

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET, GEOGRAFSKI ODSJEK
GEODETSKI FAKULTET

Tomislav Belić, Smiljan Buhin, Tomislav Jogun, Petra Lacković, Nino Malešić, Katarina
Pavlek

**ANALIZA PROMJENE ZEMLJIŠNOG POKROVA U
SJEVERNOJ HRVATSKOJ OD 1981. DO 2011. GODINE**

Zagreb, 2016.

Ovaj rad izrađen je na Geografskom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom doc. dr. sc. Dubravke Spevec i na Katedri za fotogrametriju i daljinska istraživanja pri Zavodu za kartografiju i fotogrametriju na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom dr. sc. Matea Gašparovića i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2015./2016.

SADRŽAJ RADA

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. Uvod u problematiku | 1 |
| 1.2. Pregled dosadašnjih istraživanja..... | 1 |
| 1.3. Pojmovi i definicije | 3 |
| 1.4. Područje istraživanja..... | 4 |
| 2. CILJEVI RADA I HIPOTEZE | 9 |
| 3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA | 11 |
| 3.1. Daljinska istraživanja | 11 |
| 3.1.1. Izvori i obrada podataka za klasifikaciju | 12 |
| 3.1.2. Klasifikacija scena | 13 |
| 3.1.3. Procjena točnosti klasifikacije | 13 |
| 3.2. Regresijska analiza | 17 |
| 3.2.1. Linearna regresija metodom najmanjih kvadrata..... | 19 |
| 3.2.2. Prostorna regresijska analiza..... | 19 |
| 4. REZULTATI..... | 21 |
| 4.1. Kvantificiranje promjena po županijama i kategorijama..... | 21 |
| 4.1.1. Zemljišni pokrov sjeverne Hrvatske 1981. godine | 21 |
| 4.1.2. Zemljišni pokrov sjeverne Hrvatske 2011. godine | 22 |
| 4.1.3. Promjene zemljišnog pokrova sjeverne Hrvatske 1981. – 2011. godine | 23 |
| 4.1.3. Dominantni procesi u promjeni zemljišnog pokrova sjeverne Hrvatske 1981. – 2011. godine..... | 25 |
| 4.2. Rezultati regresijske analize | 29 |
| 4.2.1. Globalni regresijski modeli | 29 |
| 4.2.2. Lokalni regresijski modeli | 30 |
| 5. RASPRAVA..... | 34 |
| 6. ZAKLJUČAK | 39 |
| ZAHVALA..... | 41 |
| POPIS LITERATURE | 42 |
| POPIS IZVORA | 50 |
| SAŽETAK..... | 52 |
| SUMMARY | 53 |
| PRILOZI..... | 54 |

1. UVOD

1.1. Uvod u problematiku

Čovječanstvo već tisućama godina mijenja svoje prirodno okruženje (Cvitanović, 2014b). Zemljišni pokrov, kao sastavni dio okoliša, označava prirodne karakteristike Zemljine površine i dijela neposredno ispod površine (drveće, trava, vode, tlo, građevine i sl.) i uglavnom je u domeni prirodnih znanosti (Brown i Duh, 2004; Horning, 2004; Roić, 2012; Horvat, 2013; Cvitanović, 2014b). Budući da su promjene zemljišnog pokrova vidljiv odraz interakcije ljudi s okolišem, one su pokazatelj i socioekonomskih te demografskih promjena. Stoga istraživanja promjene zemljišnog pokrova iz sfere prirodnih znanosti prelaze u inter/multidisciplinarna područja tražeći znanja i vještine iz različitih struka, među kojima se osobito ističu geografija i geoinformatika (Jenerette i Wu, 2001; Brown i dr., 2002). Istraživanja promjene pokrova zemljišta posebno su potaknuta razvojem računala, daljinskih istraživanja i geografskih informacijskih sustava (GIS-a) (Weng, 2002; Parker i dr., 2003; Manson, 2009; Tayyebi, 2013).

1.2. Pregled dosadašnjih istraživanja

Ocem kulturne geografije smatra se američki geograf Carl Sauer. On je početkom 20. stoljeća pokrenuo novi pristup kojim se kulturna geografija više veže za kulturne pejzaže, koji obuhvaćaju zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta (Williams, 2009). Teorijski pristup o promjeni zemljišnog pokrova opširnije se obrađuje u radovima Meyer i Turner (1994) te Lambin i Geist (2006). Kako bi se razumjeli uzročno-posljedični odnosi promjena zemljišnog pokrova koristi se integrirani pristup, kao npr. integracija podataka na razini kućanstava s podacima daljinskih istraživanja (Geoghegan i dr., 1998; Mertens i dr., 2000). Međutim, konceptualno su se zaključci sveli na jednostavno objašnjenje međuovisnosti ljudskog ponašanja, zemljišnog pokriva i stanja okoliša. Posljedica je to donošenja odluka koje ovise o većem broju čimbenika, kao npr. lokalnim prirodnim obilježjima (kvaliteta tla) i lokalnim dionicima ili globalnim uvjetima (npr. trgovina u svijetu) i donositeljima odluka (npr. vlada). Stoga se smatra kako ne postoji univerzalan pristup istraživanju promjena zemljišnog pokrova, već da je zbog složenih odnosa čovjeka i okoliša potrebno za svako područje provoditi određene studije kako bi se istražile promjene zemljišnog pokrova i čimbenika koji na njih utječu (Cvitanović, 2014b). Mnogobrojni znanstvenici nastojali su istražiti promjene načina korištenja zemljišta i zemljišnog pokrova, a streloviti uzlet u toj vrsti istraživanja postiže se tijekom posljednjih dvadesetak godina. Tome svjedoči veliki broj radova o

područjima u kojima se urbanizacijom, demografskim rastom i gospodarskim razvojem izrazito promijenio zemljišni pokrov. Prije svega to se odnosi na azijske i južnoameričke države u razvoju, ali niti visokorazvijene države, poput SAD-a i država u Zapadnoj Europi, nisu iznimka (Trexler i Travis, 1993; Turner i dr., 1996; Wear i dr., 1996; Wear i Bolstad, 1998; Geist i Lambin, 2001; Munroe i dr., 2002; Cheng i Masser, 2003; Lambin i dr., 2003; Rogan i dr., 2003; Mas i dr., 2004; McConnell i dr., 2004; Romero-Calcerrada i Perry, 2004; Fox i Vogler, 2005; Williams i dr., 2005; Falcucci i dr., 2007; Fukushima i dr., 2007; Millington i dr., 2007; Serra i dr., 2008; Dewan i Yamaguchi, 2009a, 2009b; Lakes i dr., 2009; Gracia i dr., 2011; Jiang i dr., 2011; Monteiro i dr., 2011; Nahuelhual i dr., 2012; Dewan i dr., 2012; Kidane i dr., 2012; Lin i dr., 2014; Cvitanović i dr., 2016).

U domaćoj literaturi prva detaljnija istraživanja promjena načina korištenja zemljišta i zemljišnog pokrova su doktorske disertacije *Prigorje planinskog niza Ivančice* (Crkvenčić, 1957, 1958) i *Velebitska primorska padina* (Rogić, 1957, 1958). Promjene agrarnog pejzaža i korištenja zemljišta u tim radovima razmatrane su s historijskogeografskog aspekta pod jakim utjecajem njemačke pejzažne škole. Analizirane kategorije većinom su bile vezane uz poljoprivredu, a pojmovi zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta često su se poistovjećivali (Cvitanović, 2014a). Analize su se uglavnom provodile na brojčanim tabličnim podacima, a znatno rjeđe na katastarskim planovima gdje su se usporedbom vrijednosti donosili zaključci o prirodno-geografskim i društvenim promjenama nekog prostora (Cvitanović, 2014b). Na slične metode, bez prostornog pristupa analizi, nailazi se i u većini kasnijih radova (Crkvenčić, 1951, 1982; Vresk, 1968, 1972; Malić, 1983; Fürst-Bjeliš, 2002; Magaš i Faričić, 2002; Čuka i Magaš, 2003; Faričić i Magaš, 2004; Fürst-Bjeliš i Lozić, 2006; Magaš i dr., 2006; Fürst-Bjeliš i dr., 2011; Durbešić, 2012). Fürst-Bjeliš u svojim radovima, za razliku od ostalih istraživača, naglasak više stavlja na društvene promjene koje su dovele do promjene zemljišnog pokrova. U najnovijim radovima koristila su se daljinska istraživanja za klasifikaciju zemljišnog pokrova (Valozić, 2015a, 2015b) i za analizu promjena zemljišnog pokrova (Valozić i Cvitanović, 2011; Horvat, 2013; Cvitanović, 2014a, 2014b). Valozić i Cvitanović (2011) u radu naglasak stavljaju na šumski pokrov, odnosno procese deforestacije i reforestacije u Parku prirode Medvednica.

1.3. Pojmovi i definicije

Kako bi se napravila distinkcija između pojedinih stručnih pojmova i omogućilo lakše razumijevanje, neovisno o obrazovanju i struci, potrebno je ukratko definirati njihovo značenje.

Zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta prijevod su engleskih termina *land use* i *land cover*. U hrvatskoj stručnoj i znanstvenoj literaturi pojam pokrov zemljišta koristi se češće od pojma zemljišni pokrov, a posebno se to odnosi na literaturu koja se temelji na CORINE programu Europske agencije za okoliš. Državna geodetska uprava u Geodetsko-geoinformatičkom rječniku ipak upotrebljava pojam zemljišni pokrov, koji definira kao vidljive zemljišne značajke, poput vegetacije, ogoljelog zemljišta, pašnjaka, urbanog područja i slično (Cvitanović, 2014b). Ponekad se termini zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta rabe kao sinonimi ili im se značenja preklapaju, naročito u urbanim područjima. Međutim, to nije dobro jer se time narušava dosljednost i mogućnost usporedbe klasifikacija (Brown i Duh, 2004; Horning, 2004; Horvat, 2013; Cvitanović, 2014b).

Prema Organizaciji za prehranu i poljoprivredu (*Food and Agriculture Organization – FAO*) (1995, 6) pojam *zemlja* definira se kao „karakteristično područje Zemljine površine koje sadrži sve attribute biosfere neposredno ispod ili iznad površine, uključujući klimu, tlo i reljefne oblike, površinsku hidrologiju (plitka jezera i močvare), sedimentne slojeve blizu površine i s njima povezane zalihe podzemnih voda, biljnu i životinjsku populaciju, sustav ljudskih naselja i fizičke tragove prošlih i sadašnjih ljudskih aktivnosti (terasiranje, akumulacije i sustavi za navodnjavanje, prometnice, zgrade i dr.).“

Zemljište u gospodarstvu podrazumijeva resurs za proizvodnju, razvoj i ostvarivanje prihoda. Promatra li se s aspekta imovinskog prava, to je prostor Zemlje na kojemu postoje interesi u obliku prava i tereta (dužnosti i obveze). Vrhovno pravo na zemljištu je vlasništvo (Roić, 2012). Za potrebe ovog rada, zemljište je bliskoznačnica Zemljinoj površini, odnosno prirodnoj osnovici geografskog prostora na kojoj se odvijaju najintenzivniji odnosi između čovjeka i prirode (Šterc, 2012). Na pojam zemljišta nadovezuju se uporaba, način korištenja i zemljišni pokrov koji mu daju određeni atribut.

„*Uporaba zemljišta* podrazumijeva uživanje bez ulaganja rada i prihodovnih dobitaka“ (Roić, 2012, 41).

Korištenje zemljišta (engl. land use) je način na koji čovjek ulažući rad u zemljište s njega ostvaruje profitke i osigurava svoju egzistenciju. Ono može biti urbano (poslovno, stambeno, rekreacijsko i sl.) i ruralno (obrađeno, pašnjaci, šume i sl.) (Roić, 2012; Horvat, 2013). Način korištenja zemljišta bio je uglavnom predmet interesa sociologa, ekonomista, geografa i prostornih planera (Cvitanović, 2014b). Važno je naglasiti kako daljinska istraživanja nisu dovoljna za proučavanje načina korištenja zemljišta, nego se moraju nadopuniti drugim metodama: terenskim kartiranjem, anketiranjem i analizom podataka iz katastra (Brown i Duh, 2004; Sohl i Sleeter, 2012).

Zemljišni pokrov (engl. land cover) je prirodni materijal na Zemljinoj površini i neposredno ispod nje (drveće, trava, vode, tlo, građevine), zbog čega je više u domeni prirodnih znanosti (Brown i Duh, 2004; Horning, 2004; Roić, 2012; Horvat, 2013; Cvitanović, 2014b). Za razliku od socioekonomskog načina korištenja zemljišta, kod proučavanja zemljišnog pokrova dovoljna su samo daljinska istraživanja (Brown i Duh, 2004; Horning, 2004; Sohl i Sleeter, 2012; Horvat, 2013; Cvitanović, 2014a, 2014b).

Namjena zemljišta (engl. land zoning) određuje se dokumentima prostornog planiranja, čime se uspostavlja i kontrolira način korištenja zemljišta, a posredno i zemljišni pokrov (Roić, 2012).

1.4. Područje istraživanja

Prostor koji će u radu biti detaljno analiziran odnosi se na područje triju jedinica regionalne (područne) samouprave smještenih na sjeveru Hrvatske: Varaždinske, Međimurske i Koprivničko-križevačke županije osnovanih u prosincu 1992. godine (izvor: 18). Granicu istraživanog područja na sjeverozapadu čini državna granica prema Republici Sloveniji, na sjeveroistoku državna granica prema Republici Mađarskoj, dok je na jugu područje istraživanja omeđeno Krapinsko-zagorskom, Zagrebačkom te Bjelovarsko-bilogorskom županijom (slika 1).

Iako se u starijim radovima s tematikama uvjetno-homogene i nodalno-funkcionalne regionalizacije Hrvatske (Rogić, 1983; Rogić, 1984) navedeno područje svrstava u regiju središnja Hrvatska, u recentnim radovima gdje se regionalizacija razmatra s aspekta optimalne teritorijalne organizacije za regionalnu razvojnu politiku temeljenu na održivom razvoju i prostornoj koheziji (Knox i Marston, 2003; Kordej-De Villa i Pejnović, 2015) te prema nacrtu prijedloga Zakona o regionalnom razvoju koji je u pripremi još od 2013. godine područje tih

triju županija, uz pridruženu Krapinsko-zagorsku županiju, izdvaja se kao regija sjeverozapadna (sjeverna) Hrvatska.



Slika 1. Geografski smještaj i prometno-geografski položaj sjeverne Hrvatske

Za potrebe ovog rada, Krapinsko-zagorska županija izuzeta je iz razmatranja zbog njene snažne gravitacijske i funkcionalne usmjerenosti prema Zagrebu, izražene jakom dnevnom migracijom te specifičnim oblikom prometne mreže, što uvjetuje različitost socioekonomskih obilježja u odnosu na ostatak regije. Također, reljef Krapinsko-zagorske županije znatno je raščlanjeniji u odnosu na ostale županije regije što utječe na razlike u prostornoj organizaciji naseljenosti te načinu korištenja zemljišta i oblikovanja kulturnog pejzaža. Osim navedenog, izostavljanju Krapinsko-zagorske županije iz analize promjene zemljišnog pokrova pridonijela je i iscrpna recentna obrada problematike (Cvitanović, 2014b).

