval manjše in večje gozdne vrzeli pa tudi večje zapuščene pašnike. Zaraščala so se predvsem zemljišča v predelih, kjer je bila gozdnatost že tako velika, kmetijske površine pa redke in majhne. Predvsem v prvem obdobju od 1935 do 1975 so se zaraščale velike površine, s čemer se je močno spremenila krajinska slika.

Preglednica 1: Ocena gozdnatosti za obdobje od 1935 do 2000 na raziskovalnem območju

Table 1: Forest area estimation in the time period from 1935 to 2000 on a large study area

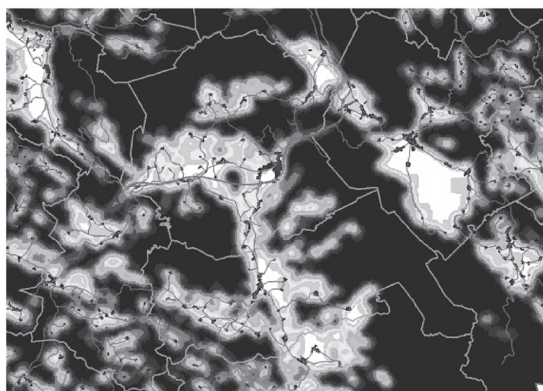
Obdobje/Spremenljivka Time period /Variable	N kvadrantov N quadrants	Gozdnatost Share of forest area	Koeficient variacije Coefficient of Variation	Površina gozdov Forest area
	n	%	%	ha
G35	878	50,42	76,05	44271,10
G75	878	60,07	57,83	52742,10
G92	878	65,37	51,61	57401,90
G99	878	66,45	50,38	58350,00
G20	878	67,94	47,71	59652,70



Slika 4: Spremembe gozdnih površin v obdobju od 1935 do 2000. Za celo obdobje je značilno stalno in močno povečanje gozdnih površin (temno zeleno). Vnesene so tudi površine v zaraščanju leta 2000 (rdeče)

Figure 4: Changes in forest area in the time period from 1935 to 1975 and by the year 2000. This time period is characterised by a continuous and strong increase in forest area (dark green). Areas which were in the spontaneous afforestation process in the year 2000 are also marked (red)

Za razumevanje krajinske členitve območja smo analizo dopolnili s prikazom lokalne gozdnatosti na sliki 5. Lokalna gozdnatost je za vsako celico v prostoru (piksel velikosti 100x100 m) definirana kot delež gozda okoli dane celice v krogu s premerom 1000 m (HOČEVAR in KOBLEK 2001). Iz slike 5 lahko razberemo dve bistveni sporočili: brez gozda (gozdnatost 0%) so predeli v belem, najbližji gozd je oddaljen več kot 500 m, nasprotno so črno obarvane površine strnjeni gozdovi (100% gozdnatost), v njih je vsaka točka od roba gozda oddaljena vsaj 500 m. Na preostalih površinah je večanje lokalne gozdnatosti nakazano z vedno bolj temnimi sivinskimi odtenki.

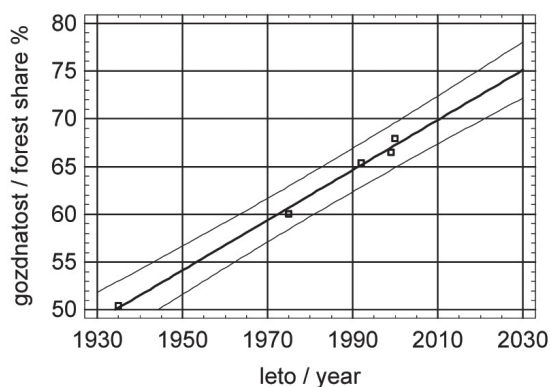


Slika 5: Lokalna gozdnatost v letu 2000 (v karto so vrisane meje občin, glavna naselja in prometnice)

Figure 5: Local forest cover (map with the local community borders, main settlements and roads)

Za korektno predstavitev trenda povečevanja gozdnih površin je preglednica 1 neprimeren, boljše predstavo dobimo, če vrednosti gozdnatosti vnesemo na časovno os. Pri analizi slike 6 tako zlahka ugotovimo, da se je gozdnatost od leta 1935 do leta 2000 linearno povečevala. Ta ugotovitev preseneča, ker smo pričakovali, da se je zaraščanje v zadnjem času le umirilo.

Na podlagi regresijske povezave, predstavljene na sliki 6, je mogoče izdelati tudi ocene gozdnatosti za posamezna vmesna obdobja v preteklosti in napovedati bodočo. Ocene so tabelirane v preglednici 2. Če se procesi zaraščanja ne bodo bistveno spremenili, lahko do leta 2020 pričakujemo nadaljnje povečevanje površine gozdov. Gozdnatost se bo predvidoma povečala od sedanjih 67,9% na 72,5%; če pa pri napovedi upoštevamo meje zaupanja, pa na vsaj 69,8% in največ na 75,2%. Iz obeh ocen lahko napovemo povprečno letno povečanje gozdnatosti, ki je ocenjena na 0,095% (spodnja meja) oziroma 0,36% (zgornja meja) letno, kar za celo območje pomeni 83 ha, oziroma 316 ha novega gozda letno!



Slika 6: Trend povečevanja gozdnatosti v različnih obdobjih. Nakazane so meje zaupanja napovedi pri $p = 0,05$, $R^2 = 99,39$

Figure 6: Trend of increasing forest cover in various time periods. The limits of predicted values are shown at $p = 0,05$, $R^2 = 99,39$

Preglednica 2: Ocena gozdnatosti za vmesna obdobja od 1935 do 2000 in napoved do leta 2020

Table 2: Forest cover estimation for the interim time periods from 1935 to 2000 and a forecast for 2020

Leto	Ocena deleža gozda	95 % meja zaupanja napovedi	
Year	Estimated share of forest	95 % Confidence Interval	
		Spodnja meja	Zgornja meja
		Lower limit	Upper limit
	%	%	%
1935	50,2	47,3	53,0
1940	51,5	48,8	54,2
1950	54,1	51,6	56,6
1960	56,7	54,38	59,1
1975	60,6	58,4	62,9
1990	64,6	62,3	66,9
2000	67,2	64,8	69,6
2010	69,8	67,3	72,3
2020	72,4	69,7	75,2

Gozdne površine pa se zaradi zaraščanja niso le povečevale, ampak istočasno zaradi krčenja tudi zmanjševale. Tako lahko iz preglednice 3 razberemo, da se je gozdna površina v obdobju od 1935 do 2000 povečala za skupno 15.381 ha (letno za 236,6 ha). Če upoštevamo samo zaraščanje, se je gozdna površina povečala celo za 17.344,6 ha. V istem obdobju je bilo 1.964,2 ha gozdov izkrčenih za infrastrukturne objekte, gradnjo stavb in naselij in tudi za spremembo v kmetijske površine in zato v letu 2000 te površine niso bile evidentirane kot gozd. Iz preglednice 3 lahko razberemo tudi situacijo za obdobja 1935-1975 in 1975-2000.