Površina regije sjeverna Hrvatska definirane prostornim obuhvatom triju navedenih županija iznosi 3737 km², pri čemu najveći udio ima Koprivničko-križevačka županija (46,7 %), dok trećinu zauzima Varaždinska (33,8 %), a nešto manje od petine Međimurska županija (19,5 %), te obuhvaća 6,6 % kopnene površine Hrvatske. Prema administrativno-teritorijalnom ustroju područje sjeverne Hrvatske obuhvaća 78 jedinica lokalne samouprave, od čega 12 upravnih gradova i 66 općina koje, iako međusobno različitih razvojnih karakteristika, čine

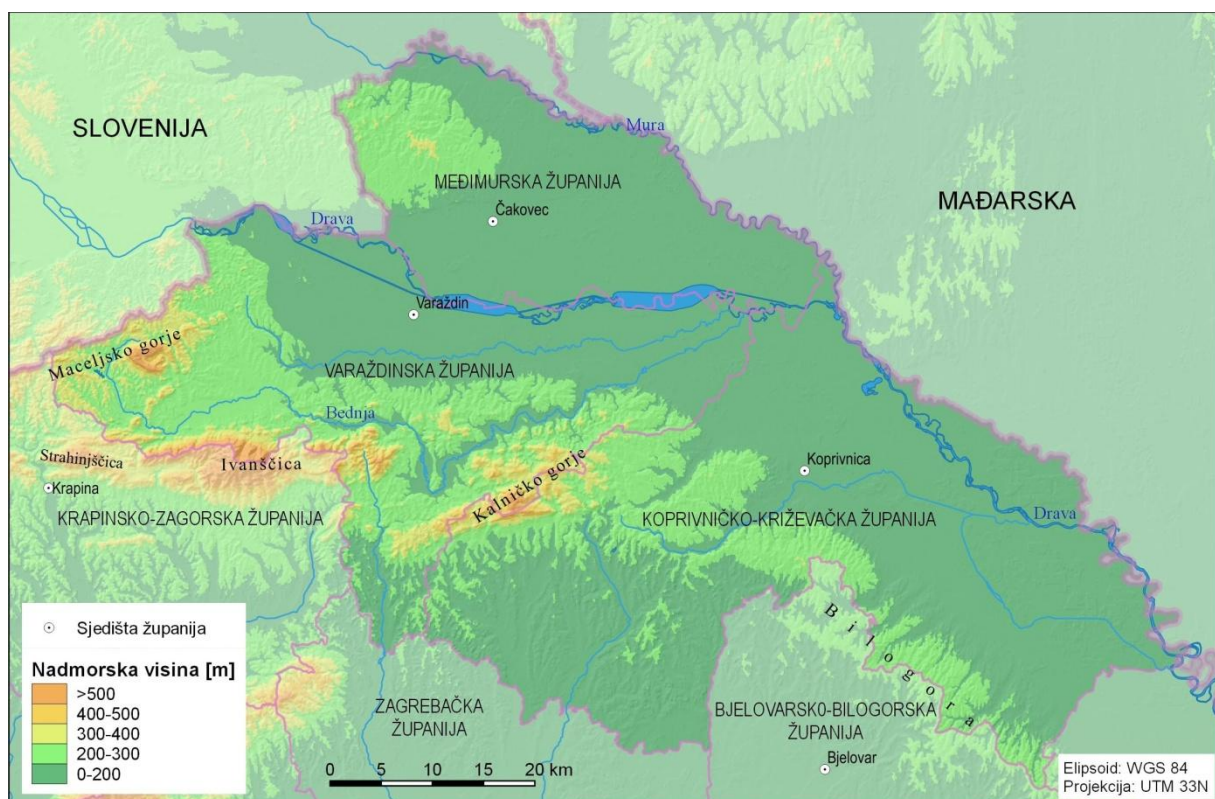
jedinstvenu gospodarsku, društvenu i prometnu cjelinu na čijem teritoriju se nalazi 694 naselja.

Prema Popisu stanovništva 2011. godine područje sjeverne Hrvatske brojilo je 405.339 stanovnika, što čini 9,5 % stanovništva Hrvatske (izvor: 10). Najveći broj stanovnika ima Varaždinska županija (175.951) što odgovara udjelu od 43,4 % stanovništva regije, dok je preostalo stanovništvo gotovo ravnomjerno raspoređeno između Koprivničko-križevačke (28,5 %) i Međimurske županije (28,1 % ukupnog stanovništva regije). Opća gustoća naseljenosti regije iznosi 108,5 stan./km², a valja napomenuti kako su Međimurska (156,1 stan./km²) i Varaždinska županija (139,4 stan./km²) s gustoćom naseljenosti gotovo dvostruko većom od državnog prosjeka (76,7 stan./km²), nakon Grada Zagreba, najgušće naseljene hrvatske županije.

Iako je sjeverna Hrvatska smještena uz slovensku i mađarsku granicu, njen granični karakter nije se negativno odrazio na razvijenost i prometnu povezanost tog prostora, već je upravo zahvaljujući svojoj povoljnoj lokaciji na kontaktu više kulturnih krugova (austrijski, mađarski) relativno rano cestovnim i željezničkim pravcima od šireg značaja povezana s okolnim većim gradskim središtima u Hrvatskoj te susjednim zemljama što je imalo brojne implikacije u njenom društvenom i gospodarskom razvoju. Vrednovanjem prirodnih, geopolitičkih te geostrateških vrijednosti i prednosti regije, istaknut je njen povoljan prometno-geografski položaj jer se u ovom prostoru križaju dva važna prometna koridora preko kojih se obavlja prometna povezanost i uključivanje Republike Hrvatske u europsku prometnu mrežu (slika 1) (Njegač, 2002). Primarno značenje ima transverzalni koridor europskog prometnog sustava koji nosi oznaku Vb te predstavlja prometno najpogodniju i najkraću vezu Srednje i Istočne Europe (preko tzv. „hrvatskog praga“) sa sjevernojadranskim lukama. Sekundarno značenje ima longitudinalni prometni pravac poznat pod nazivom Podravska magistrala, koji slijedi tok rijeke Drave i povezuje Republiku Hrvatsku sa zapadnim i istočnim susjedima (Feletar i Feletar, 2009).

Željeznički promet na području sjeverne Hrvatske ima dugu tradiciju i njegova je uloga u sveukupnom demografskom i gospodarskom razvoju nekada bila vrlo značajna. Prva željeznička pruga puštena u promet na današnjem teritoriju Republike Hrvatske još je 1860. godine povezivala naselja Kotoribu i Macinec u Međimurskoj županiji, dok je Varaždin 1886. godine željeznicom povezan sa Zagrebom (Varaždin – Zabok – Zaprešić – Zagreb), što je direktno utjecalo na tadašnji gospodarski razvoj tog kraja te stvorilo preduvjet za jaču

industrijalizaciju nakon Prvog svjetskog rata (Ilić, 1995). Najznačajniji suvremeni željeznički prometni pravci na istraživanom području su dionice Zaprešić – Varaždin – Čakovec koja je svrstana u prugu regionalnog značaja i iako je danas daleko manje važnija nego u prošlosti, još uvijek velikom dijelu lokalnog stanovništva omogućuje svakodnevno migriranje u veće centre rada (posebice Varaždin) te Varaždin – Koprivnica koja predstavlja zadnju dionicu tzv. „Podravske magistrale“ i ulazi u red značajnijih prometnica za ovo područje jer se između ostalog nastavlja na dionicu Zagreb – Koprivnica koja je od međunarodnog značaja te se sve više potiču ulaganja u njen razvoj i osuvremenjavanje infrastrukture.



Slika 2. Prirodno-geografska obilježja sjeverne Hrvatske

Prema fizičkogeografskoj regionalizaciji sjeverna Hrvatska pripada peripanonskom prostoru Središnje Hrvatske, a karakteriziraju je tri reljefne cjeline: ravničarsko područje uz dolinu rijeke Drave, zapadno brežuljkasto područje s gorskim masivom Ravne gore (686 m) te južno brežuljkasto područje uz Kalničko gorje (643 m) i najvišu planinu sjeverozapadne Hrvatske, Ivanščicu (1061 m) što značajno modificira prometne pravce te utječe na organizaciju gospodarskih aktivnosti u županiji (slika 2).

Najrašireniji elementi reljefa su naplavne ravni i brežuljkasti krajevi, pri čemu osobito veliku važnost u agrarnom iskorištavanju ima naplavna ravan velike debljine i plodnog tla koju je mijenjajući svoj položaj stvorila rijeka Drava. Brežuljkasta područja gdje je vertikalna raščlanjenost reljefa veća i izraženija, valorizirana su za uzgoj vinove loze čime čitavo područje ima dobru prirodnu resursnu osnovu za razvoj gastroturizma i enoturizma.

Kao i u ostatku peripanonske Hrvatske, na području sjeverne Hrvatske dominira kontinentalno-humidni tip klime (prema Köppenovoj klasifikaciji to je umjereno topla vlažna klima s toplim ljetom oznake *Cfb*). Na formiranje ovakvog tipa klime utjecaj ima Panonska nizina, planinski sustav Alpa, planinski sustav Dinarida te reljef promatranog prostora koji ima ulogu klimatskog modifikatora (Šegota i Filipčić, 1996). Karakteristike klime na području mjerne postaje Varaždin u proteklom tridesetogodišnjem razdoblju su umjereno topla i kišovita ljeta s prosječnom temperaturom 20° C te hladne zime s prosječnom temperaturom 1° C te čine povoljnu osnovu za organizaciju cjelokupne socioekonomske aktivnosti prostora.

Budući da je sjeverna Hrvatska tradicionalno agrarni kraj u kojem se rano javlja agrarna prenapučenost i viškovi radne snage, ona vrlo rano postaje emigracijsko područje. Osim prema inozemstvu i drugim krajevima Hrvatske, agrarna prenapučenost potaknula je iseljavanje stanovništva i prema županijskim centrima, odnosno Varaždinu, Čakovcu i Koprivnici koji demografski jačaju. Gradovi se šire duž glavnih prometnica te zapošljavaju velik dio agrarnog stanovništva okolice čime postaju pokretač polariziranog razvoja prostora. Urbano locirana industrijalizacija nakon Drugog svjetskog rata dovodi do procesa deagrarizacije i deruralizacije, te postaje pokretač intenzivne socijalne i prostorne mobilnosti stanovništva čije se posljedice očituju u socioekonomskoj, fizionomskoj i funkcionalnoj transformaciji prostora. Dolazi do napuštanja poljoprivrede kao temeljne egzistencijalne djelatnosti ruralnog prostora, a pod utjecajem grada mijenja se način života ljudi okolice. U uvjetima tržišne privrede i jačanjem procesa tercijarizacije dolazi do ekonomskog restrukturiranja i decentralizacije funkcije rada županijskih središta te nakon 1990-ih godina započinje razdoblje suburbanizacije i značajnije urbanizacije njihove okolice (Feletar i dr., 2010). I dalje prisutna socio-prostorna polarizacija između gradova koji demografski stagniraju te u kojima se koncentriraju radna mjesta, mlado obrazovano stanovništvo te kapital i investicije, i perifernih ruralnih područja koja demografski i funkcionalno atrofiraju nastoji se ublažiti izgradnjom i stavljanjem u funkciju brojnih novih poslovnih zona 2000-ih godina koje se nastavljaju na razvijenu tradiciju malog i srednjeg poduzetništva te čine sjevernu Hrvatsku jednim od gospodarski najprospulzivnijih dijelova Hrvatske.

2. CILJEVI RADA I HIPOTEZE

Predmet rada je kvantifikacija promjena zemljišnog pokrova na području sjeverne Hrvatske između 1981. i 2011. godine klasifikacijom *Landsat* satelitskih snimaka te utvrđivanje povezanosti prirodno-geografskih i društveno-geografskih faktora s tim promjenama pomoću regresijske analize.

Početni cilj istraživanja je odrediti zemljišni pokrov na području sjeverne Hrvatske za 1981. i 2011. godinu nadziranom klasifikacijom *Landsat*-ovih snimki. Potrebno je dokazati kako je primijenjena metoda pouzdana za utvrđivanje zemljišnog pokrova. Potom će se detektirati promjene zemljišnog pokrova razlikom između klasificiranih scena za 1981. i 2011. godinu. Ukoliko su promjene pokrova bile značajne, one će se povezati s različitim smjerom i intenzitetom prirodno-geografskih i društveno-geografskih varijabli, stvaranjem statističkih modela obične i prostorne linearne regresije. To će omogućiti tumačenje promjena zemljišnog pokrova i povezanih procesa u kontekstu regionalnog razvoja istraženog prostora.

Očekuje se da će rezultati ovoga znanstvenog istraživanja donijeti značajne spoznaje u domeni prostornog planiranja analiziranog područja. Budući da prostor sjeverne Hrvatske na međuzupanijskoj razini dosad nije bio objekt proučavanja procesa promjene zemljišnog pokrova i njihovog tumačenja, nužnost izvođenja ovakvog istraživanja sama se nameće. Naime, okoliš, kao paradigma iz koje proizlazi vizualni identitet prostora, je u neprestanoj promjeni. Prostorni planovi ili analize vezane za regionalni razvoj, ukoliko žele ostvariti zadovoljavajuću razinu kvalitete, u obzir moraju uzeti procese vezane uz promjene zemljišnog pokrova promatranog prostora. Rezultati ovog rada omogućit će uvid u navedenu problematiku i poslužiti kao segment u sintezi znanja u svrhu izrade strateških razvojnih dokumenata analiziranog prostora (prostornih planova, strategija razvoja, strategija zaštite okoliša) s ciljem njegove optimalne valorizacije te prosperitetnog, ujednačenog i održivog razvoja čitave regije.

Osim toga, model korišten prilikom ovog istraživanja može se primijeniti u svrhu analize i objašnjavanja promjene zemljišnog pokrova na području ostalih županija Republike Hrvatske, neovisno o njihovim sociodemografskim ili reljefnim karakteristikama.

Iz predstavljenih ciljeva i na temelju dosadašnjeg poznavanja problematike mogu se postaviti sljedeće, polazne hipoteze:

H 1 – Zemljišni pokrov u sjevernoj Hrvatskoj značajno se promijenio između 1981. i 2011. godine, što je moguće pouzdano odrediti nadziranom klasifikacijom satelitskih snimaka *Landsat-a*.

H 2 – Najznačajnija vrsta promjene zemljišnog pokrova u sjevernoj Hrvatskoj od 1981. do 2011. godine je prirodna sukcesija, odnosno povećanje udjela prirodne vegetacije.

H 3 – Količina promjena zemljišnog pokrova ovisi o porastu ili padu nadmorske visine i nagiba.

H 4 – Na istraživanom području postoji pozitivna korelacija između procesa depopulacije, starenja stanovništva, smanjenja zaposlenih u poljoprivredi i procesa prirodne sukcesije.

H 5 – Na istraživanom području postoji pozitivna korelacija između porasta broja stanovnika i povećanja izgrađenog zemljišta.

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

3.1. Daljinska istraživanja

„Fotogrametrija i daljinska istraživanja jesu vještina, znanost i tehnologija dobivanja pouzdanih kvantitativnih informacija o fizičkim objektima na Zemlji i okolišu – procesom zabilježbe, mjerenja, analiziranja i interpretacije fotografskih snimaka i scena elektromagnetskoga zračenja, dobivenih senzorskim sustavima“ (*International Society of Photogrametry and Remote Sensing* prema Bušljeta-Vdović, 2006, 248).

Satelitske snimke dobivene daljinskim istraživanjima bogat su izvor prostornih podataka za mnoge znanstvene discipline, uključujući i geografiju (Valozić, 2015a, 2015b). Njihove su prednosti što omogućuju relativno brz i neposredan uvid u stanja i procese na Zemljinoj površini, a budući da sateliti kontinuirano snimaju Zemlju već četiri desetljeća, mogu se analizirati povijesne promjene zemljišnog pokrova na regionalnoj i globalnoj razini. Prisutni su pozitivni trendovi povećanja kvalitete snimaka uz istodobno smanjenje financijskih i vremenskih zahtjeva istraživanja (Campbell, 2006; Cvitanović, 2014a, 2014b).

Karakteristike koje opisuju kvalitetu satelitskih snimki su: geometrijska, spektralna, radiometrijska i vremenska razlučivost. Geometrijska razlučivost označava najmanji detalj na zemljištu koji se može registrirati na snimci, a obično se izražava veličinom ćelije (piksela).¹ Spektralna razlučivost upućuje na raspon valnih duljina i broj kanala snimljenog emitiranog ili reflektiranog elektromagnetskog zračenja. Prije su se koristile optičke kamere za snimanje vidljive svjetlosti, no danas se snimaju i ultraljubičasto, infracrveno i mikrovalno zračenje. Takvi sustavi zovu se multispektralni, odnosno hiperspektralni. Radiometrijska razlučivost iskazuje se brojem nijansi svjetline koje senzor može razlikovati (dubina bita). Vremenska razlučivost je učestalost snimanja istog područja (Bušljeta-Vdović, 2006; Campbell, 2006).