Preglednica 3: Zaraščanje in krčenje gozdov (obdobje 1930 – 2000)

Table 3: Spontaneous afforestation and clearing of forests (period: 1930 – 2000)

Nadmorska višina/Altitude		Pov.	G35	G35G75 zarast	G35G75 krčitev	G75	G75G20 zarast	G75G20 krčitev	G20
		Area	G35	G35G75 afforest.	G35G75 clearing	G75	G75G20 afforest.	G75G20 clearing	G20
		Km ²	%	Leto/ha	Letno/ha	%	Letno/ha	Letno/ha	%
		Km ²	%	Year/ha	Year/ha	%	Year/ha	Year/ha	%
<500 m		94	32,95	43.26	10.55	46,87	43.30	17.95	53,61
501-700		524	40,80	182.70	43.60	51,42	243.09	54.48	60,42
701-1100		245	75,18	57.26	18.05	81,58	77.95	16.12	87,90
>1100		13	96,77	0.76	0.13	98,72	0.42	0.34	98,88
<10		196	15,38	45.86	10.43	22,59	72.25	17.9	29,52
11-25		488	54,56	184.97	41.55	66,32	231.76	53.99	75,42
26-35		150	74,45	43.96	16.89	81,67	49.03	14.24	87,47
36-50		36	79,76	7.36	2.79	84,85	10.37	2.13	90,58
51-70		6	80,12	1.82	0.68	87,77	10.37	0.63	91,06
>70									
Skupaj/Sum		876	50,40	283.98	72.33	60,07	364.76	88.88	67,951
Skupaj obdobje/Sum for time period				11365	2896		9132	2224	

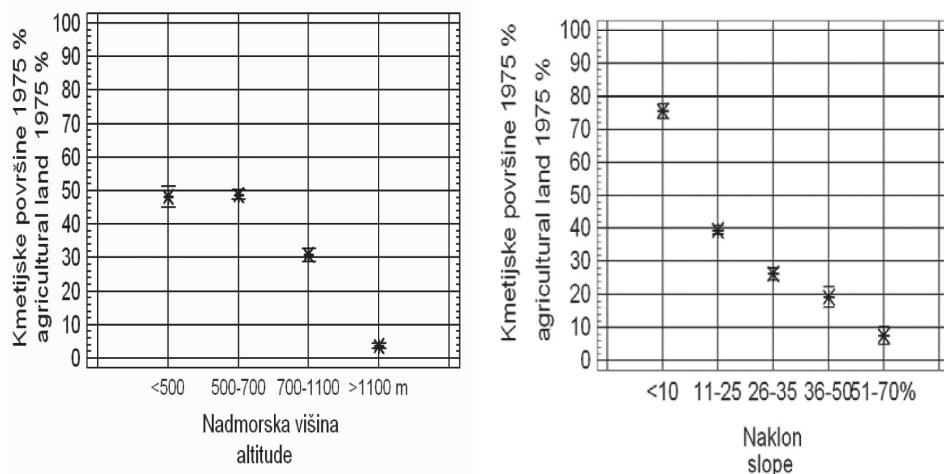
Preglednica tudi kaže, da so gozdovi še pred 60 leti prvotno rasli predvsem na robnih rastiščih v hribih nad 700 m in na strmih zemljiščih nad 25% naklona in nato polagoma zavzeli doline (porast gozdnatosti od 32,9% na 53,0%) in ravninska zemljišča (gozdnatost na ravninskih zemljiščih se je s 15,4% skoraj podvojila na 29,5%).



Slika 7: Prikaz površin, ki so bile leta 1935 gozd, v letu 2000 pa zunaj gozda (temno zelene, črne parcele). Ožje študijsko območje Palčje, prikaz v ArcView GIS okolju
Figure 7: Presentation of areas which were classified as forests in 1935, but were located outside forest areas in 2000 (black plots). Narrow study area Palčje, ArcView

V GIS okolju je mogoče vse krčitve tudi natančno prostorsko opredeliti. Ker gre večinoma za majhne, posamezne površine, je nujna uporaba lokacijsko zelo natančnih kart, satelitskih posnetkov visoke resolucije ali ortokart. Na sliki 7 so na primeru ožjega študijskega območja Palčje prikazane vse gozdne površine, ki so bile v letu 1935 gozd, danes pa to niso več. Razpoznavna je lokacija in velikost izkrčenih parcel. V našem primeru (ožje študijsko območje Palčje) gre večinoma za krčitve za povečanje kmetijskih površin.

Gozdne površine so se povečevale na račun spontanega, le redko načrtnega zaraščanja, predvsem kmetijskih zemljišč. Ta so se od leta 1975 (za leto 1935 nimamo primerljivih podatkov) neprestano zmanjševala: od 34,9 % (leta 1975) na 31,8% (leta 1992) in nato v letu 2000 na 27,0%. Kot lahko razberemo iz slike 8 (stanje 1975), delež kmetijskih zemljišč naglo pade z nadmorsko višino nad 700 m in naklonom nad 10%. Obratno pa gozdovi prevladajo na višinah nad 700 m.



Slika 8: Delež kmetijskih površin v odvisnosti od nadmorske višine in naklona

Figure 8: Share of agricultural land in dependence of the altitude and the slope

Proces zaraščanja kmetijskih zemljišč smo podrobneje analizirali za obdobje 1975 – 2000 za katero smo imeli zanesljive prostorske in uporabne socio-ekonomske podatke (popisa prebivalstva 1981 in 1991). Na širšem območju smo proces analizirali s statističnimi metodami, na ožjem študijskem območju pa smo opravili na izbranih primerih tudi podrobne prostorske časovne (multitemporalne) primerjave (glej okno 1).

- Z metodo univariantne analize smo na širšem območju najprej izolirano proučili vpliv posameznih dejavnikov in nato na podlagi teh spoznanj definirali multivariantni regresijski model.

V proučevanem obdobju se je na območju površina gozdov povečala za 6.910 ha, na novo je gozd zaraslo 9.132 ha kmetijskih, izkrčeno pa je bilo 2.224 ha gozdnih zemljišč.

3.2 VZROKI ZARAŠČANJA

CAUSES OF SPONTANEOUS AFFORESTATION

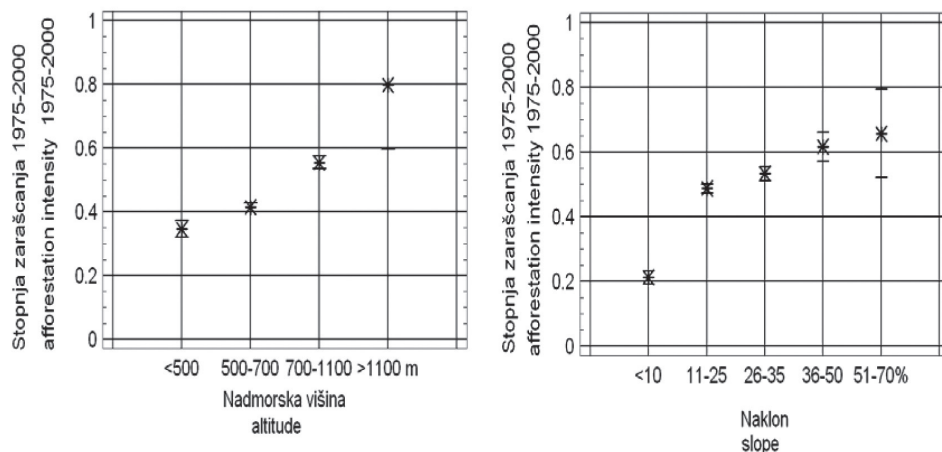
Na proces zaraščanja vplivajo številni naravni, socio-ekonomski, infrastrukturni in slučajnostni dejavniki, ki so le delno deskriptivno, količinsko ali kakovostno določeni in znani. V naši analizi smo uporabili razpoložljive topografske in statistične podatke iz različnih obdobj in jih strnili v prostorski informacijski model. Kljub temu, da je podatkovni seznam obsežen, je še vedno zelo pomanjkljiv. Manjkajo podatki o kakovosti (boniteti) zemljišč in podatki o stroških in donosih pri različnih pogojih kmetijskega gospodarjenja. Moti tudi časovna neskladnost različnih podatkovnih virov, ker se ne prekrivajo z obdobjem začetka in konca naše analize. Povedano vnaša precejšnje motnje in zmanjšuje zanesljivost rezultatov.

Analizo povezav med zaraščanjem, topografskimi in socio-ekonomskimi dejavniki smo opravili na dveh ravneh. Najprej smo na ravni posameznih dejavnikov proučili obliko in stopnjo povezave z zaraščanjem in nato poskusili z multivariantno regresijsko analizo popisati proces kot celoto.

3.2.1 Povezava med zaraščanjem in posameznimi dejavniki

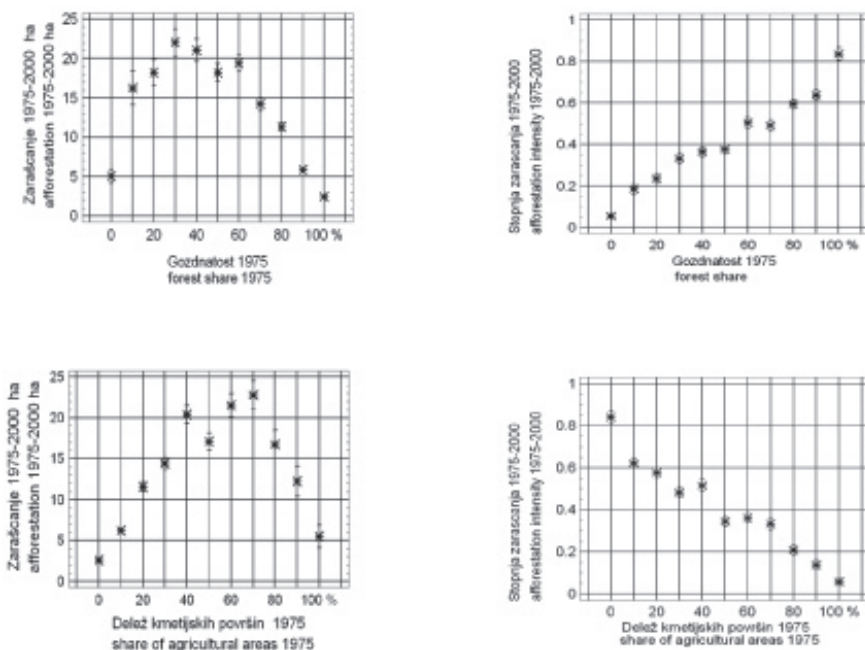
Relation between spontaneous afforestation and individual factors

Dva pomembna naravna dejavnika, ki sta močno povezana s procesom zaraščanja, sta nadmorska višina in naklon zemljišča. Na sliki 9 je prikazana stopnja zaraščanja (zar7-520IND), to je delež zaraslih kmetijskih zemljišč v obdobju od leta 1975 do leta 2000 v odvisnosti od naklona in nadmorske višine. Vidimo, da z naraščajočo nadmorsko višino tudi stopnja skoraj linearno narašča, medtem ko kaže analiza povezave z naklonom izrazit skok indeksa zaraščanja pri prehodu iz ravnega zemljišča (naklon manj kot 10%) v zmer-no strma pobočja (značilno pri $p=0.05$). Visoka stopnja zaraščanja je značilna za vsa strma zemljišča, pri čemer povezava s stopnjevanjem naklona ni značilna. Ugotovitev se dobro ujema z mejo uporabe kmečkih neadaptiranih traktorjev in našo ugotovitvijo o padanju deleža kmetijskih zemljišč z naraščanjem naklona.



Slika 9: Povezava med nadmorsko višino, naklonom ter stopnjo zaraščanja (zar7520ind) v obdobju 1975-2000

Figure 9: Relation between the altitude, the slope and the intensity of spontaneous afforestation (zar7520ind) in the period 1975-2000

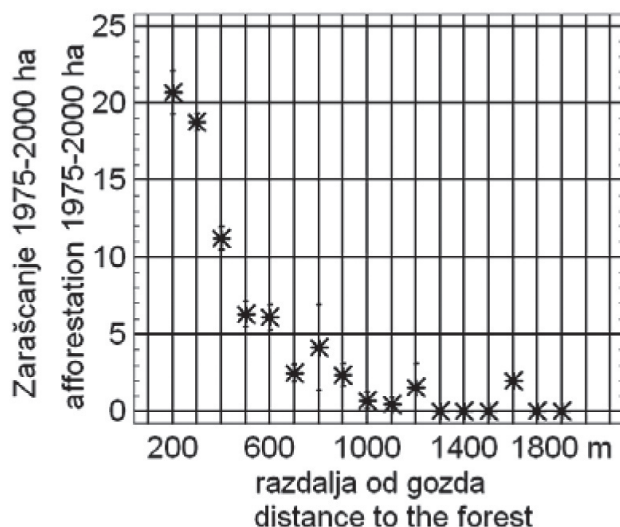


Slika 10: Povezava med velikostjo, oziroma stopnjo zaraščanja (zar7520ind) v obdobju 1975-2000 in deležem gozdnih, oziroma kmetijskih površin v letu 1975

Figure 10: Relation between the size and share of afforested areas (zar7520ind) in the period (1975-2000) and the share of forest and agricultural areas in the year 1975

Kot lahko razberemo s slike 10, obstaja tesna povezava tudi med velikostjo zaraslih površin (zar7520ha), oziroma indeksom zaraščanja (zar7520ind) in deležem gozdov oziroma deležem kmetijskih površin na začetku opazovalnega obdobja (1975). Z večanjem deleža gozdov površine zaraslih zemljišč (zar7520ha) sprva strmo rastejo, toda ko gozdnatost preseže 30% ($G75r = 3$), postajajo zarasle površine zaradi pomanjkanja prostih površin vse manjše in jih končno v močno gozdnatih območjih sploh ne najdemo več. Največje zarasle površine (24ha na 100 ha kvadrant) najdemo torej v predelih s še razmeroma nizko gozdnatostjo in to predvsem v bližini gozdnega roba (Slika 11). Podobno, toda zrcalno sliko dobimo pri analizi povezav med zaraščanjem in deležem kmetijskih površin. Največje površine v zaraščanju najdemo v predelih z razmeroma visokim deležem kmetijskih površin (70%), kar se sklada z ugotovitvijo, da so te največje v predelih z nizko gozdnatostjo (30%). Kot vidimo na sliki 10 (spodaj, desno), pa se posebno intenzivno zaraščajo že tako redka negozdna zemljišča v predelih z visoko gozdnatostjo. Zaraščanje je najbolj intenzivno tam, kjer je kmetijskih zemljišč najmanj, to je v močno gozdnatih področjih.

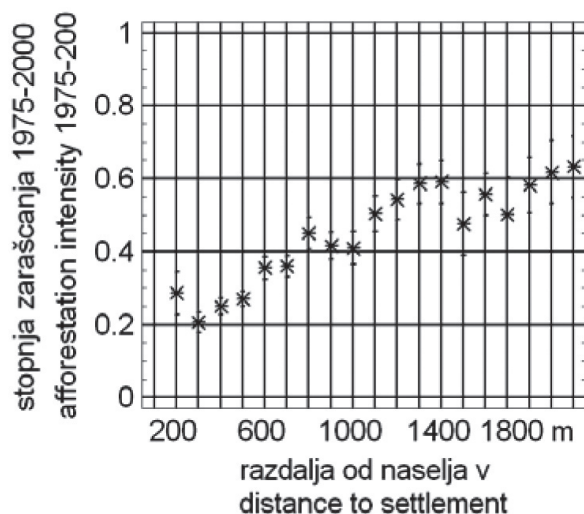
Iz slike 11 lahko razberemo, da posebno velike zarasle površine najdemo vzdolž gozdnih robov, kar potrjuje tudi slika 3.



Slika 11: Povezava med velikostjo zemljišč v zaraščanju (zar7520 ha) in oddaljenostjo od gozdnega roba (razdalja od gozda v 100 m)

Figure 11: Relation between spontaneous afforestation (zar7520 ha) area size and distance to the forest edge (razdalja od gozda v 100 m)

Iz slik 10 in 11 in slike 4 je zelo jasno vidno, da se krajina hitro preoblikuje in homogenizira v območja visoke gozdnatosti in območja, kjer zaraščanja skoraj ni.