Obrada i klasifikacija snimki provodi se u svrhu interpretacije prostornih sadržaja. Obrada uključuje geometrijsku, radiometrijsku, atmosfersku i topografsku korekciju, preuzorkovanje, reprojiciranje, spajanje itd., kako bi se stvorili preduvjeti za klasifikaciju (Girard i Girard, 2003; Horvat, 2013). Klasifikacija je proces razvrstavanja spektralnih vrijednosti ćelija u skupine sa zajedničkim karakteristikama koje predstavljaju kategoriju zemljišnog pokrova. Metode klasifikacije, s obzirom na angažman stručnjaka, mogu se podijeliti na *nenadzirane* i

¹ Geometrijska ili prostorna razlučivost nije isto što i razlučivost slike. Ako satelit može snimiti najmanji detalj dimenzija 10×10 m, povećanje broja piksela slike (razlučivosti slike) neće omogućiti detekciju objekata manjih od 10×10 m jer će se jedna ćelija s određenom vrijednosti samo podijeliti na veći broj ćelija s istom vrijednosti.

nadzirane. U nenadziranim metodama zadaje se samo broj klasa i algoritam prema kojem se vrši klasifikacija. Kod nadzirane klasifikacije operater ručno definira uzorke klasa prema kojima se softver „trenira“ i klasificira ostatak scene ili se pak (rijetko) provodi potpuna ručna klasifikacija cijele scene (Horning, 2004). Ovisno o primarnoj jedinici klasifikacije, razlikuju se metode bazirane na ćelijama i objektima. Objekti nastaju grupiranjem bliskih ćelija sa sličnim vrijednostima pomoću segmentacije (Blaschke, 2010; Valožić, 2015b).

Postoji više *klasifikacijskih shema* kojima se iscrpno definiraju kategorije zemljišnog pokrova. Klasifikacijska shema bira se ovisno o namjeni istraživanja, a najpoznatiju su načinili Anderson i suradnici (1976).

3.1.1. Izvori i obrada podataka za klasifikaciju

Osnovni izvor podataka bile su multispektralne satelitske snimke prikupljene misijom *Landsat*, a preuzete su sa servisa *EarthExplorer* Agencije za geologiju Sjedinjenih Američkih Država (USGS) (izvor: 1). Prilikom pretraživanja snimki vodilo se računa da pokrivaju isti prostor sjeverne Hrvatske, da budu dostupni svi izvorni kanali (*Level 1 Data Product*), da na njima ne bude oblaka, da budu u istom godišnjem dobu (ljetu) radi fenološke usklađenosti i da za tu godinu postoje točniji referentni podaci radi kontrole klasifikacije. Snimke su preuzete u GeoTIFF formatu, unaprijed georeferencirane i georektificirane u koordinatnom sustavu WGS 84 UTM 33N. Njihove detaljne karakteristike prikazane su u tablici 1. Rezolucija snimki usklađena je povećanjem broja ćelija na snimkama *Landsat-a 2*, odnosno smanjivanjem njihovih dimenzija na 30×30 m. Dodatno su sve snimke izrezane na prostorni obuhvat istraživanja. Pri klasifikaciji nisu korišteni kanali iz termalnog dijela spektra.

Tablica 1. Karakteristike satelitskih snimki upotrijebljenih u istraživanju

| WRS:P/R | Datum | Senzor | Broj kanala | Rezolucija | Format | Projekcija |
|-----------|--------------|----------------------|-------------|------------|---------|------------|
| 1:204/028 | 2. 7. 1981. | <i>Landsat 2 MSS</i> | 4 | 60 m* | GeoTIFF | UTM33N |
| 2:189/028 | 22. 6. 2011. | <i>Landsat 5 TM</i> | 7 | 30 m | GeoTIFF | UTM33N |

* Izvorna veličina ćelija bila je 79×57 m; proizvodni sustavi sada preuzorkuju podatke na 60 m.

Izvor: 3.

Dopunski prostorni podaci služili su za kontrolu klasifikacije: hrvatska osnovna karta u mjerilu 1 : 5000 iz 1979. – 1983. godine (izvor: 15) i digitalna ortofoto karta u mjerilu 1 : 5000 iz 2011. godine (izvor: 14) preko WMS-a Geoportala Državne geodetske uprave.

3.1.2. Klasifikacija scena

Scene su klasificirane nadziranom metodom u *GRASS GIS*-u, korištenjem algoritma *sequential maximum a posteriori (SMAP) estimation*. SMAP algoritam iskorištava činjenicu da susjedne ćelije na sceni vjerojatno imaju istu klasu. Djeluje tako što segmentira scenu u raznim mjerilima ili rezolucijama i koristi segmentacije u grubom mjerilu kako bi se upravljale segmentacije u finijem mjerilu (izvor: 4).

Uzorci klasa za treniranje birani su na temelju „*true colour*“ (crveni, zeleni i plavi kanal) i „*false colour*“ (koriste se kanali iz infracrvenog i vidljivog dijela spektra) RGB kompozita, te uz pomoć referentnih podataka više točnosti u programu *QGIS 2.14*. S obzirom da se klasa izgrađenih područja redovito najviše miješa s drugim klasama jer se sastoji od mozaika zgrada, vegetacije i tla, klasifikacija je po preporukama odvojeno provedena za izgrađena i ostala područja (Horvat, 2013). Pri tome su izgrađena područja ručno izdvojena za 1981. s topografske karte 1 : 100 000 preko WMS servisa Državne geodetske uprave (izvor: 17), a za 2011. s digitalne ortofoto karte u mjerilu 1 : 5000 iz 2011. godine (izvor: 14). Nakon završene cjelokupne klasifikacije, provedeno je filtriranje modalnim filterom veličine 3×3 ćelije radi uklanjanja šumova.

Prvotno je planirana klasifikacijska shema od pet klasa: *izgrađeno*, *poljoprivredno*, *trava i šikara*, *šuma* te *voda*. Međutim, zbog slabe separabilnosti klasa *trave i šikare* sa *šumom* uslijed sličnog spektralnog odziva klorofila, odlučeno je da će se te dvije klase spojiti u klasu *prirodna vegetacija* (tablica 2).

Tablica 2. Klasifikacijska shema u istraživanju

| Klasa | Opis |
|---------------------|--|
| voda | jezera, ribnjaci i vodotoci |
| izgrađeno | urbana, ruralna naselja i prometnice |
| poljoprivredno | poljoprivredno zemljište pod jednogodišnjim ili trajnim nasadima, oranice, livade |
| prirodna vegetacija | sukcesija na poljoprivrednom zemljištu, visoka trava, močvare, šikare, šume i šumsko zemljište |

3.1.3. Procjena točnosti klasifikacije

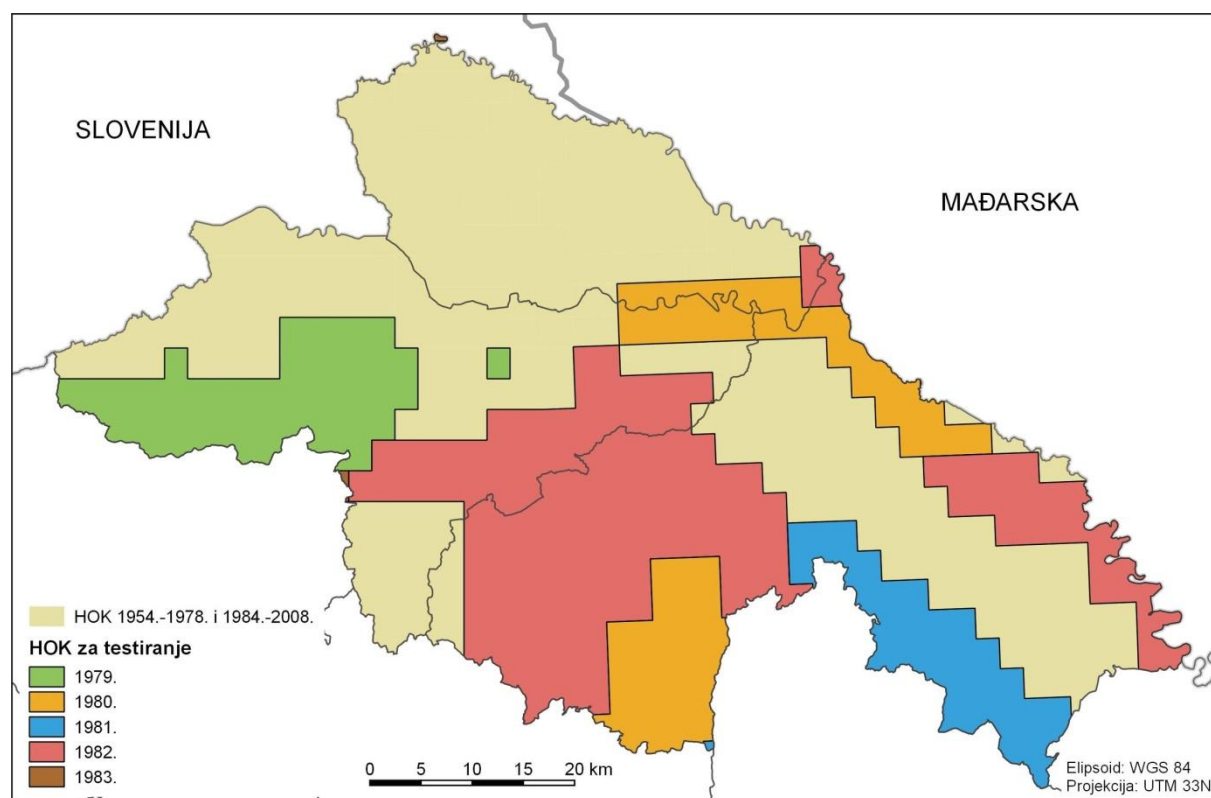
Procjena točnosti klasifikacije provedena je matricom konfuzije i kapa koeficijentom, kao najčešće korištenim metodama u citiranoj literaturi (Story i Congalton, 1986; Congalton, 1991; Horvat, 2013; Cvitanović, 2014a, 2014b; Valozić, 2015a, 2015b). Matrica konfuzije nastaje usporedbom referentnih (*a priori* točnih) i klasificiranih podataka. Ukupna točnost

računa se dijeljenjem članova na dijagonali s ukupnim brojem uzoraka, dok članovi izvan dijagonale predstavljaju greške uključenja i isključenja. Iako je ovaj postupak jednostavan i vrlo informativan, postoje nedostaci koji proizlaze iz mogućnosti slučajne ispravne klasifikacije određenog broja točaka. Stoga se uz matricu konfuzije često koristi i tzv. *kapa koeficijent* koji se računa iz tablice matrice konfuzije pomoću formule:

$$K = (\text{opaženo} - \text{očekivano}) / (1 - \text{očekivano}).$$

„Očekivano“ označava procijenjeni doprinos slučajnosti u opaženom postotku točnosti. Računa se pomoću suma redova i stupaca te umnožaka njihovih marginalnih vrijednosti, odnosno onih koje se nalaze izvan dijagonale na kojoj su položene točno klasificirane vrijednosti (Campbell, 2006 prema Cvitanović, 2014b).

Uzorci za testiranje klasifikacija generirani su slučajno u *ArcGIS*-u bez uvjeta minimalne udaljenosti na području za koje su postojali referentni podaci. To znači da su uzorci za 2011. godinu bili raspršeni na cijelom području triju županija jer DOF5 iz 2011. pokriva cijelu Hrvatsku. Uzorkovanje za 1981. godinu bilo je složenije jer je HOK5 rađena u vremenskom razdoblju 1954. – 2010. godine (izvor: 5). Zato je trebalo identificirati karte koje su vremenski odstupale maksimalno ± 2 godine od 1981. godine pomoću metapodataka (slika 3).



Slika 3. Područja za izbor testnih uzoraka s HOK5 za klasifikaciju 1981. godine

Kada je generirano po 500 točaka za scene 1981. i 2011., iz njih su u *GRASS GIS*-u stvoreni poligoni dimenzija 30×30 m koji su još poravnani s rasterom klasificirane scene. „Prave“ vrijednosti klasa očitane su s HOK5, odnosno DOF5 i upisane u atributivnu tablicu (slika 4).



Slika 4. Prikupljanje testnog uzorka s DOF5 za 2011. godinu

Ciljana točnost klasifikacije za *Landsat*-ove snimke trebala bi iznositi 85 %, a točnost interpretacije svih kategorija trebala bi biti podjednaka (Lillesand i dr., 2008; Cvitanović, 2014a, 2014b; Valozić, 2015b). Međutim, analiza uspješnosti klasifikacije satelitskih snimaka u 25 znanstvenih radova objavljenih u međunarodnim časopisima 1994. i 1995. otkrila je prosječno postignutu točnost klasifikacije od 59 % (Trodd, 1995). Karte izrađene u sklopu *Međunarodnog programa za geosferu i biosferu (IGBP)* imale su prosječnu točnost od 67 %, što je znatno ispod ciljanih 85 % točnosti (Cvitanović, 2014a, 2014b).

Tablica 3. Matrica konfuzije klasifikacije zemljišnog pokrova u sjevernoj Hrvatskoj za 1981. godinu

| | | Referentni podaci | | | | | Korisnička točnost (%) |
|----------------------|-------------|------------------------|-------------|------------|------|--------|------------------------|
| | | Izgrađeno | Poljoprivr. | Vegetacija | Voda | Ukupno | |
| Klasificirani podaci | Izgrađeno | 12 | 5 | 0 | 0 | 17 | 70,6 |
| | Poljoprivr. | 12 | 217 | 29 | 2 | 260 | 83,5 |
| | Vegetacija | 1 | 14 | 186 | 1 | 202 | 92,1 |
| | Voda | 0 | 1 | 0 | 20 | 21 | 95,2 |
| | Ukupno | 25 | 237 | 215 | 23 | 500 | |
| | | 48,0 | 91,6 | 86,5 | 87,0 | | Uk. točnost 87 % |
| | | Proizvodna točnost (%) | | | | | Kapa koef. 0,78 |

Ukupna postignuta točnost klasifikacije zemljišnog pokrova u sjevernoj Hrvatskoj za 1981. godinu iznosi 87 % što se poklapa s ciljanom točnošću u literaturi. Tome svjedoči i kapa koeficijent od 0,78. Smatra se da vrijednosti kapa koeficijenta između 0,41 i 0,6 predstavljaju umjerenu točnost u klasifikaciji, vrijednosti između 0,61 i 0,8 visoku točnost, a vrijednosti više od 0,8 vrlo visoku točnost klasifikacije (Viera i Garrett, 2005; Cvitanović, 2014b). Najproblematičnija klasa je izgrađeno, što je očekivano. U toj klasi prisutna je najveća razlika između proizvodne točnosti, koja označava točnost u odnosu na referentne podatke, i korisničke točnosti, koja označava pouzdanost u odnosu na klasificirane podatke. Razlog tome je ručno izdvajanje klase izgrađeno s karte sitnijeg mjerila, zbog čega su raspršena izgrađena područja isključena iz klasifikacije. Ono što je moglo biti klasificirano kao izgrađeno, klasificirano je s pouzdanošću od 70 %. Budući da je klasa izgrađeno površinom mala, važnije je bilo smanjiti pogreške uključenja, nego isključenja. Ostale klase izdvojile su se s visokom točnošću (tablica 3).