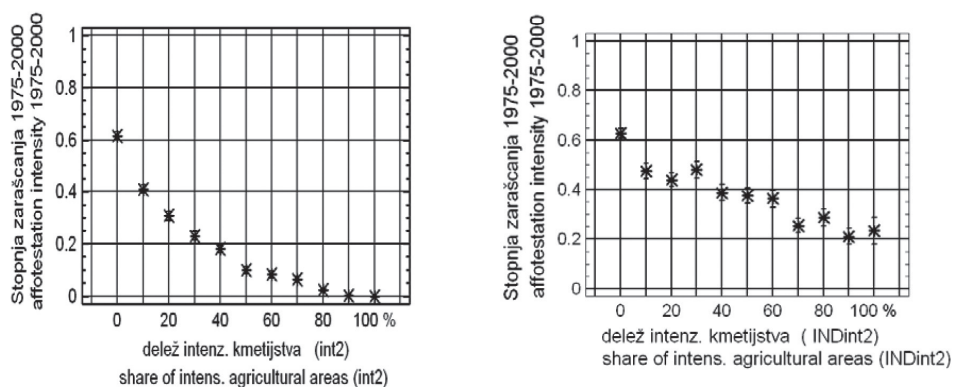


Slika 12: Povezava med stopnjo zaraščanja kmetijskih zemljišč (zar7520ind) in oddaljenostjo od najbližjega naselja (razdalja od naselja v 100 m)

Figure 12: Relation between the spontaneous afforestation level of agricultural land and (zar7520ind) distance to nearest settlement (razdalja od naselja v 100 m)

Kako vpliva na zaraščanje bližina naselij, je mogoče razbrati iz slike 12. Ugotovimo lahko, da se z oddaljenostjo od naselja zaraščanje stopnjuje do oddaljenosti približno 1200 m in ostaja pri večjih razdaljah razmeroma konstantno na visoki ravni. V bližini naselij je dostop do kmetijskih zemljišč lažji in krajši, obdelava zemljišč lažja in cenejša. Zato so zemljišča tudi intenzivneje obdelana.

Da med intenzivnostjo kmetijstva in zaraščanjem obstajajo vzročne povezave je splošno sprejeto vedenje. V naši raziskavi smo ga potrdili z opredelitvijo 2 kazalcev. Kazalec int2 pomeni delež intenzivno obdelanih kmetijskih zemljišč v kvadrantu (stanje v letu 2000). Na sliki 13 (leva slika) je prikazano pojemanje intenzitete zaraščanja s povečevanjem deleža intenzivno obdelanih zemljišč; sprva naglo pri visokih deležih pa manj izrazito. Ugotovitev potrjuje tudi analiza kazalca INDint2, ki označuje razmerje intenzivno obdelanih zemljišč v primerjavi z vsemi kmetijskimi zemljišči v kvadrantu.



Slika 13: Povezava med intenzivnostjo kmetijske obdelave (int2, INDint2) in intenziteto zaraščanja (zar7520ind)

Figure 13: Relation between agricultural intensity (int2, INDint2) and spontaneous afforestation intensity (zar7520ind)

Opravili smo tudi podobne analize s socio-ekonomskimi kazalci, vendar se je izkazalo, da so te povezave neizrazite in neznačilne.

3.2.2 Regresijski model zaraščanja

Regression model of spontaneous afforestation

Analiza vpliva posameznih spremenljivk na proces zaraščanja je bila izhodišče za oblikovanje multivariantnega regresijskega modela. Model zaraščanja s ciljno odvisno spremenljivko zar7520IND (intenzivnost zaraščanja v obdobju 1975 - 2000) smo določili na ravni širšega območja za površine, ki so v kvadrantu imele vsaj 1 ha kmetijskih zemljišč. Izločili smo tudi kvadrante s prevladujočimi rabami, kjer zaraščanje ni mogoče (strnjeni gozdovi, urbane površine, površine barij in presihajočih jezer). Za analizo je tako ostalo še 609 kvadrantov s povprečno vrednostjo zar7520IND = 0,4382, kar pomeni 43,82 ha zaraslih zemljišč v kvadrantu za obdobje od leta 1975 do leta 2000 (povprečje za vseh 878 kvadrantov je 0,34 ha).

V regresijskem modelu je bilo s postopno progresivno selekcijo spremenljivk zajeto 6 signifikantnih neodvisnih spremenljivk, ki pojasnjujejo 71,16 % variabilnosti ($R^2=0.71$). Nabor značilnih spremenljivk regresijskega modela je zapisan na običajen način naslednji:

$$\text{zar7520IND} = -5,10954 - 0,00162751 * \text{DMRAVG} + 1,11581 * \log(\text{DMRAVG} + 0,000001) - 0,116783 * \log(\text{GR7-5DSTAVG} + 0,000001) + 0,100926 * \text{G75G30_2} + 0,909964 * \text{km75_km75} - 1,16273 * \text{km75} - 0,17053 * \text{INDint2} * \text{INDint2} * \text{INDint2} + 0,0892828 * \log(\text{INDint2} + 0,000001) + 0,144624 * \text{int2} - 0,118457 * \log(\text{int2} + 0,000001).$$

Vpliv vseh navedenih neodvisnih spremenljivk je visoko značilen, kar prikazuje visoka F -vrednost modela ($F=151,31$). Proces zaraščanja torej nikakor ni slučajnostni pojav, temveč bistveno odvisen od dejavnikov okolja in intenzivnosti gospodarjenja.

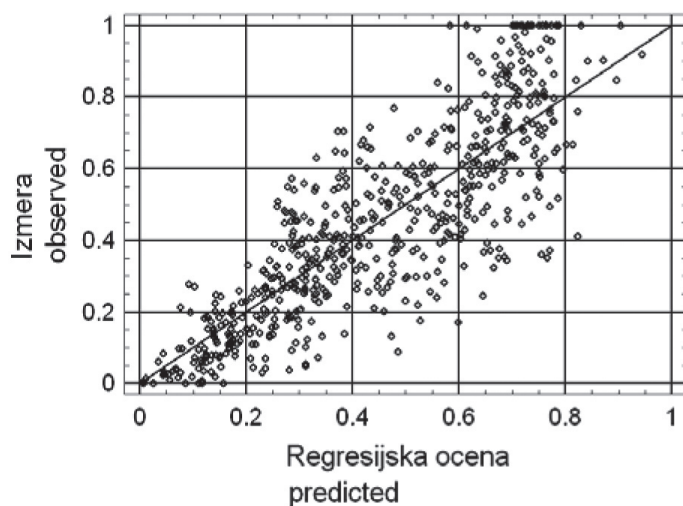
Za oceno pomena posameznih spremenljivk za pojasnitev procesa zaraščanja je primerena preglednica 3. Visoka F vrednost kazalca $km75$, torej deleža kmetijskih površin v letu 1975, kaže na dominanten in zaviralen pomen tega kazalca za proces zaraščanja: čim manjši je bil delež kmetijskih zemljišč, tem močnejše je bilo zaraščanje. Kazalec je tesno povezan tudi s kazalcem lokalne gozdnosti $G75$, kot lahko razberemo s slike 10. Ker pa je korelacijski koeficient v tem primeru nekoliko nižji ($R^2=0.70$), ga v končni analizi nismo upoštevali. Od okoljskih spremenljivk izstopa pomen lege zemljišča nad morjem $DMRAVG$: z nadmorsko višino se zaraščanje stopnjuje, kar pomeni, da se ob že tako visoki gozdnosti zaraščajo še poslednje negozdne vrzeli. Ker je naklon terena močno povezan z ostalimi spremenljivkami, v modelu ni prisoten. Manjši, vendar značilen vpliv, imata tudi spremenljivki $GR75DSTAVG$ (oddaljenost od gozdnega roba v m) in $G75G30_2$ (delež zaraslih površin v obdobju 1935-1975). Z rastjo prvega intenzivnost zaraščanja pada, s povečevanjem drugega pa raste. Slednje zopet potrjuje že povedano, da se zaraščajo zemljišča predvsem v predelih, kjer je bilo zaraščanje tudi v preteklosti že zelo intenzivno. Visoka značilnost kazalcev $int2$ in $INDint2$ pa kaže na velik pomen intenzivnega gospodarjenja in s tem na potrebno skrb za ohranjanje dohodkovno zanimivih njivskih in travniških zemljišč. Čim večji je delež površin z intenzivno obdelavo, tem šibkejšje je zaraščanje. Oba kazalca sta bila izračunana na podlagi rabe v letu 2000, kar ni povsem korektno. Zato ju moramo razumeti le kot nadomestni spremenljivki, ki posredno opisujeta ekonomski položaj kmetijstva v določenem prostoru.

Kakovost regresijskega modela je grafično predstavljena na sliki 14. Vidimo, da je preostala varianca še razmeroma velika, kar pa nas ne preseneča, saj vemo iz izkušenj, da je opuščanje kmetijskih zemljišč in s tem zaraščanje odvisno od mnogih dejavnikov, ki v analizi niso zajeti (npr: dohodki in stroški kmetovanja, kakovost zemljišč) ali pa so izrazito slučajnostni (zdravje in delovna sposobnost kmetov, smrt na kmetiji, kmetije brez naslednikov, ljubiteljsko kmetovanje, idr).

Preglednica 4: Analiza variance za spremenljivke v vrstnem redu obračuna

Table 4: Analysis of variance for variables in the order fitted. Further ANOVA for Variables in the Order Fitted

Vir / vrednost	Vsota kvadratov	Stopinje prostosti	Srednji kvadrat	F	Povprečna vrednost spremenljivke
Source/value		Df	Mean Square	F-Ratio	Average
DMRAVG	5,32401	1	5,32401	251,18	624.60
log(DMRAVG	0,14057	1	0,140573	6,63	6.4172
Log(GR75DSTAV G)	1,50996	1	1,50996	71,24	5,0722
G75G35	1,38702	1	1,38702	65,44	0,1637
(km75) ²	14,3004	1	14,3004	674,67	0,2857
km75	4,79931	1	4,79931	226,42	0,4451
(INDint2) ³	1,49035	1	1,49035	70,31	0,1549
log(INDint2)	1,1719	1	1,1719	55,29	- 4.3729
int2	0,329059	1	0,329059	15,52	0,1525
log(int2)	1,6201	1	1,6201	76,43	- 5.3356
Model	32,0727	10			



Slika 14: Prikaz povezave med izmerjenimi vrednostmi zaraščanja (zar7520IND) in regresijskimi ocenami

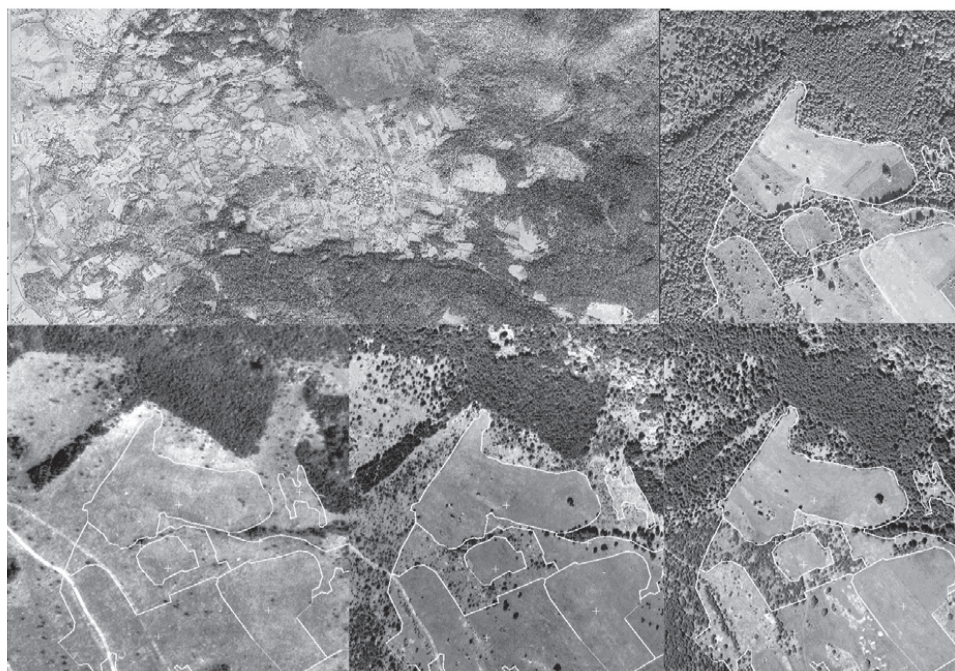
Figure 14: Presentation of observed and predicted values of spontaneous afforestation (zar7520IND)

Okvir 1: Vizualna analiza zaraščanja – primer Palčje**Frame 1: Visual analysis of spontaneous afforestation – case study Palčje**

Vizualno multitemporalno analizo zaraščanja smo opravili v programskem okolju Ermapper, ki dovoljuje analizo več prostorsko orientiranih ortofotografij istočasno. Pogoj je, da so posnetki natančno geokodirani s postopkom slika na sliko.

Preglednica 5: Povprečna lokacijska napaka ortokart (primerjalna osnova DOF2000).
Table 5: Average RMS error of orthophoto (reference DOF 2000)

DOF91 RMS		DOF75 RMS		IKONOS RMS	
X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
2.8	2.7	4.5	3.2	2.0	2.1



Slika 15: Primer podrobne analize zaraščanja na podlagi časovne serije IKONOS in DOF slik. V spodnji vrsti od leve proti desni: DOF1975, DOF1992 in DOF2000; zgornja vrsta: IKONOS pregledni posnetek in IKONOS detajlni posnetek istega objekta kot na DOF. Na DOF so vrisani vektorji rabe tal iz leta 2000

Figure 15: Case study of a detailed spontaneous afforestation analysis based on time-series IKONOS and DOF images. Lower row from left to right side: DOF1975, DOF1992 and DOF2000; upper row: IKONOS overall image and IKONOS detailed image of the same object as shown on DOF. On DOF there are marked borders of land use classification from the year 2000

Na sliki je predstavljen primer podrobne prostorske analize zaraščanja pašnikov v bližini naselja Jurišče za leta 1975, 1992 in 2000. Vneseni so vektorji rabe tal (stanje leta 2000), ki na ortofotografijah olajšajo prepoznavanje tudi najmanjših sprememb vse do ravni posameznih dreves (vrast in posek dreves, sprememba rabe). S primerno programsko opremo (npr.: Ermapper) sledi kursor lokaciji istega objekta na posameznih slikah. Na črno-belih DOF slikah so posamezni objekti lahko vidni, težja pa je njihova identifikacija. Kakovostno in zanesljivo vizualno prepoznavanje posameznih, tudi majhnih objektov je velika prednost barvnih IKONOS posnetkov. Odvisno od namena so primerni posnetki v naravnih (kanali 321) ali lažnih barvah (kanali 432). Slednji vsebujejo tudi informacije v infrardečem spektru, ki jih človeško oko ne zaznava. To bistveno olajša prepoznavanje različnih rab, do neke mere pa tudi kakovosti zemljišča, kar posredno dovoljuje tudi oceno vzrokov zaraščanja.

4 RAZPRAVA

DISCUSSION

V raziskavi smo z interpretacijo satelitskih posnetkov in digitalizacijo topografskih kart izdelali karte gozdov in jih skupaj z informacijskimi sloji, ki smo jih pridobili iz tujih virov, uporabili za izgradnjo prostorskega informacijskega sistema (GIS) za območje občin Postojna, Cerknica, Pivka in Divača. S preseki kart v GIS okolju za leta 1935, 1975, 1992 1999 in 2000 smo identificirali različne rabe in pokrovnosti tal, pri čemer so nas zanimale predvsem kategorije: gozd, površine v zaraščanju, izkrčene površine in kmetijska zemljišča. Za statistično analizo smo celotno območje razdelili na 1km x 1km celice (kvadrante) in nanje vezali vse razpoložljive podatke. Za vsak kvadrant smo izračunali deleže površin, ki so jih posamezne rabe zavzemale in tako dobili za vsak kvadrant zbirko veznih spremenljivk, ki so pogoj za uporabo multiple regresijske analize.