Tablica 4. Matrica konfuzije klasifikacije zemljišnog pokrova u sjevernoj Hrvatskoj za 2011. godinu

| | | Referentni podaci | | | | | |
|----------------------|-------------|------------------------|-------------|------------|------|--------|--------------------|
| | | Izgrađeno | Poljoprivr. | Vegetacija | Voda | Ukupno | |
| Klasificirani podaci | Izgrađeno | 24 | 6 | 0 | 0 | 30 | 80,0 |
| | Poljoprivr. | 11 | 238 | 34 | 1 | 284 | 83,8 |
| | Vegetacija | 0 | 10 | 160 | 0 | 170 | 94,1 |
| | Voda | 0 | 0 | 1 | 14 | 15 | 93,3 |
| | Ukupno | 35 | 254 | 195 | 15 | 499 | |
| | | 68,6 | 93,7 | 82,1 | 93,3 | | Uk. točnost 87,4 % |
| | | Proizvodna točnost (%) | | | | | Kapa koef. 0,78 |

Ukupna točnost i kapa koeficijent klasifikacije za 2011. godinu gotovo su identični onima za 1981. godinu. Ipak, klasa izgrađeno je klasificirana nešto uspješnije jer je ručno izdvajanje provedeno s HOK5 iz 2011. godine. U usporedbi s drugim domaćim radovima slične tematike (Valozić i Cvitanović, 2011; Horvat, 2013; Cvitanović, 2014a i 2014b; Valozić, 2015a i 2015b), može se zaključiti kako je klasifikacija provedena sa zadovoljavajućom točnošću (tablica 4).

3.2. Regresijska analiza

Analize i modeliranja faktora koji su povezani s promjenama zemljišnog pokrova važni su za objašnjavanje i projekciju tog procesa u budućnosti. U studijama koje se bave takvim istraživanjima, često se koriste različiti modeli regresijske analize (Millington i dr., 2007; Serra i dr., 2008; Kolb i dr., 2013).

Regresijska analiza omogućuje određivanje statističke povezanosti između jedne zavisne varijable i jedne ili više nezavisnih. Veza između varijabli može biti pozitivna ili negativna, što određuje vrijednost koeficijenta nezavisne varijable. Prilikom interpretacije regresijske analize moguće je izračunati i *varijancu procjene kriterijske varijable* koja se obično označava kao R^2 te naziva *koeficijentom determinacije*. Interpretira se kao mjera efikasnosti regresije, tj. njezina eksplanatorna snaga. Ona objašnjava koliko je model uspješan, odnosno koliko varijance zavisnih podataka objašnjava varijanca nezavisnih varijabli (Reimann i dr., 2008, prema Cvitanović, 2014b).

U ovom istraživanju regresijska analiza je provedena pomoću alata prostorne statistike u softveru *ArcGIS 10.3*. Kao osnovne jedinice analize uzete su općine jer su za njihov prostorni obuhvat dostupne sve demografske i socioekonomske varijable. Za zavisnu varijablu uzeti su podaci o promjeni zemljišnog pokrova koji su svedeni na razinu općina, tj. izračunat je udio njihove površine u površini cijele općine.

Presjekom scena klasificiranih u četiri klase za 1981. i 2011. godinu dobiveno je 12 kombinacija promjena zemljišnog pokrova. Međutim, nisu sve promjene bile jednako relevantne u promatranom prostoru s obzirom na uzroke nastanka ili površinu koju su zauzimale. Primjerice, promjene svih klasa u vodu najviše su bile posljedica planske izgradnje akumulacijskih jezera Dubrava i Varaždinskog jezera, te ih nije imalo smisla objašnjavati modelom regresije. Stoga su promjene zemljišnog pokrova podijeljene u tri kategorije:

1. Promjena poljoprivrednog zemljišta u prirodnu vegetaciju – prirodna sukcesija
2. Promjena poljoprivrednog zemljišta i prirodne vegetacije u izgrađeno zemljište
3. Promjena prirodne vegetacije u poljoprivredno zemljište – intenzifikacija

Svaka od navedenih kategorija uzeta je kao zavisna varijabla u zasebnom modelu.

Nezavisne varijable izabrane su na temelju poznavanja problematike područja i radova koji se bave sličnim istraživanjima (De Freitas i dr., 2013; Cvitanović, 2014b). Za demografske i socioekonomske varijable korišteni su podaci iz popisa stanovništva SR Hrvatske 1981.

godine (izvor: 6; 7; 8; 9) i Republike Hrvatske 2011. godine preuzeti s Državnoga zavoda za statistiku (izvor: 10; 11; 12; 13). Budući da se administrativno-teritorijalni obuhvat današnjih upravnih gradova i općina razlikuje od onoga 1981. godine, podatke je trebalo prilagoditi današnjem stanju. Digitalni model reljefa koji je služio za izvođenje prirodno-geografskih varijabli preuzet je s internetske stranice Europske agencije za okoliš (izvor: 2). Njegova izvorna prostorna rezolucija bila je 25 m, a projekcija ETRS89 LAEA, zbog čega je preuzorkovan na 30 m metodom najbližeg susjeda u projekciju WGS 84 UTM 33N. Nagibi su izračunati u programu *ArcGIS 10.3*, te su kasnije reklasificirani u pet standardnih razreda (0 – 2°, 2 – 5°, 5 – 12°, 12 – 32° i više od 32°). Nadmorske visine također su reklasificirane u pet pojasa (0 – 200, 200 – 300, 300 – 400, 400 – 500 i više od 500 m).

Odabrane varijable:

- Gustoća naseljenosti
- Indeks starosti
- Udio visokoobrazovanih u ukupnom stanovništvu
- Udio poljoprivrednika u zaposlenom stanovništvu
- Udio teritorija općine s nadmorskom visinom do 200 m
- Udio teritorija općine s nadmorskom visinom od 200 do 300 m
- Udio teritorija općine s nadmorskom visinom od 300 do 400 m
- Udio teritorija općine s nadmorskom visinom od 400 do 500 m
- Udio teritorija općine s nadmorskom visinom iznad 500 m
- Udio teritorija općine s nagibom do 2°
- Udio teritorija općine s nagibom od 2 do 5°
- Udio teritorija općine s nagibom od 5 do 12°
- Udio teritorija općine s nagibom od 12 do 32°
- Udio teritorija općine s nagibom iznad 32°

Za sve četiri društveno-geografske varijable uključene su popisne godine 1981. i 2011. te njihovi indeksi promjene.

Linearnost veze između zavisne i nezavisnih varijabli utvrđena je prikazom na dijagramu raspršenosti. U inicijalni model uključene su ukupno 22 varijable: 10 prirodno-geografskih i 12 društveno-geografskih koje su detaljno izložene u Prilozima. Pomoću alata *Exploratory Regression* istražena je multikolinearnost varijabli te su određeni optimalni modeli za prirodnu sukcesiju i promjenu zemljišnog pokrova u izgrađeno. U završne modele uključene

su samo statistički značajne varijable koje su doprinosile njegovoj eksplanatornoj snazi. U slučaju prirodne sukcesije uključene su četiri varijable, a za promjenu pokrova u izgrađeno zemljište tri varijable. Navedeni modeli korišteni su u analizama globalne i lokalne regresije. Za treću kategoriju, promjenu iz poljoprivrednog zemljišta u prirodnu vegetaciju, nije utvrđen statistički značajan model.

3.2.1. Linearna regresija metodom najmanjih kvadrata

Jednadžba za izračunavanje:

$$y_n = \sum_{i=0}^k \beta_i x_{ni} + \varepsilon_n \quad (1)$$

gdje je y vrijednost zavisne varijable, β vrijednost koeficijenta nezavisne varijable, x vrijednost nezavisne varijable, a ε odstupanje od funkcionalnog odnosa.

Linearna regresija metodom najmanjih kvadrata početna je točka za sve prostorne regresijske analize jer predstavlja globalni model istraživane varijable ili procesa. Ona izračunava jedinstvenu regresijsku jednadžbu koja se odnosi na cijelo istraživano područje.

Optimalni modeli za proces prirodne sukcesije i porasta izgrađenog zemljišta, koji su određeni u prethodnom koraku, uvršteni su u analizu globalne regresije pomoću alata *Ordinary Least Squares* (OLS). Prostorna zavisnost modela istražena je metodom prostorne autokorelacije odstupanja od linije regresije pomoću alata *Spatial Autocorrelation (Moran's I)*. Dobiveni rezultati potvrdili su važnost upotrebe prostornog regresijskog modela na temelju dokazane prostorne autokorelacije u modelima.

3.2.2. Prostorna regresijska analiza

Za razliku od globalnog modela regresije koji karakterizira stacionarnost, prostorna regresijska analiza predstavlja nestacionarni model. Temeljna pretpostavka jest da veze između varijabli lokalno variraju čime se naglašava postojanje različitosti u prostoru (Fotheringham i dr., 2002). U ovom radu prostorna regresijska analiza provedena je pomoću alata *Geographically Weighted Regression* (GWR) koji pruža lokalni model prilagođavajući regresijsku jednadžbu svakoj jedinici analize (općini).

Jednadžba za izračunavanje:

$$y_n = \sum_{i=0}^k \beta_i(u_n, v_n) x_{ni} + \varepsilon_n \quad (2)$$

gdje u i v predstavljaju koordinate n -te točke u prostoru, a je realizacija kontinuiranog prostora vrijednosti koeficijenta (Fotheringham i dr., 2002).

GWR procjenjuje vrijednost koeficijenta za svaku općinu na temelju podskupa najbližih centroida susjednih općina putem euklidske udaljenosti između točaka. U ovom istraživanju upotrebljena je metoda prilagođene *Gaussove jezgrene funkcije* s proizvoljno odabranim brojem susjeda. Optimalni GWR modeli za proces prirodne sukcesije i porasta udjela izgrađenog zemljišta odabrani su minimalizacijom *Akaike informacijskog kriterija*, koji je prikladnija mjera usporedbe i odabira konačnog modela od R^2 (Fotheringham i dr., 2002).

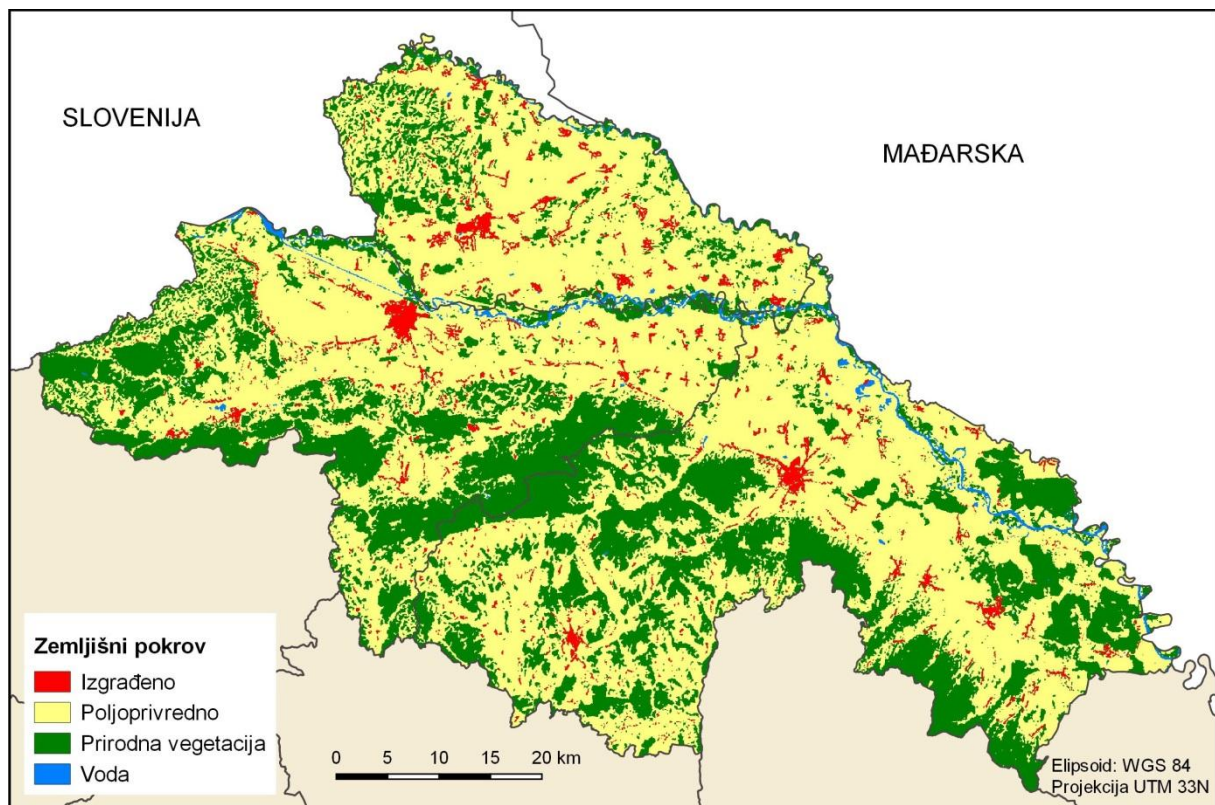
Prostorna zavisnost modela također je istražena metodom prostorne autokorelacije pomoću alata *Spatial Autocorrelation (Moran's I)* kako bi se dobivene vrijednosti usporedile s prethodnom analizom prostorne autokorelacije odstupanja za model OLS-a.

4. REZULTATI

4.1. Kvantificiranje promjena po županijama i kategorijama

Prije samih promjena, najprije će se utvrditi stanje zemljišnog pokrova za 1981. godinu, ukupno i po županijama, a zatim i za 2011. godinu. Nakon kvantificiranja promjena, posebno će se istaknuti dominantni procesi promjena zemljišnog pokrova.

4.1.1. Zemljišni pokrov sjeverne Hrvatske 1981. godine



Slika 5. Klasifikacija zemljišnog pokrova u sjevernoj Hrvatskoj 1981. godine

Sjeverna je Hrvatska tradicionalno agrarni prostor. Sukladno tome, najveći dio zemljišnog pokrova 1981. godine pokrivala su poljoprivredne površine – čak 2318,9 km² ili 62,1 % ukupne površine. Sljedeću klasu po zastupljenosti činila je prirodna vegetacija koja je zauzimala 1226,9 km² (32,8 %), najveći dio toga na padinama Kalničkog i Maceljskog gorja, Ivanščice i Bilogore. Umjetno izgrađeni objekti prostirali su se na 143,6 km² (3,8 %), a najmanji dio činila je voda, 47,2 km² ili 1,3 % ukupne površine (slika 5).

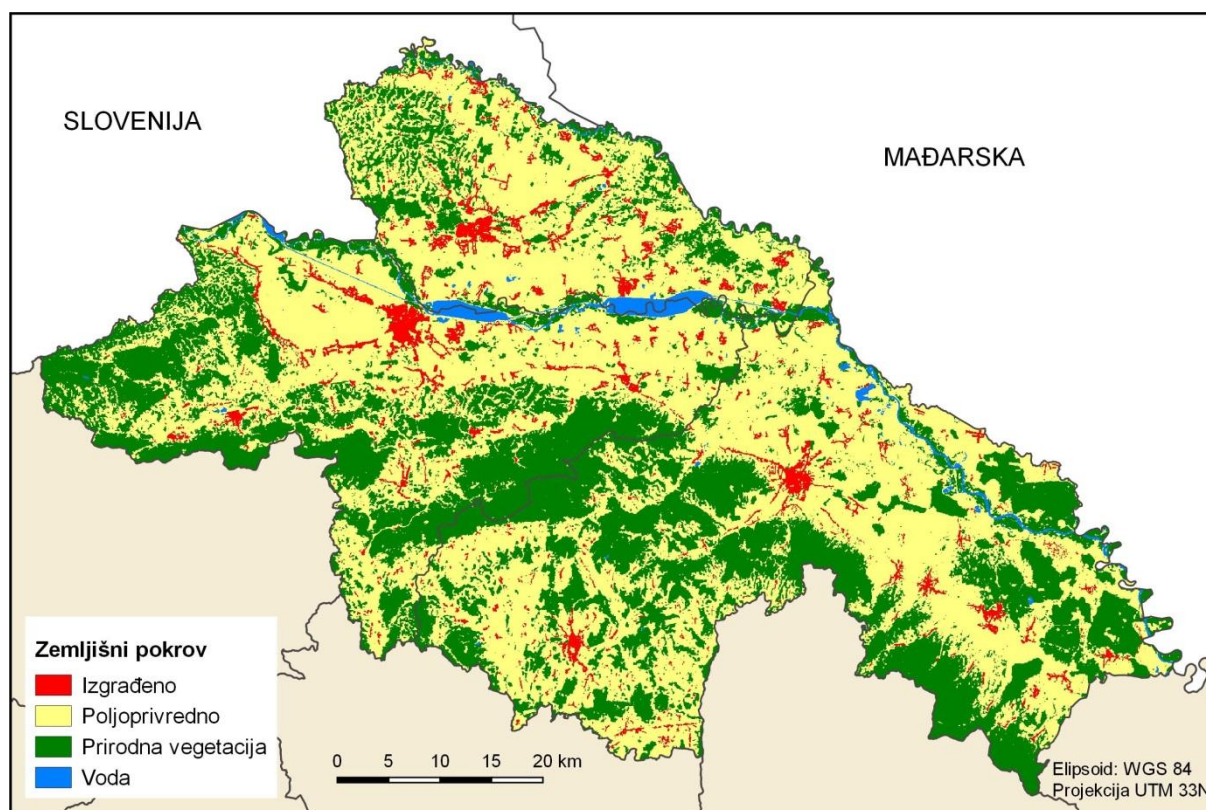
Na razini županije nije bilo velikih razlika, no strukturom zemljišnog pokrova isticala se Međimurska županija, dok su ostale dvije imale podjednak udio svih klasa 1981. godine

(tablica 5). Najvećim dijelom zbog reljefne konfiguracije, Međimurska županija imala je manji udio površine prekriven prirodnom vegetacijom, a veći udio pod poljoprivrednim površinama. Osim toga, imala i najveći udio umjetno izgrađenih objekata 1981. godine. Takva struktura zemljišnog pokrova odražava i gustoću naseljenosti koja je u Međimurskoj županiji najveća u odnosu na druge županije u Hrvatskoj.