Metoda 1km kvadrantov se je izkazala kot ustrezna, ker smo tako dobili celice enakih površin s čimer smo se izognili računanju tehtanih sredin. Razmeroma groba ločljivost, ki smo jo dobili s 1 km x 1 km kvadranti je kompromis med visoko ločljivostjo osnovnih topografskih podatkov (vsaj 100 m) in načinom zbiranja socio-ekonomskih podatkov, ki so bili zbrani na ravni naselij, nekateri celo občin. Istočasno smo s takim postopkom zmanjšali možne vire napak zaradi netočne geometrije deloma historičnih in zato nezanesljivih kart.

Analiza površine in prostorske porazdelitve gozdov v GIS okolju za obdobje od 1935 do leta 2000 je pokazala, da se gozd na študijskem območju nezadržno širi. V omenjenem času se je gozdnatost povečala od 50,4% na 67,9%. S tem je gozdnatost območja nekaj

pod povprečjem postojnskega gozdno-gospodarskega območja (71,3%, ZGS 2002), kamor po gozdarski območni ureditvi naše območje, z izjemo občine Divače, sodi in precej nad slovenskim povprečjem, ki znaša 60,5% (HOČEVAR 2003). V raziskavi za obdobje 1981-1995 za približno isto območje (vključen je bil masiv Nanosa z visoko gozdnatostjo) smo dobili precej višjo oceno(75%), vendar je potrebno upoštevati , da so bile v to oceno vključene tudi površine v zaraščanju (KOBLEK *et al.* 2002).

V omenjenem obdobju se je površina gozdov povečala za 15.381 ha, kar je bistveno spremenilo podobo krajine predvsem v obrobni področjih osrednjih kotlin in polj, kot so Postojnska in Pivška kotlina in Cerkniško polje. Zaradi že dosežene visoke gozdnatosti hribovskih območij, so se najintenzivneje zaraščala zemljišča pod 500 m nadmorske višine in na ravnih terenih do 10% naklona; rezultat je bil, da se je gozd pomaknil niže v doline in zavzel precejšen del nekoč kmetijskih, ravninskih zemljišč (porast gozdnatosti od 15,38% na 29,52%). Spremembe bi bile še večje, če ne bi istočasno potekal tudi proces krčenja gozdov, ki je bil zopet najintenzivnejši v dolinah in na ravninah. Letno je tako bilo izkrčeno 72,33 ha (obdobje 1935-1975) oziroma 88,88 ha (obdobje 1975-2000) gozdov, velik del tudi za potrebe kmetijstva.

Gozdne površine so se povečevale na račun spontanega zaraščanja, le zelo redko načrtnega pogozdovanja, predvsem kmetijskih zemljišč. Ta so se od leta 1975 (za leto 1935 nimamo primerljivih podatkov) neprestano zmanjševala: od 34,9 % (leta 1975) na 31,8% (leta1992) in nato v letu 2000 na 27,0%. Letno so se v povprečju kmetijske površine zmanjšale za 282 ha, kar ustreza navedbam v študiji Zasnova programa ukrepov proti zaraščanju na območju občin Postojna in Pivka (KOVAČIČ *et al.* 1999).

Za pretekli dve in pol desetletji smo ugotovili izredno močno zaraščanje kulturne krajine, ki znaša v povprečju 34% kmetijskih površin, evidentiranih v letu 1975, (če pa izločimo območja strnjjenih gozdov brez omembe vrednih kmetijskih površin, ki bi se lahko še zarasle, urbane površine, barja in površine presihajočih jezer, pa 44%. Stopnja zaraščanja je prostorsko močno diferencirana. Relativno šibko je v bližini naselij, več kot 1km od naselij pa se močno krepi. Stopnja zaraščanja raste z naklonom in nadmorsko višino, čeprav so zarasle površine zaradi istočasnega zmanjševanja kmetijskih površin po obsegu absolutno majhne. Velike površine v zaraščanju najdemo v 300-400 m pasu vzdolž gozdnega roba.

Podobne ugotovitve poznamo tudi iz sorodnih raziskav (CUNDER 1998, HOČEVAR 2004), ki kažejo na pomemben vpliv pridelovalnih razmer (nagib, nadmorska višina), obenem pa poudarjajo tudi pomen demografskih in kmetijsko strukturnih razmer. Slednje smo v naši študiji zajeli s kazalnikom, ki označuje intenzivnost kmetijske

proizvodnje (v bistvu sta to dve sorodni spremenljivki: int2 - delež kmetijskih površin z intenzivno rabo v kvadrantu in INDint2 - delež intenzivno obdelanih kmetijskih zemljišč v primerjavi s vsemi kmetijskimi zemljišči v kvadrantu). Povezava z zaraščanjem je obratno sorazmerna: zaraščanja upada z intenziviranjem kmetijske proizvodnje. Pomen spremenljivk «intenzivnost kmetijske obdelave» razumemo kot pomožni indikator, ki posredno opisuje stanje in ekonomsko moč kmetijske proizvodnje. Čeprav smo z raziskavo zajeli tudi številne demografske, socio-ekonomske in kmetijsko-strukturne podatke, njihove povezave z zaraščanjem z zadostno zanesljivostjo nismo mogli ugotoviti.

Povezavo med intenzivnostjo zaraščanja in prostorsko izraženimi dejavniki smo raziskali z multiplo regresijsko analizo, ki se je v podobnih raziskavah že izkazala (KOBLEK *et al.* 2002). Dejavniki, ki so največ prispevali k pojasnitvi zaraščanja so: nadmorska višina, razdalja do gozdnega roba v letu začetka raziskave (1975), delež zarašlih površin v predhodnem obdobju 1935-1975, delež kmetijskih zemljišč v letu 1975 in obe spremenljivki, ki označujeta intenzivnost kmetijske rabe v letu 2000. Zaradi avtokorelacije spremenljivk model ne vsebuje vseh, ki kažejo univariantno povezavo. Spremenljivki, ki skupaj že pojasnjujeta 75% delež znane variabilnosti, sta nadmorska višina in delež kmetijskih površin: obe kažeta na to, da se posebno intenzivno zaraščajo področja, kjer je kmetijskih zemljišč že tako malo, gozdnatost pa visoka. Obstaja pozitivna povezava med zaraščanjem v obdobju 1975-2000 in zaraščanjem v predhodnem obdobju, kar kaže na prostorsko stalnost procesa. Pomen intenzivnega kmetijstva za preprečevanje zaraščanja odražata spremenljivki int2 in INDint2, ki pa sta bili izračunani na podlagi stanja v letu 2000. Zato gre v tem primeru le za posredno povezavo, praviloma bi morali uporabiti spremenljivke za leto 1975, to je na začetku obdobja. Na žalost ustreznih podatkov za izračun niso uspeli dobiti. Oddaljenosti od naselja v modelu nismo zajeli, ker obstaja jasna povezava le do razdalje ca. 1200 m (območje peš hoje), nato pa visoka variabilnost povezavo popolnoma prekrije (območje transporta z motornimi vozili, odvisnost od kakovosti cest in ne od razdalje). Z modelom smo pojasnili 71% celotne variabilnosti. Rezultat je boljši kot v podobnih študijah ($R^2=57\%$, KOBLEK *et al.* 2002), vendar tudi v našem primeru zaraščanja nismo uspeli povsem pojasniti. Vzrok je v pomanjkanju ustreznih prostorsko opredeljenih podatkov in razmeroma primitivnem aditivnem modelu. Predvsem pogrešamo pri naturalnih podatkih izredno pomembne kazalce kakovosti tal in za posamezna obdobja relevantne, dovolj prostorsko razčlenjene finančne kazalce o prihodku in stroških kmetijske obdelave pri različnih rabah. Za podrobnejšo analizo bi morali analizo opraviti tudi na podatkih za posamezna kmečka gospodarstva, kar pa zaradi varovanja osebnih podatkov ni izvedljivo. Zavedati se moramo, da bo določen nepojasnen delež variance vedno ostal, ker so mnogi dogodki odvisni od slučajnih ali povsem individualno kontroliranih dejavnikov: posebno sposobni kmetovalci, kmetovalci,

ki ljubiteljsko ali iz tradicije vztrajajo na kmetiji, kmetovalci z dodatnimi finančnimi viri zavirajo proces zaraščanja ob sicer istih težavnostnih pogojih, nasprotno nezanimanje za kmečko delo, nezmožnost za delo ali pomanjkanje naslednikov na kmetiji zaraščanje pospešujejo.