Tablica 5. Zemljišni pokrov po županijama sjeverne Hrvatske 1981. godine

| | Koprivničko-križevačka | | Međimurska | | Varaždinska | |
|---------------------|------------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|
| | (km ²) | Udio (%) | (km ²) | Udio (%) | (km ²) | Udio (%) |
| Voda | 21,50 | 1,23 | 10,45 | 1,44 | 15,14 | 1,20 |
| Izgrađeno | 53,12 | 3,04 | 41,77 | 5,74 | 48,65 | 3,86 |
| Poljoprivredno | 1047,45 | 59,99 | 542,72 | 74,53 | 727,82 | 57,75 |
| Prirodna vegetacija | 624,04 | 35,74 | 133,22 | 18,30 | 468,63 | 37,19 |

4.1.2. Zemljišni pokrov sjeverne Hrvatske 2011. godine



Slika 6. Klasifikacija zemljišnog pokrova u sjevernoj Hrvatskoj 2011. godine

Usljed divergentnih procesa deagrarizacije i urbanizacije, u promatranom razdoblju smanjio se udio poljoprivrednih površina u sjevernoj Hrvatskoj, no i 2011. godine to je bila najzastupljenija klasa s 2109,8 km² (56,4 %). Istovremeno, površine prekrivene prirodnom

vegetacijom su se proširile na 1391,7 km² ili 37,2 %. Umjetno izgrađeni objekti također su povećali površinu, 2011. godine činili su 176,0 km² ili 4,7 % ukupne površine (slika 6). Klasa s najmanjom površinom 2011. godine opet je bila voda, ali je osjetno povećala svoju površinu na 60,2 km² (1,6 %) – glavni su razlog antropogeni zahvati kojima su izgrađena dva akumulacijska jezera na rijeci Dravi. Na Varaždinskom jezeru 1982. godine izgrađena je HE Čakovec, a na Dubravskom jezeru 1989. godine HE Dubrava (Režek, 2003).

Razlike struktura zemljišnog pokrova po županijama 2011. godine bile su nešto neujednačenije no u prethodnom razdoblju (tablica 6). I dalje se najvećim udjelom izgrađenih i poljoprivrednih površina isticala Međimurska županija, no udio klase prirodna vegetacija značajno je povećan. S nastavkom prirodne sukcesije, u Koprivničko-križevačkoj i Varaždinskoj županiji udio površine pod prirodnom vegetacijom približio se udjelu poljoprivrednog zemljišta.

Tablica 6. Zemljišni pokrov po županijama sjeverne Hrvatske 2011. godine

| | Koprivničko-križevačka | | Međimurska | | Varaždinska | |
|---------------------|------------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|
| | (km ²) | Udio (%) | (km ²) | Udio (%) | (km ²) | Udio (%) |
| Voda | 16,72 | 0,96 | 21,18 | 2,91 | 22,18 | 1,75 |
| Izgrađeno | 60,16 | 3,45 | 52,90 | 7,26 | 62,92 | 4,99 |
| Poljoprivredno | 962,33 | 55,11 | 485,35 | 66,65 | 660,50 | 52,41 |
| Prirodna vegetacija | 707,20 | 40,50 | 168,74 | 23,17 | 514,63 | 40,84 |

4.1.3. Promjene zemljišnog pokrova sjeverne Hrvatske 1981. – 2011. godine

Unakrsnim tabeliranjem klasificiranih scena dobivene su apsolutne i relativne bruto promjene zemljišnog pokrova 1981. – 2011. u sjevernoj Hrvatskoj (tablica 7). Sumirani stupci i reci sadrže apsolutne površine klasa pokrova za 1981. i 2011. godinu. Na dijagonali su površine klasa koje su ostale nepromijenjene, a vrijednosti izvan dijagonale predstavljaju raspodjelu promjena klasa. Konačne razlike iskazane su u odnosu na početne površine pojedinih klasa.

Tablica 7. Bruto promjene zemljišnog pokrova u sjevernoj Hrvatskoj 1981. – 2011. godine

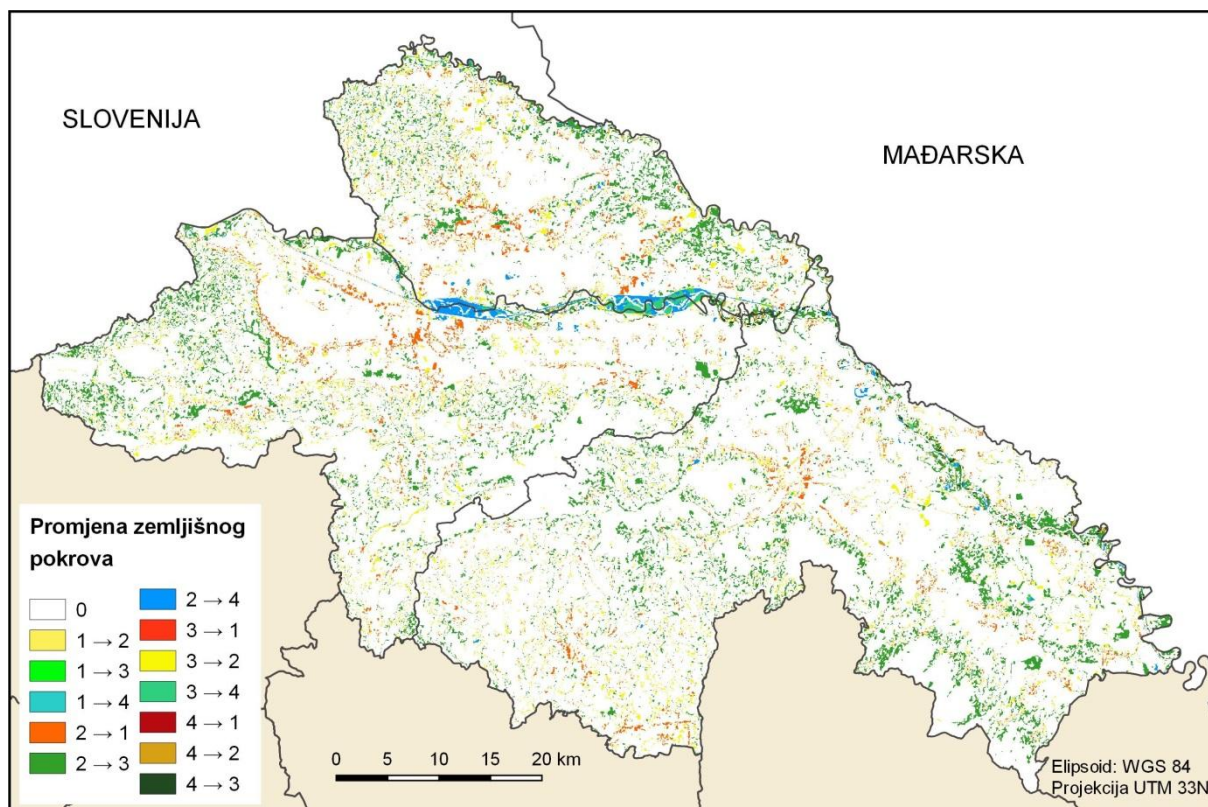
| | | 2011. | | | | Ukupno 1981. |
|----------------------------------|--|-------|-----------|----------------|---------------------|-----------------|
| | | Voda | Izgrađeno | Poljoprivredno | Prirodna vegetacija | |
| 1981. | Voda (km ²) | 28,13 | 0,05 | 9,94 | 9,12 | 47,24 |
| | Izgrađeno (km ²) | 0,02 | 110,66 | 31,93 | 1,11 | 143,59 |
| | Poljoprivredno (km ²) | 21,19 | 61,88 | 1968,11 | 267,66 | 2318,94 |
| | Prirodna vegetacija (km ²) | 10,84 | 3,40 | 98,83 | 1113,80 | 1226,88 |
| Ukupno 2011. (km ²) | | 60,18 | 175,98 | 2108,80 | 1391,69 | 3736,65 |
| Δ 1981.-2011. (km ²) | | 12,94 | 32,39 | -210,14 | 164,81 | 420,28 |
| Δ 1981.-2011. (%) | | 27,40 | 22,56 | -9,06 | 13,43 | 11,25 |
| Udio uk. promjene (%) | | 3,08 | 7,71 | -50,00 | 39,21 | 100,00 |

Ukupni udio neto promjena klasa pokrova u odnosu na površinu istraživanog prostora iznosio je 11,25 %. Ukupni udio bruto promjena (sve iznad dijagonale) bio je 13,8 %, budući da su se neke promjene suprotnog predznaka poništile u konačno evidentiranim promjenama zemljišnog pokrova. Površina poljoprivrednog smanjila se više od 9 % u odnosu na početnu godinu, a to je i polovica ukupnih promjena svih klasa u promatranom međurazdoblju. Apsolutno najveći porast zabilježila je klasa prirodna vegetacija, iako je relativni porast samo 13,4 % – ta promjena čini 39,2 % ukupnih promjena. Istovremeno, relativno su najviše porasle klase voda (27,4 %) i izgrađeno (22,6 %), premda zajedno čine samo oko 10 % ukupne promjene.

Budući da su oba novoizgrađena akumulacijska jezera smještena između Međimurske i Varaždinske županije, kod njih je zabilježena velika relativna promjena povećanja klase voda (tablica 8). Kod istih je županija relativno povećanje izgrađenog više no dvostruko veće nego kod Koprivničko-križevačke županije. Sve tri županije izgubile su podjednak udio poljoprivrednih površina u odnosu na 1981. godinu. Nadalje, Međimurska je županija klasu prirodna vegetacija povećala za više od četvrtinu.

Tablica 8. Promjene zemljišnog pokrova po županijama sjeverne Hrvatske 1981. – 2011. godine

| | Koprivničko-križevačka | | Međimurska | | Varaždinska | |
|---------------------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|
| | Aps. (km ²) | Rel. (%) | Aps. (km ²) | Rel. (%) | Aps. (km ²) | Rel. (%) |
| Voda | -4,78 | -22,23 | 10,73 | 102,67 | 7,04 | 46,50 |
| Izgrađeno | 7,04 | 13,25 | 11,12 | 26,63 | 14,27 | 29,34 |
| Poljoprivredno | -85,12 | -8,13 | -57,37 | -10,57 | -67,31 | -9,25 |
| Prirodna vegetacija | 83,16 | 13,33 | 35,52 | 26,66 | 46,00 | 9,82 |



Slika 7. Promjene zemljišnog pokrova u sjevernoj Hrvatskoj 1981. – 2011. godine

0 – bez promjene, 1 – izgrađeno, 2 – poljoprivredno, 3 – prirodna vegetacija, 4 – voda.

Najuočljiviju promjenu čine dva akumulacijska jezera nastala većim dijelom iz poljoprivrednog, a dijelom iz klase prirodna vegetacija. Ostale promjene većim su dijelom raspršene (slika 7). Područja snažnije sukcesije su donje Međimurje i Đurđevačka Podravina, a ističu se i dva lokaliteta sjeverno od Koprivnice. U ostalim dijelovima prirodna sukcesija najveća je na područjima od 200 do 300 metara nadmorske visine, dok su na nižim dijelovima promjene puno manje, a iznad 400 i napose 500 metara gotovo ih uopće nema. Većih i kompaktnih područja poljoprivredne intenzifikacije nema. Pojačana izgradnja uočljiva je u okolini najvećih gradova, a ističe se i „obruč“ izgrađenog područja, oko kompaktnih poljoprivrednih površina zapadno od Varaždina.

4.1.3. Dominantni procesi u promjeni zemljišnog pokrova sjeverne Hrvatske 1981. – 2011. godine

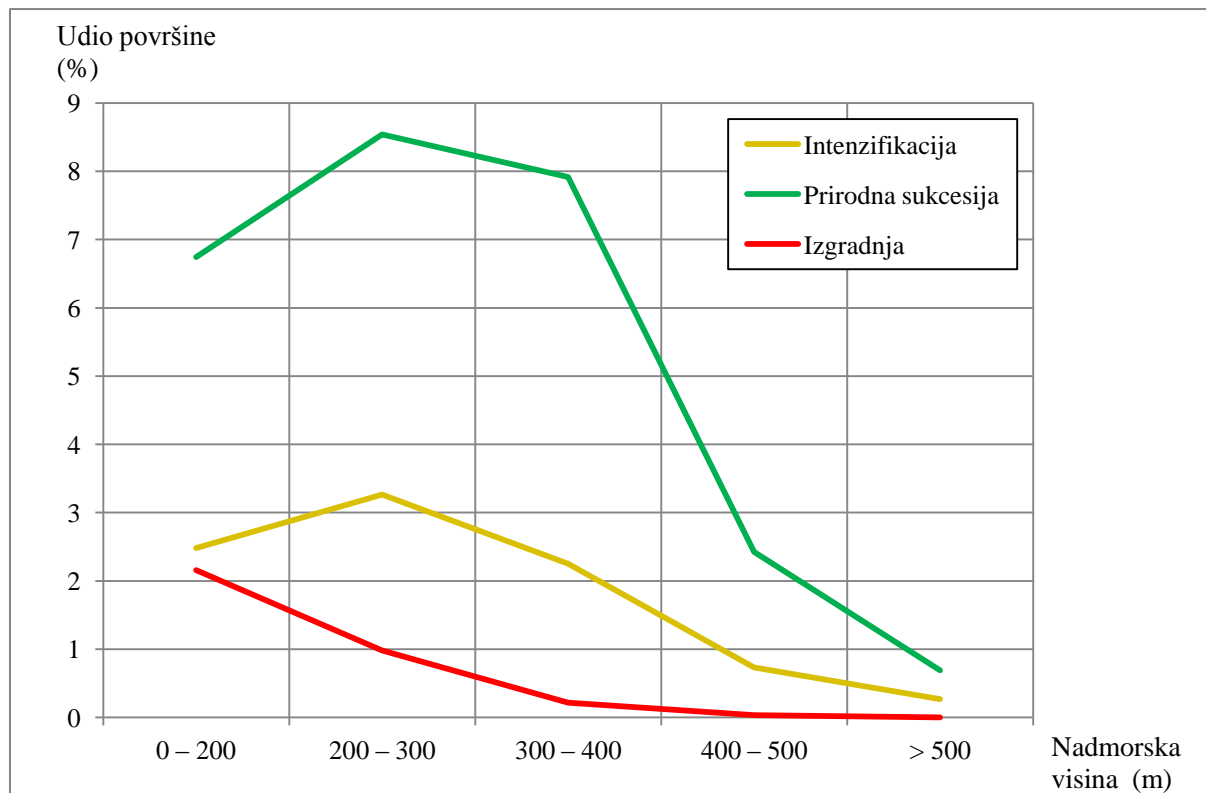
Sukladno rezultatima promjene zemljišnog pokrova izdvaja se nekoliko ključnih skupina promjena, odnosno procesa (tablica 9). Proces sukcesije odnosi se na promjenu zemljišnog pokrova iz poljoprivrednog u klasu prirodna vegetacija – takva promjena čini više od polovice svih promjena pokrova. Petinu svih promjena čini intenzifikacija, promjena iz klase prirodna

vegetacija u poljoprivredno. Treća bitna vrsta promjene je izgradnja na poljoprivrednom zemljištu i prirodnoj vegetaciji.