Nadaljnji potek zaraščanja v območju je mogoče napovedati na podlagi regresijskega modela, v našem primeru pa tudi na podlagi časovnega niza gozdnatosti, ki za naše območje za zadnjih 65 let kaže premočrtno povečevanje (Slika 6). Če se procesi zaraščanja ne bodo bistveno spremenili, lahko do leta 2020 pričakujemo nadaljnje povečevanje gozdnatosti od sedanjih 67,9% na 72,5%, kar za celo območje pomeni ca 3.160 ha novega gozda v 10 letih (3.582 ha na 100.000 ha površine). Ocena se zdi realna, če upoštevamo, da je bilo pri izdelavi karte rabe kmetijskih zemljišč (MKGP 2002) že leta 2000 identificirano 1.589 ha zemljišč v zaraščanju (ca 70% od tega v občinah Pivka in Divača). Podobno napoved najdemo tudi v Območnem načrtu za Postojnski GO za obdobje 2001-2019, kjer avtorji napovedujejo 8% povečanje gozdnatosti v naslednjih 20 letih, kar se sklada tudi z našimi starejšimi ocenami (KOBLEK *et al.* 2002). Te napovedi se zelo natančno prekrivajo z našim maksimalnim scenarijem (porast od 67,24% na 75,19%). Kje se bo zaraščalo, lahko ocenimo na podlagi regresijskega modela, za katerega pa bi potrebovali nove vhodne podatke za obdobje 2000 - 2100, ki jih pa ta trenutek nimamo. Predvidevamo lahko, da se bo nadaljevalo zaraščanje obrobni območij pod 700 m nadmorske višine in z nagibom pod 25%, predvsem v predelih, kjer zaradi ekstenzivne rabe in nizke dodane vrednosti kmetovanje ne bo več rentabilno.

Zanesljivost ugotavljanja sprememb rabe tal je v veliki meri odvisna od natančnega prepoznavanja in kartiranja posnetkov ali kart iz različnih obdobj po enotnih kriterijih, kar pa je le težko zagotoviti. Iz študije, opravljene v isti regiji, vemo, da znaša pozicijska napaka gozdnega roba na satelitski karti v povprečju 26 m, kar je manj pomembno za kakovost ocene površin gozda, vodi pa lahko do pomembnih napak pri izračunu zaraslih površin (KOBLEK *et al.* 2002). Zaradi tega smo na ožjem študijskem območju Palčje uporabili poseben »slika na sliko« oziroma image to image postopek, pri katerem isti interpretator analizira posnetke iz različnih obdobj istočasno in z isto metodologijo. Pogoj je tudi v tem primeru uporaba zelo natančno geokodiranih ortofotografij. V tem primeru je mogoče prepoznavanje tudi posameznih dreves (okvir 1). Z interpretacijo na stereomodelu in z barvnimi, multispektralnimi posnetki (npr.: IKONOS) je mogoče metodo še bistveno izboljšati in sočasno z interpretacijo posameznih kategorij rabe in sprememb tudi ovrednotiti možne vzroke sprememb (neposredna izmera višine in naklona terena, ocena kakovosti tal, izmera oddaljenosti od gozda ali naselja, pristop do parcele, terenske ovire itd).

Če skušamo presoditi rezultate naše študije v luči DPSIR modela (vzrok – stanje – posledice – ukrepi) lahko ugotovimo, da smo za opis stanja v različnih obdobjih (raba in pokrovnost, lokalna gozdnatost, delež kmetijskih površin, indeks zaraščanja, razmerje različnih rab prostora) razvili učinkovite metode v GIS okolju: na regionalni ravni z uporabo satelitske detekcije in digitalnih arhivskih kart, na lokalni ravni pa multitemporalno primerjavo na podlagi visokoresolucijskih multispektralnih satelitskih posnetkov in letalskih ortofotografij. Razmeroma dobro smo uspeli kvantitativno opisati tudi posledice ob nadaljevanju sedanjih procesov zaraščanja (naraščajoči trend povečevanja gozdnatosti, izguba kmetijskih zemljišč, homogenizacija krajine). Ponovno pa lahko le ugotovimo, da še vedno le slabo poznamo podatke, ki opisujejo neposredne vzroke zaraščanja. Kazalci: nadmorska višina, razdalja do gozdnega roba, delež zaraslih površin v predhodnem obdobju, delež kmetijskih zemljišč v letu 1975, ki so vključeni v regresijskem modelu, izkazujejo sicer visoke korelacijske vrednosti, niso pa pravi vzroki zaraščanja, temveč s temi prek ekonomskih kazalcev (dohodki, stroški) le posredno povezani. To je mogoče razumeti s pomočjo naslednje primerjave: če bi poznali primerne tehnike in kmetijske kulture z visoko dodano vrednosti, se npr. strma zemljišča, griči in hribi gotovo ne bi zaraščali (opijate po svetu gojijo na najbolj nemogočih rastiščih, ker je pač prihodek tudi 10 krat višji kot pri drugih kulturah!). Edini pravi vzročni spremenljivki v naši študiji, na kateri z ukrepi lahko vplivamo, sta spremenljivki *int2* in *INDint2*, ki nadomestno opisujeta intenzivnost in s tem ekonomsko komponento kmetijske proizvodnje.

Dokler vzroke zaraščanja poznamo le nepopolno (npr. kje je ekonomski prag kmetijske proizvodnje na različnih zemljiščih?), je vsako načrtovanje ustreznih ukrepov tipanje v nepoznano, ki prav lahko ostane brez pravega učinka. Kljub temu nudi naša raziskava tudi v tem pogledu zanimive možnosti. S pomočjo karte rabe tal na sliki 4 je mogoče v GIS okolju prepoznati opuščena zemljišča v zaraščanju, lokalno analizirati vzroke in na tej osnovi locirati in določiti potrebne ukrepe.

Razmere se ne bodo spremenile dokler bo posestna velikost ostala na ravni iz leta 1902 (ZGS, 2002) in ne bodo zagotovljene ekonomske osnove za spodobno preživetje kmetij. Za ohranjanje kulturne krajine z značilnim prepletanjem gozda s kmetijskimi površinami nujno potrebujemo jasne koncepte za razvoj kmetijstva in gozdarstva pa tudi ustrezne državne spodbude. Z ukrepi kmetijske politike in v sodelovanju gozdarstva in kmetijstva bi bilo v sklopu dolgoročnega prostorskega načrtovanja zato nujno vnesti nekaj prostorskega reda v spontan proces zaraščanja (razmejevanje gozd/negozd, izločitev površin za ogozditev v smislu EU uredbe 2080/92, Hočevar *et al.*, 1999) in oblikovati temelje za tako kmetijsko in gospodarsko politiko, ki bo učinkovito usmerjala proces zaraščanja in s selektivnimi ukrepi zagotavljala ohranjenje najvrednejših zemljišč. S tem bi lahko učinkoviteje sledili interesu

varovanja kulturne krajine v skladu s socio-ekološkim modelom pospeševanja razvoja podeželja, gozdarji pa bi zaraščajoče površine lažje vključili v svoje gozdnogospodarske načrte.

Kljub temu, da je bilo za študijsko območje v preteklih letih izdelano že kar nekaj študij zaraščanja in predlagani številni ukrepi, smo lahko tudi z našo študijo le ugotovili, da se krajinska slika nezadržno spreminja in homogenizira. Z gozdom se krajina nekontrolirano vrača v prvotno, naravno stanje, kar si ga ne želijo ne gozdarji, ne kmetijci.

5 SUMMARY

In this research study, we prepared a spatial information system (GIS) using a forest map and other sources for an area of 88,219 ha for the local communities of Postojna, Cerknica, Pivka and Divaca. Forest cover maps were made using methods of interpretation of satellite images, orthophotos and topographic maps.

With an intersect of forest cover maps in the GIS environment for the years 1935, 1975, 1992, 1999 and 2000, various land use and land cover categories were detected. All study area was divided into 1 km x 1 km size cells (quadrants) for statistical analysis purposes. Some attributes, bio-physical, socio-economical and infrastructural, were added to each cell as well.

Spatial analysis of the forest area and distribution in the GIS environment showed that since 1935 the abundance of forests has increased from 50.4% to 67.9%. Approximately 34% of agricultural land was afforested in the last 25 years. Forest area of 72.33 ha was annually cut in the time period 1935-1975, and 88.88 ha in the time period 1975-2000. An analysis into the inter-relationships of spontaneous afforestation, topographical and socio-economic factors was made on the level of each factor first, and after that the spontaneous afforestation process as a whole was analysed with multivariate regression analysis. About 71% of variability was explained with a regression model. Spontaneous afforestation is strongly influenced by the following factors: altitude, distance to the forest edge, share of afforested areas in previous time periods, share of agricultural land, and two variables describing the intensity of agricultural use. Although various demographical, socio-economic and agro-structural factors were analysed in this research study, their influence on the afforestation process could not be established.

If there are no significant changes in the processes of spontaneous afforestation in the future, forest abundance can be expected to increase to 72.5% by the year 2020.

6 VIRI REFERENCES

- CARLEER., A., WOLF, E. 2004. Exploitation of very High Resolution Satellite Data for Tree species Identification, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 70(1): 135-140
- CUNDER, T. 1998. Zaraščanje kmetijskih zemljišč v slovenskem alpskem svetu. V: Gossar, A. (ur.), Sonaravni razvoj v slovenskih Alpah in sosedstvu, Ljubljana, Filozofska fakulteta, 49 s.
- CUNDER, T., HOČEVAR, M. 2003. Spontaneous afforestation in the DSPIR context. SPIN report D7e1998, 4 s.
- DPSIR, Eurostat. 1999. Towards environmental pressure indicators for the EU. http://europa.eu.int/comm/eurostat/Public/datashop/print-catalogue/EN?catalogue=Eurostat&product=KS-36-01-677-_-I-EN
- FAO. 2001. *Global Forest Resources Assessment 2000 -main report*. FAO Forestry Paper No. 140. Rome. Available on the Internet: www.fao.org/forestry/fo/fra/main/index.jsp
- HOČEVAR, M. 1985. Uporaba satelitskih posnetkov v gozdarstvu. V knjigi: Uporaba digitalnih, satelitsko zajetih podatkov v Sloveniji, Zavod za statistiko, Ljubljana.
- HOČEVAR, M. 1990. Ugotavljanje stanja in razvoja gozdov s kontrolno vzorčno metodo. VTOZD za gozdarstvo, Ljubljana.
- HOČEVAR, M. 1991. Značilnosti celostne gozdne inventure v sistemu sonaravnega upravljanja z gozdovi Zbornik gozdarstva in lesarstva, št.:38, str.: 41-54
- HOČEVAR, M., HLADNIK, D., KOVAČ, M. 1992. Zasnova prostorskega informacijskega sistema (PIS/GIS Geodetski vestnik, Zbornik simpozija GIS v Sloveniji.
- HOČEVAR, M. 1995. Daljinsko pridobivanje podatkov v gozdarstvu. Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo, Ljubljana, 105 s.
- HOČEVAR, M., KOVAČ, M., KOBLER, A. 1996. Application of Remote Sensing and GIS from Landscape to Forest Stand Level.- Application of Remote Sensing in European Forest Monitoring. Proceedings of the International Workshop 14.-16. 10. 1996, BOKU, Dunaj.
- HOČEVAR, M., KOVAČ, M., KOBLER, A. 1998. Application of remote sensing and GIS from landscape to forest stand level. V: KENNEDY, P., J... (ur.). Application of remote sensing in European forest monitoring : proceedings : international workshop : Vienna, Austria, 14th-16th October, 1996. Vienna [etc.]: Universität für Bodenkultur: Joint research centre European Commission: Joanneum Research, 1998.
- HOČEVAR, M., KOBLER, A., CUNDER T., 1999: Analiza možnosti prevzema ukrepov pogozdovanja. Gozdarski inštitut Slovenije, ekspertiza za vlade RS, 37 s.
- HOČEVAR, M., KOBLER, A. 2001. Uporaba podatkov Corine land cover za izgradnjo informacijskega sistema o gozdovih na državni ravni = Using CORINE Land Cover Data to establish a Country level Forest Information System in Slovenia. V: TRIGLAV, J. (ur.). G-Slovenija v e-Evropi : osnovni geodetski sistemi, zemljiški kataster, topografska izmera, prostorska informatika, fotogrametrija, kartografija, svetovanje pri prometu z nepremičninami : [zbornik mednarodnega posveta], (Geodetski vestnik, letn. 45, 2001, št. 3). Ljubljana: Geodetska zveza Slovenije, 2001, 2001, letn. 46, št. 3, str. 353-369.
- HOČEVAR, M., KOBLER, A., KUŠAR, G. 2001. Application of high-resolution IKONOS imagery in forestry : report = Uporaba visokoresolucijskih satelitskih slik IKONOS v gozdarstvu : poročilo. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, 2001. 17 str
- HOČEVAR, M. 2003. Stanje in simulacija trajnostnega razvoja gozdnih fondov v Sloveniji. Zbornik referatov XXI študijski dnevi. Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. Za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

2003. str.103-122

- HOČEVAR, M., in sodelavci. 2004. Prostorsko modeliranje potencialnega zaraščanja kmetijskih zemljišč Slovenije v GIS okolju. Pripravljeno za tisk.
- KOBLER, A., HOČEVAR, M., KUŠAR, G. 2002. Uporaba multispektralnih satelitskih posnetkov in metod GIS za zaznavanje ter napoved zaraščanja = Detection and prediction of spontaneous afforestation using multispectral satellite data and GIS methods. *Zb. gozd. lesar.*, 2002, št. 69, str. 277-308
- KOBLER, A. 2004. Ocena zgradbe in sprememb habitatov s pomočjo satelitskih snemanj z visoko prostorsko ločljivostjo V pripravi za tisk
- KOBLER, A., DŽEROSKI, S., KERAMITSOGLOU, I. 2004. Habitat mapping using machine learning-extended kernel-based reclassification of IKONOS satellite image. V pripravi za tisk.
- KOS, V. 2000. Geodetski zavod, ustni vir
- KOVAČIČ, M., in sodelavci. 1999. Zasnova programa ukrepov proti zaraščanju na območju občin Postojna in Pivka
- MKGP 2002. Projekt posodobitve evidentiranja zemljišč, Podprojekt D: Zajem in spremljanje rabe kmetijskih zemljišč. Ljubljana, 2002
- MKGP 1998. Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih. Ur.l. RS. 1998/5
- ZGS 2002. Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarskega območja Postojna, 2001-2010
- MCPFE 2003. Improved Pan-European Indicators for Sustainable Forest Management, <http://www.mcpfe.org>
- TBFRA- 2000. (Regional FRA). Forest Resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand (industrialized temperate/boreal countries). 2000. UN-ECE/FAO Contribution to the Global Forest Resources Assessment 2000. UN, Geneva. and New York
- UNFCCC 2003.: A guide to the Climate Change Convention and the Kyoto Protocol , http://unfccc.int/resource/cfc_guide.pdf

ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENTS

Pričujoči članek je nastal v sklopu raziskovalnega projekta CRP “Uporaba multispektralnih satelitskih posnetkov visoke ločljivosti, GIS in izgradnja DSS (Decision Support System) za modeliranje v gozdarstvu” (V4-0434-01), ter v povezavi z EU projektom “SPIN – Prostorski indikatorji za evropsko varstvo narave” (EVG1-CT-2000-00019).

Ob tej priložnosti se avtorji zahvaljujemo financerjem, ki so omogočili raziskavo in sodelavcem za tvorno sodelovanje.

Članek z barvnimi slikami je po objavi dosegljiv na internetu na naslovu:

http://www.gozdis.si/departments/geomatics/forgematics_dept.htm