Tablica 9. Dominantni procesi u promjeni zemljišnog pokrova sjeverne Hrvatske 1981.–2011. godine

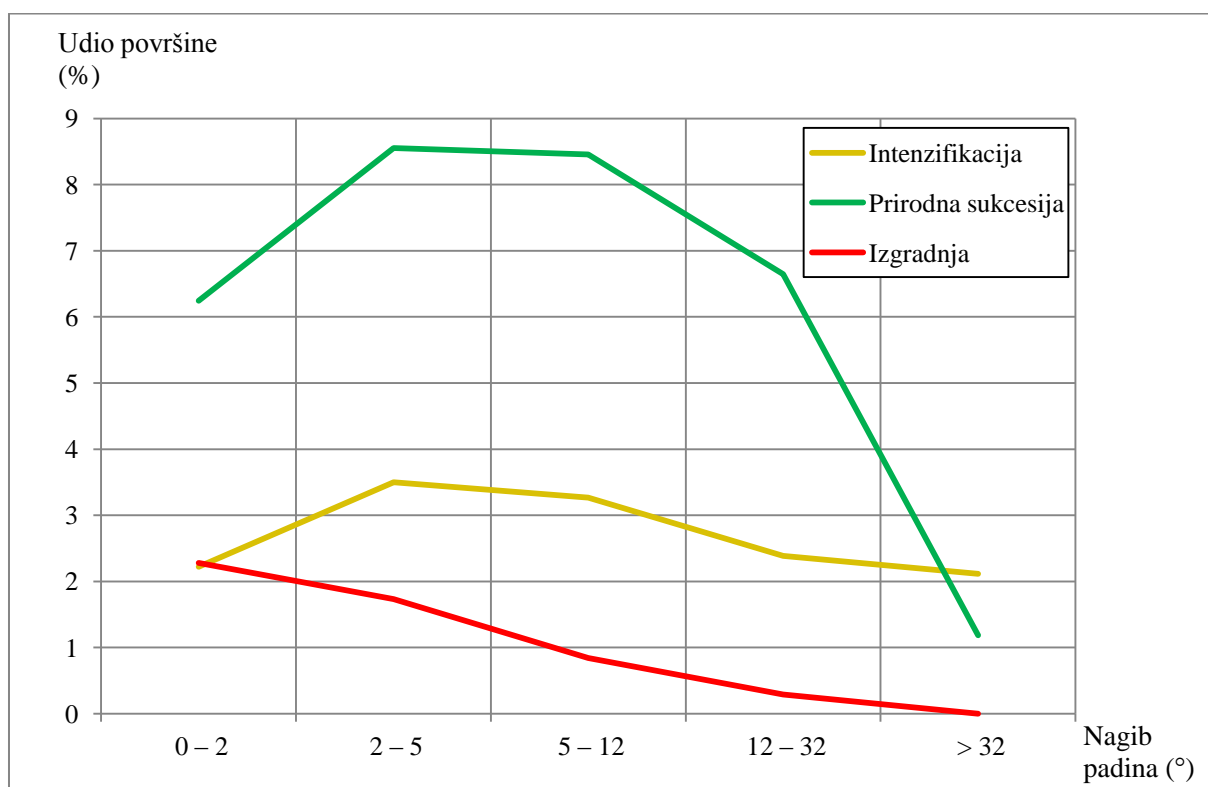
| Vrsta promjene | Površina promjene (km ²) | Udio promjene (%) |
|--------------------|--------------------------------------|-------------------|
| Prirodna sukcesija | 267,66 | 51,87 |
| Intenzifikacija | 98,83 | 19,15 |
| Izgradnja | 65,28 | 12,65 |
| Ostale promjene | 84,20 | 16,31 |

Povezanost nadmorske visine i dominantnih procesa u promjeni zemljišnog pokrova sjeverne Hrvatske prikazana je na slici 8. Prirodna sukcesija, kao najučestaliji proces, najvećim se dijelom pojavljuje na visinama od 200 do 400 metara, a nešto manje na visinama do 200 metara, dok je na visinama iznad 400 metara zastupljena u puno manjoj mjeri. Intenzifikacija se najčešće pojavljuje na visinama od 200 do 300 metara, a tek nešto manje na visinama do 200 metara. Na višim nadmorskim visinama odvija se puno manje, kao i sukcesija. Kod izgradnje vrijedi pravilo da je veća na nižoj nadmorskoj visini.



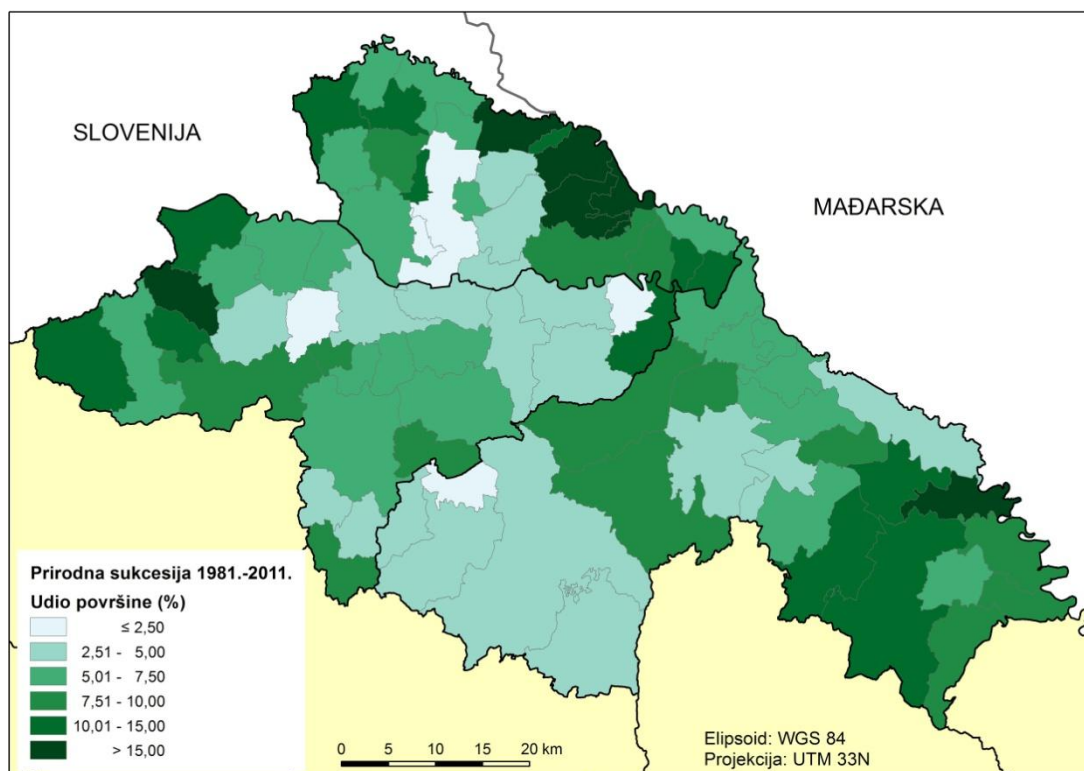
Slika 8. Dominantni procesi promjene zemljišnog pokrova sjeverne Hrvatske 1981. – 2011. godine po visinskim razredima

Sličan obrazac kao kod nadmorske visine, prirodna sukcesija poprima i kod raspodjele po razredima nagiba – najvećim se dijelom pojavljuje na blago nagnutom i nagnutom terenu, a nešto manje na zaravnjenom (slika 9). Međutim, distribucija intenzifikacije po nagibu bitno je drukčija nego kod sukcesije. Premda je najčešća na blago i srednje nagnutim terenima, samo je nešto slabija, a podjednako snažna, s jedne strane u ravninama i s druge strane na jako nagnutim i vrlo strmim terenima. Distribucija izgradnje je podjednaka kao kod razreda nadmorske visine, što znači da je najčešća na ravnim terenima, a opada s povećanjem nagiba.



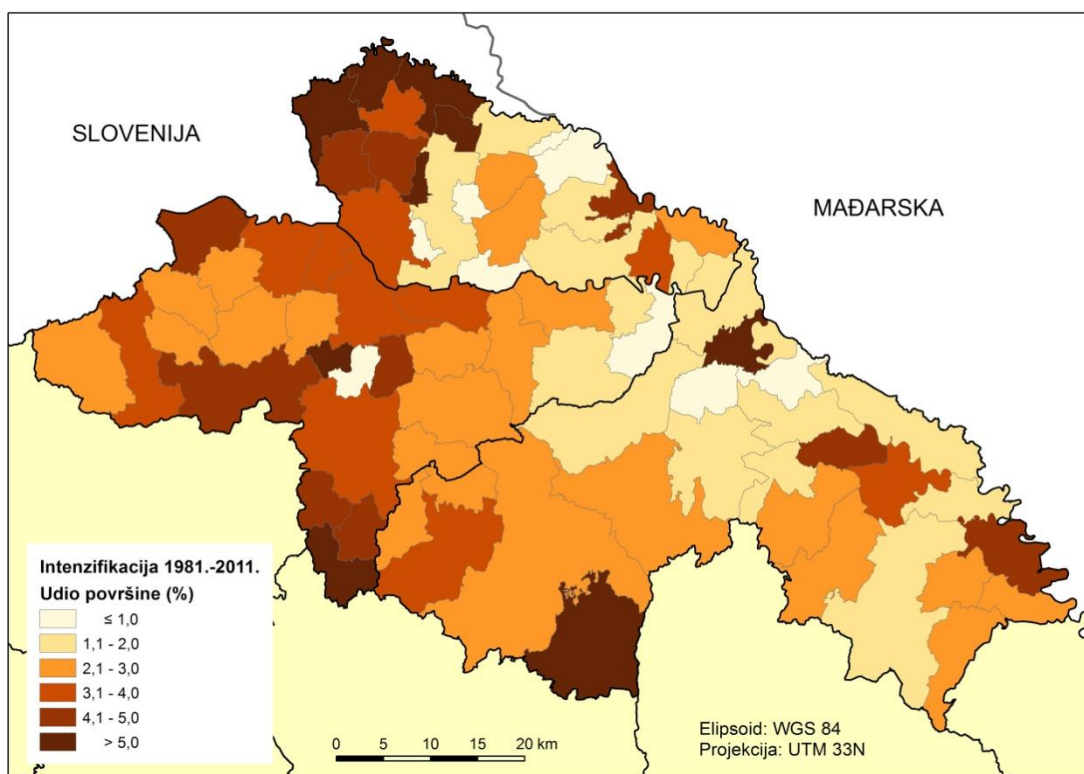
Slika 9. Dominantni procesi promjene zemljišnog pokrova sjeverne Hrvatske 1981. – 2011. godine po razredima nagiba

Prema prostornoj distribuciji procesa prirodne sukcesije po općinama sjeverne Hrvatske, ona je najizraženija u istočnom dijelu donjeg Međimurja, Đurđevačke Podravine i pobrdima na zapadu Varaždinske županije (slika 10). Područja najslabije prirodne sukcesije su urbana i suburbana područja veće gustoće naseljenosti poput Varaždina, Čakovca i Koprivnice. Manjom snagom sukcesije ističe se i zapadni dio Koprivničko-križevačke županije.



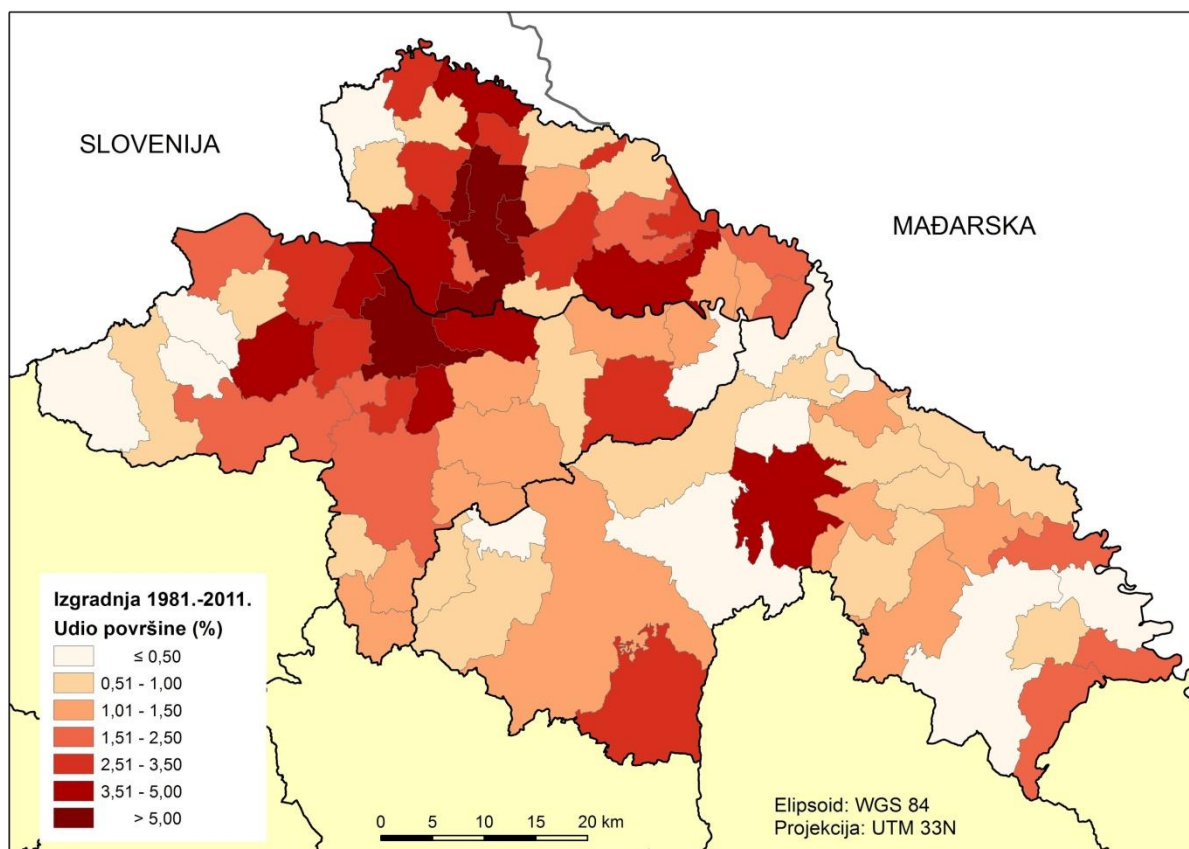
Slika 10. Prirodna sukcesija po gradovima/općinama sjeverne Hrvatske 1981. – 2011. godine

Nešto jača intenzifikacija zabilježena je u zapadnom dijelu proučavanog područja, a napose na sjeveru gornjeg Međimurja. Još se ističu općine Breznica u Varaždinskoj te Sveti Ivan Žabno i Đelekovec u Koprivničko-križevačkoj županiji (slika 11).



Slika 11. Intenzifikacija po gradovima/općinama sjeverne Hrvatske 1981. – 2011. godine

Najveći porast izgradnje evidentiran je u urbanim i suburbanim područjima, posebice u pojasu uz magistralnu cestu Varaždin – Čakovec – Mursko Središće, koja čini okosnicu toga prostora (slika 12).



Slika 12. Izgradnja po gradovima/općinama sjeverne Hrvatske 1981. – 2011. godine

4.2. Rezultati regresijske analize

4.2.1. Globalni regresijski modeli

Optimalan regresijski model za proces prirodne sukcesije uključio je ukupno četiri varijable: indeks promjene gustoće naseljenosti (GUST_IND), indeks promjene zaposlenih poljoprivrednika u zaposlenom stanovništvu (UD_POLJ_IND), udio teritorija općine s nadmorskom visinom od 200 do 300 metara (UD200_300) i udio teritorija općine s nagibom od 5 do 12° (UD5_12).

Tablica 10. Pokazatelji OLS modela za proces prirodne sukcesije

| Varijabla | Koeficijent | Standardno odstupanje | t-vrijednost | p-vrijednost | VIF |
|-------------|-------------|-----------------------|--------------|--------------|----------|
| GUST_IND | -0,13463 | 0,030405 | -4,427917 | 0,000034 | 1,359894 |
| UD_POLJ_IND | -0,065267 | 0,023057 | -2,830715 | 0,005996 | 1,377370 |
| UDIO200_300 | 0,069401 | 0,028682 | 2,419697 | 0,018020 | 3,560383 |
| UDIO5_12 | 0,126921 | 0,042598 | 2,979479 | 0,003920 | 3,564842 |

Sve četiri varijable statistički su značajne ($p < 0,05$), a stupanj multikolinearnosti im je prihvatljiv ($VIF < 7,5$) (tablica 10). Gustoća naseljenosti i udio poljoprivrednika imaju negativne koeficijente što opisuje njihovu vezu sa zavisnom varijablom. Prirodna sukcesija pojačana je u područjima koja bilježe pad broja stanovnika i smanjenje udjela poljoprivrednika. S druge strane, udio teritorija općine/upravnog grada s nadmorskim visinama između 200 i 300 metara i nagibom od 5 do 12° imaju pozitivne koeficijente, što znači da je prirodna sukcesija snažnija upravo na tim područjima. Prema tome, rezultati regresijske analize slažu se s analizom količine promjena zemljišnog pokrova po razredima nadmorske visine i nagiba, koja je opisana u prethodnom poglavlju. Sve četiri varijable objasnile su ukupno 23 % pojave, što predstavlja relativno slabu eksplanatornu snagu modela.

Proces promjene prirodne vegetacije ili poljoprivrednog zemljišta u izgrađeno određen je modelom s ukupno tri statistički značajne varijable. Njegova je eksplanatorna moć puno veća jer objašnjava 65 % varijance. Uključene nezavisne varijable su indeks promjene gustoće naseljenosti (IND_GUST), udio visokoobrazovanih u ukupnom stanovništvu 2011. godine (UD_VSS_11) i udio teritorija općine/upravnog grada nadmorske visine do 200 metara (UDIO0_200).

Tablica 11. Pokazatelji OLS modela za proces izgradnje

| Varijabla | Koeficijent | Standardno odstupanje | t-vrijednost | p-vrijednost | VIF |
|-----------|-------------|-----------------------|--------------|--------------|----------|
| GUST_IND | 0,059364 | 0,008602 | 6,901168 | 0,000000 | 1,547751 |
| UD_VSS_11 | 0,112011 | 0,036187 | 3,09535 | 0,002778 | 1,521221 |
| UDIO0_200 | 0,009119 | 0,003191 | 2,857432 | 0,005542 | 1,024017 |

Sve tri varijable pozitivno su povezane sa zavisnom varijablom (tablica 11). Povećanje udjela izgrađenog zemljišta izraženije je u područjima s porastom broja stanovnika, visokim udjelom visokoobrazovanog stanovništva i na nadmorskim visinama do 200 metara. Valja napomenuti kako je najveća t-vrijednost pridružena varijabli indeks promjene gustoće naseljenosti što ukazuje na njezin najveći doprinos eksplanatornoj snazi modela.

4.2.2. Lokalni regresijski modeli

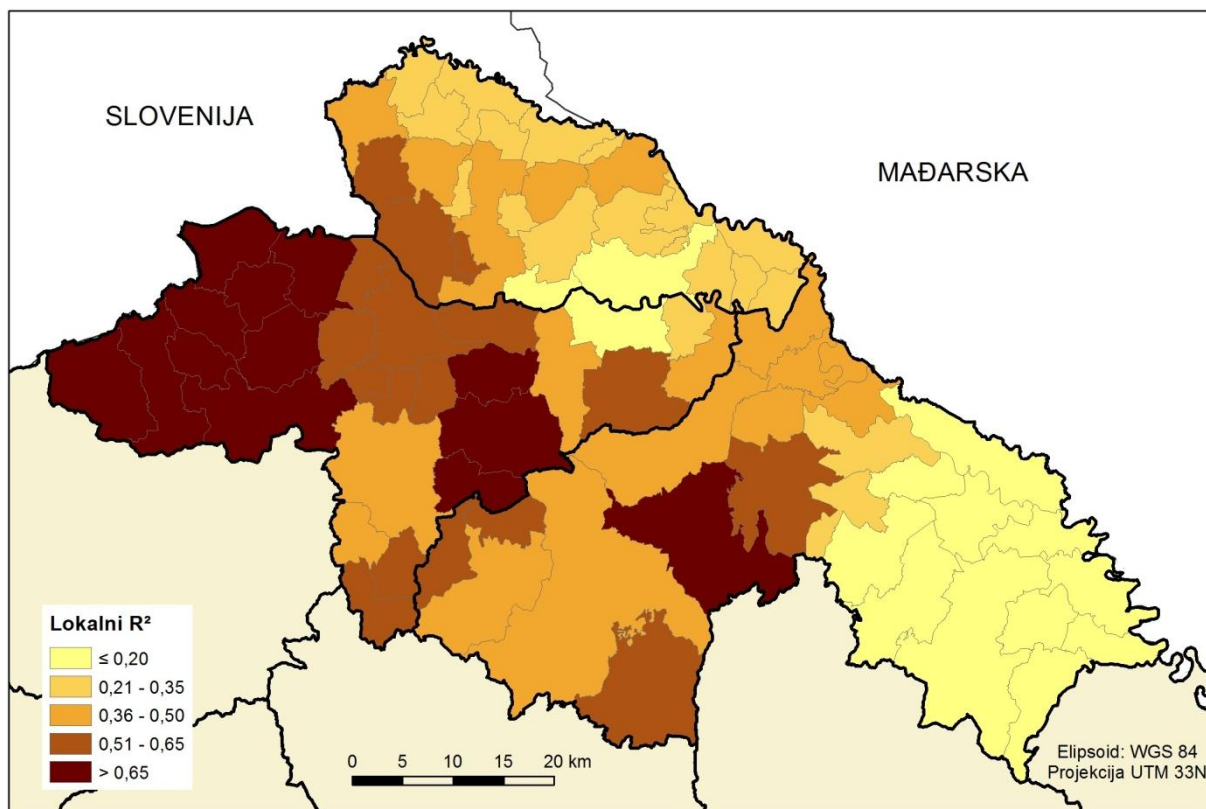
Metodom prostorne regresije dobivena je veća vrijednost R^2 i manja vrijednost AIC u oba slučaja (tablica 12). Globalni model ne može prikazati lokalne korelacije između varijabli, što smanjuje njegovu eksplanatornu snagu i s druge strane daje veliku prednost lokalnom modelu.

Prednost upotrebe nestacionarnog regresijskog modela dokazala je postojanje prostornih varijacija u značajnosti faktora koje povezujemo s promjenama zemljišnog pokrova na istraživanom području. U modelima prostorne regresije također se može istražiti postojanje prostorne autokorelacije. Moranov indeks izračunat za rezidualna odstupanja u GWR modelu dokazao je da ne postoji statistički značajno klasteriranje u prostoru, tj. da su rezidualna odstupanja nasumično distribuirana. Takav rezultat sugerira da je GWR model uspio riješiti problem prostorne zavisnosti OLS modela.

Tablica 12. Usporedba pokazatelja OLS i GWR modela za prirodnu sukcesiju i promjenu zemljišnog pokrova u izgrađeno

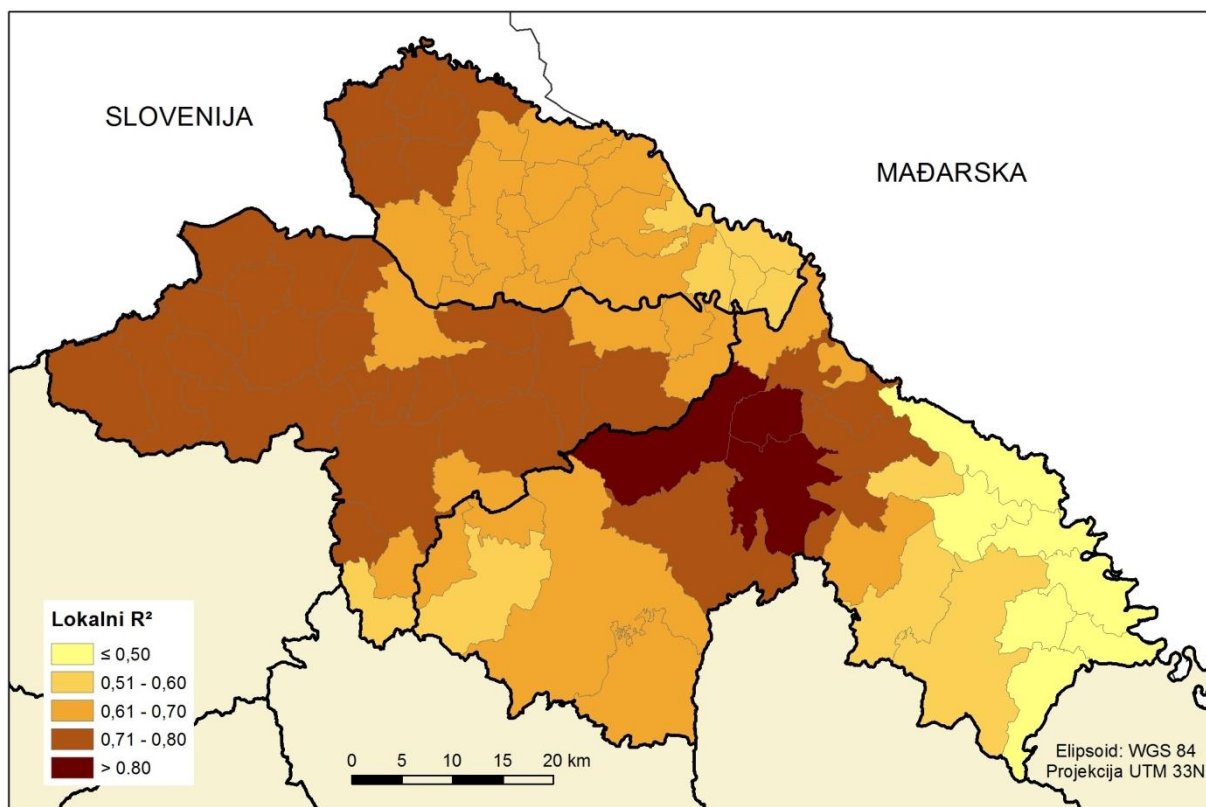
| Regresijski model | | R ² | AIC | Broj varijabli |
|--------------------|-----|----------------|--------|----------------|
| Prirodna sukcesija | OLS | 0,23 | 427,78 | 4 |
| | GWR | 0,35 | 194,07 | 4 |
| Izgradnja | OLS | 0,64 | 219,43 | 3 |
| | GWR | 0,74 | 179,28 | 3 |

Prostorne varijacije u vrijednostima R² za model prirodne sukcesije izračunate su za svaku jedinicu lokalne samouprave istraživanog područja (slika 13). Vrijednosti R² se kreću od 0,09 do 0,77. Uočljivo je klasteriranje visokih vrijednosti na zapadu istraživanog područja i niskih vrijednosti na istoku, dok je u središnjem dijelu prisutan raznolikiji prostorni uzorak. Takva distribucija pokazuje da model za prirodnu sukcesiju s četiri varijable korišten u ovom istraživanju najbolje objašnjava taj proces na zapadu Varaždinske županije, gdje u pojedinim jedinicama lokalne samouprave postotak objašnjene pojave prelazi 70 %. Visoke vrijednosti zabilježene su u gradu Varaždinske Toplice i u općinama Jalžabet i Ljubešćica u Varaždinskoj te u općini Sokolovac u Koprivničko-križevačkoj županiji. S druge strane, eksplanatorna snaga modela najmanja je na istoku Koprivničko-križevačke županije gdje većina općina ima R² < 0,20, što je manja vrijednost od dobivene globalnim regresijskim modelom (R² = 0,23). Na tom području odabrane nezavisne varijable nisu povezane s prirodnom sukcesijom, već na nju djeluju neki drugi faktori koji nisu uzeti u obzir u ovom istraživanju.



Slika 13. Vrijednosti lokalnog R^2 po gradovima/općinama sjeverne Hrvatske za GWR model prirodne sukcesije

Model prostorne regresije za proces izgradnje također najbolje objašnjava promjene na zapadu istraživanog područja, a najslabije na istoku (slika 14). Vrijednosti R^2 se kreću od 0,43 do 0,85. Prostorna distribucija vrijednosti R^2 manje je raznolika nego u prethodnom primjeru, što potvrđuje činjenicu da je ovaj model imao manji stupanj prostorne autokorelacije od modela za prirodnu sukcesiju. Jedinice lokalne samouprave s najvećim vrijednostima R^2 su Koprivnica, Koprivnički Ivanec i Rasinja s vrijednostima iznad 0,80. S druge strane, općine u kojima je model objasnio najmanji postotak pojave su Ferdinandovac, Novo Virje i Podravske Sesvete s vrijednostima ispod 0,45.



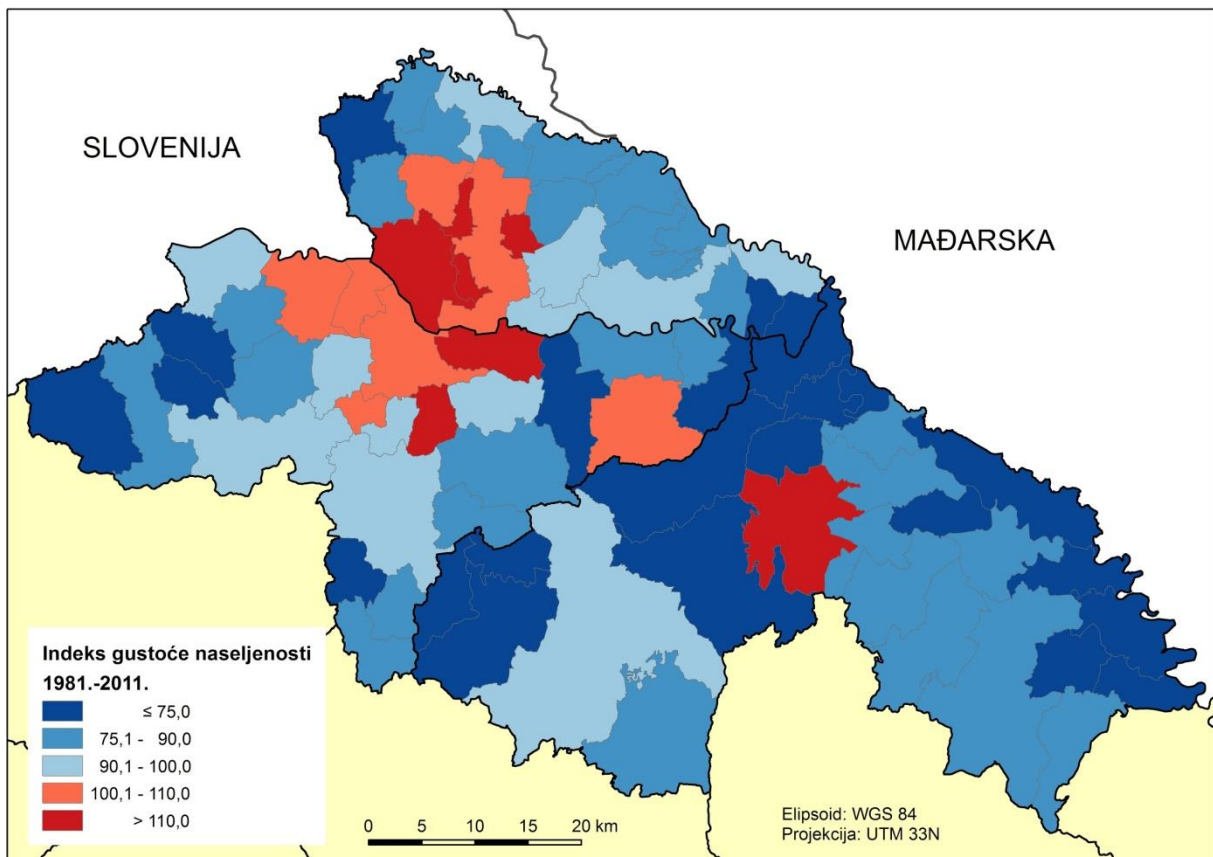
Slika 14. Vrijednosti lokalnog R^2 po gradovima/općinama sjeverne Hrvatske za GWR model izgradnje

5. RASPRAVA

Područje sjeverne Hrvatske zahvaljujući komparativnim prednostima prirodne osnove i društvene nadgradnje ističe se kao tradicionalno agrarni imigracijski prostor s jakom prerađivačkom, posebice prehrambenom industrijom (Podravka, Vindija, Agromedišurje, Koka, itd.) stoga ne čudi najveći udio klase poljoprivredne površine u obje klasificirane scene. Iako od prvoga modernog popisa stanovništva u Hrvatskoj 1857. pa do 2001. godine sjeverna Hrvatska bilježi konstantan porast broja stanovnika, unutar regije postoje znatne razlike u demografskom razvoju. Nakon Drugog svjetskog rata, osobito u razdoblju od 1953. do 1981. godine, zahvaljujući intenzivnoj urbano lociranoj industrijalizaciji temeljenoj na radno intenzivnoj industriji (tekstilna, prehrambena) koja zahtijeva velik broj radne snage započinju procesi deagrarizacije i deruralizacije te je područje zahvaćeno snažnim migracijskim kretanjima. Dominantna migracija iz ruralnih naselja prema gradskim središtima koja su pružala veće mogućnosti zaposlenja dovodi do unutarnjeg prerasmjesta stanovništva te polariziranog demografskog razvoja. Pritom najveći pad broja stanovnika bilježe naselja udaljenija od urbanih središta te periferno položena u odnosu na glavne prometne pravce. Nepovoljni demografski procesi, ponajprije selektivna emigracija mlađega stanovništva te visok udio stanovništva starije dobi, u tim su naseljima bitno oslabili njihovu demografsku osnovicu te utjecali na ubranu depopulaciju i starenje stanovništva. Takva populacijska dinamika, na koju je utjecao niz povijesno-geografskih čimbenika, djelovala je na urbano-ruralnu polarizaciju sjeverne Hrvatske, utjecala na slabljenje demografskih resursa, otežala ravnomjerniju naseljenost te uvelike odredila društveno-ekonomski razvoj pojedinih naselja i općina te izravno i neizravno utjecala na promjene u zemljišnom pokrovu (Spevec, 2009; 2011).

Indeks promjene gustoće naseljenosti između 1981. i 2011. godine pokazao se kao najznačajnija demografska varijabla u oba regresijska modela bilježeći negativnu povezanost s prirodnom sukcesijom i pozitivnu povezanost s izgradnjom. Na istraživanom području sjeverne Hrvatske, rast gustoće naseljenosti zabilježile su jedino visoko urbanizirane jedinice, koje su ujedno zabilježile i najveći udio porasta izgradnje i najmanji udio prirodne sukcesije (slika 15). To se odnosi ponajprije na upravne gradove Čakovec, Varaždin, Koprivnicu i Ludbreg. Uočljiva je i suburbanizacija Varaždina i Čakovca kao posljedica jačanja procesa tercijarizacije, ekonomskog restrukturiranja i decentralizacije funkcija (Feletar i dr. 2010).

S druge strane, u manjim su se naseljima stagnacija i pad ukupnog stanovništva započeti nakon Drugog svjetskog rata nastavili do danas (slika 15).



Slika 15. Indeks promjene gustoće naseljenosti u sjevernoj Hrvatskoj 1981. – 2011. godine

Proces smanjenja poljoprivrednog stanovništva u ukupnom stanovništvu, pri čemu seosko stanovništvo prelazi u druge gospodarske grane, ali pri tome ne mijenja nužno mjesto stanovanja već uglavnom svakodnevno migrira na rad u gradska središta, naziva se deagrarizacija. Zapošljavanjem u industrijskim ili uslužnim djelatnostima te napuštanjem poljoprivrednih zanimanja i agrarnih posjeda dolazi do socijalnog prestrukturiranja stanovništva, no veliki dio ruralnog stanovništva ne napušta agrarni posjed u potpunosti, već on postaje dopunski izvor egzistencije pa se takav proces definira kao djelomična deagrarizacija s mješovitim domaćinstvima sa sitnim posjedima i polikulturnom proizvodnjom (Cvitanović, 2014b). Vresk (1972) zaključuje da i djelomično prestrukturiranje stanovništva ima utjecaj na promjene u zemljišnom pokrovu te ističe da je ozelenjavanje oranica, smjena kultura i slično u izravnoj vezi sa zapošljavanjem seoskog stanovništva izvan agrarnih posjeda. Općenito, deagrarizacija ima i pozitivnu i negativnu konotaciju. Pozitivan proces predstavlja posljedicu povećane proizvodnosti rada u poljoprivredi, kada se omogućuje

socijalna mobilnost stanovništva i rješava pitanje latentne nezaposlenosti na selu. Negativan proces karakterizira povećavanje neobrađivih površina, odnosno socijalni ugar. Pri tome se kao glavna promjena u zemljišnom pokrovu zamjećuje prirodna sukcesija, odnosno pretvaranje obradivih površina u travnjake i šikaru te širenje šumskog pokrova što se smatra jednom od najizraženijih posljedica deagrarizacije (Pejnović, 1978; Sluiter i de Jong, 2007). Krizom i zaostajanjem industrijske proizvodnje, prvenstveno tekstilne, te padom broja zaposlenih u industriji u sjevernoj Hrvatskoj od početka 1990-ih godina o deagrarizaciji se ne može više govoriti kao industrijski uvjetovanoj. U skladu s tim, Cvitanović (2014b) ističe da od 1990-ih umjesto industrije sve važniju ulogu imaju uslužne djelatnosti i razina obrazovanja. Jačanje prirodne sukcesije pak tumači rastom udjela visokoobrazovanog stanovništva u ukupnom stanovništvu. Mlado visokoobrazovano stanovništvo osigurava viša primanja pa se manje zapošljava u poljoprivredi te stoga rastom udjela visokoobrazovanog stanovništva dolazi do tranzicije iz djelomične u potpunu deagrarizaciju.

Rezultati regresijske analize dokazali su kako se najviše sukcesije prirodne vegetacije dogodilo u visinskoj zoni 200 – 300 metara nadmorske visine te u razredu 5 – 12° nagiba padine. U područjima iznad navedenog razreda nadmorske visine u promatranom periodu zabilježeno je znatno manje ukupnih promjena zemljišnog pokrova pa tako i sukcesije prirodne vegetacije. Širenje prirodne vegetacije na račun poljoprivrednih površina ponajviše je povezano s izraženom deagrarizacijom, ali i depopulacijom i starenjem stanovništva u naseljima viših nadmorskih visina u zonama većeg nagiba padina. Zbog konfiguracije terena posjedi su površinom manji što pospješuje proces reforestacije (de Freitas i dr., 2013; Cvitanović i dr., 2016). Izrazita fragmentiranost poljoprivrednog zemljišta uslijed nasljeđivanja onemogućila je ostvarivanje dostatnih prihoda za život lokalnog stanovništva što je dodatno potaklo deagrarizaciju. U novijem razdoblju nesređenost katastarske i vlasničke strukture onemogućuje okrupnjavanje zemljišta i potpomaže proces prirodne sukcesije. Zbog prometne izoliranosti, viša i reljefno raščlanjenija područja doživjela su povećanu depopulaciju u odnosu na niži i zaravnjeniji prostor. Ovakvi odnosi uvjetovali su i manju stopu prirodne sukcesije u nizinama. Tome su pomogle i znatno veće površine obradivog tla bez potencijalne opasnosti od erozije koja se događa na padinama s većim nagibom (Kim i dr., 2014). Reforestacija u nižim i zaravnjenim zonama najviše je zabilježena u prostoru poloja (de Freitas i dr., 2013, Cvitanović i dr., 2016). Najviše stope procesa urbanizacije zabilježene su u prostoru naselja nižih nadmorskih visina gdje su ponajprije gradovi bili prihvatni centri za iseljeno stanovništvo okolnog područja.

Model prirodne sukcesije dobiven metodom prostorne regresije karakteriziraju značajne prostorne varijacije u eksplanatornoj moći, pri čemu najjaču eksplanatornu snagu ima u zapadnom dijelu istraživanog područja ($R^2 > 65,0$), a najmanju u istočnom dijelu Koprivničko-križevačke županije ($R^2 < 20,0$). Pri objašnjenju dobivenih krajnjih vrijednosti valja u obzir uzeti činjenicu da je utvrđena statistički značajna negativna korelacija između depopulacije i smanjenja udjela poljoprivrednika te prirodne sukcesije. Detaljnijom analizom potvrđen je intenzivan pad broja stanovnika, kao i vrlo značajno smanjenje udjela osoba koje egzistencijalna sredstva ostvaruju u poljoprivredi u perifernim pograničnim ruralnim naseljima Varaždinske županije, dok na izrazito smanjenje eksplanatorne snage modela u Koprivničko-križevačkoj županiji utječe mala promjena udjela poljoprivrednog stanovništva u ukupnom stanovništvu između 1981. i 2011. godine. Za odstupanje modela regresije na istoku Koprivničko-križevačke županije definitivno se može isključiti pogreška klasifikacije jer uvidom u prostornu raspodjelu pogrešaka nije primijećeno grupiranje u tom području. „Anomalija“ regresijskog modela u općinama uz rijeku Dravu prema granici s Mađarskom, objašnjava se kombinacijom nekoliko čimbenika. Uglavnom se radi o relativno površinski i brojem stanovnika većim općinama u županiji s malim brojem naselja, a glavne funkcije su pretežito smještene unutar samo jednog naselja općine. Te općine nalaze se u perifernom dijelu županije, ali i države, te su izrazito loše prometno povezane s ostatkom županije. Npr. općina Gola nalazi se u Prekodravlju i prirodno je odvojena od ostatka županije, a općenito čitav kraj obilježava snažna emigracija. Budući da se radi o području koje nudi vrlo mali broj radnih mjesta izvan poljoprivrede, mlado obrazovano i radnosposobno stanovništvo za poslom emigrira s ovog područja pa ostaje samo starije stanovništvo, koje je većinom zaposleno u poljoprivredi. Stanovništvo starije od 65 godine u tim općinama čini više od četvrtine ukupnog stanovništva (izvor: 10). Udio starijeg stanovništva raste i time se povećava udio poljoprivrednika, iako u apsolutnim vrijednostima njihov broj pada. Zbog toga je u tom području udio poljoprivrednika pozitivno povezan s prirodnom sukcesijom što je različito od globalnog regresijskog modela za čitavo istraživano područje. No, budući da je na istoku Koprivničko-križevačke županije prirodna sukcesija dosta izražena (slika 10), jasno je da je u stvarnosti situacija drugačija te da se ne radi o poljoprivrednoj intenzifikaciji nego upravo suprotno. Također, u obzir treba uzeti da se na tom području nalazi posebni rezervat Crni Jarki, šuma Repaš i Regionalni park Mura-Drava, gdje su dodatnom zaštitom prostora povećane šumske površine.

S druge strane, snažna imigracija u županijske centre te ujedno i glavna središta rada i ostalih centralnih funkcija, kao i njihovu okolicu dovodi do demografskog rasta, porasta rodosti, pomlađivanja dobnog sastava i poboljšanja demografskih resursa te time uvjetovanog prostornog širenja naselja. Dnevna migracija potaknuta agrarnom prenaseljenošću te omogućena brzim razvojem najprije željezničkih, a kasnije i cestovnih prometnih veza posebno je izražen oblik prostorne mobilnosti u sjevernoj Hrvatskoj. Jaka cirkulacija utjecala je na socioekonomsku preobrazbu okolice gradova te stanovništvo koje ostaje živjeti u tim naseljima počinje živjeti „gradskim“ načinom života, što je utjecalo i na brojne fizionomske i funkcionalne promjene tih naselja (Vresk, 1982-83; 1988). Posljednja dva desetljeća jača proces suburbanizacije čime je naglašena atraktivnost okolice gradova za rješavanje stambenog pitanja, kako zbog nižih troškova i dobre prometne povezanosti (ponajprije javnim prijevozom) s urbanim središtem, tako i zbog bolje kvalitete života. Širenje izgrađenih područja osim suburbanizacijom potaknuto je i decentralizacijom industrije i funkcija pri čemu važnu ulogu ima izgradnja poslovnih, industrijskih i poduzetničkih zona te druge *greenfield* investicije. Također, 2008. godine puštena je u promet autocesta A4 Goričan – Zagreb koja prolazi kroz Međimursku i Varaždinsku županiju, a već duže vrijeme u planu je proširenje i rekonstrukcija državne ceste D2 (planirana Podravska brza cesta).

Model procesa izgradnje dobiven metodom prostorne regresije karakteriziraju znatno manje prostorne varijacije te znatno jača eksplanatorna moć, pri čemu vrlo jaku eksplanatornu snagu ima u središnjem dijelu Koprivničko-križevačke županije ($R^2 > 80,0$), gotovo cijeloj Varaždinskoj županiji te na prostoru gornjeg Međimurja ($R^2 = 70,0 - 80,0$).

Sociodemografske varijable kojima je utvrđena pozitivna korelacija s porastom površine umjetno izgrađenih objekata su indeks promjene gustoće naseljenosti za razdoblje od 1981. do 2011. godine te indeks promjene udjela visokoobrazovanog stanovništva u stanovništvu starijem od 15 godina za isto vremensko razdoblje pa pri eksplanaciji dobivenih rezultata o tome valja voditi računa. Dakle, povećanje udjela izgrađenog zemljišta izraženije je u urbanim i suburbanim područjima koja bilježe populacijski rast te pozitivno korelira s udjelom visokoobrazovanog stanovništva čija je najveća koncentracija u gradovima kao upravnim, obrazovnim i kulturnim središtima.

6. ZAKLJUČAK

Budući da su promjene zemljišnog pokrova refleksija međusobne interakcije ljudi i okoliša, one su pokazatelj i socioekonomskih te demografskih promjena u prostoru, no tvrdnja vrijedi i u obrnutom smjeru. Procesi poput intenzivne urbanizacije i suburbanizacije, demografskog i gospodarskog propulzivnog razvoja nekog područja ili pak demografske i funkcionalne atrofije naselja indikatori su promjena u zemljišnom pokrovu što je i dokazano provedenom analizom.

Predstavljeni rezultati istraživanja pokazali su značajne promjene zemljišnog pokrova u sjevernoj Hrvatskoj u promatranom periodu. Korištenjem *Landsat*-ovih satelitskih snimaka i upotrebom metode nadzirane klasifikacije omogućena je pouzdana detekcija navedenih promjena zemljišnog pokrova u razdoblju 1981. – 2011. godine čime je prva hipoteza potvrđena. Od zabilježenih tipova promjene u apsolutnim iznosima najznačajnija se pokazala prirodna sukcesija dokazavši drugu hipotezu. Ukoliko se promotri relativno povećanje, osim prirodne vegetacije, važan porast uočen je i u kategoriji izgrađenog zemljišta pod utjecajem procesa (sub)urbanizacije.

Određene zakonitosti potvrđene su analizom promjena zemljišnog pokrova s obzirom na reljefne karakteristike terena. Naime, porastom nadmorske visine proces širenja izgrađenog zemljišta se smanjuje jer se većina urbanih naselja nalazi u nizinskim područjima. S druge strane, prirodna sukcesija je najizraženija u razredu nadmorske visine 200 – 300 metara nakon čega počinje opadati. Analogni rezultati dobiveni su kvantificiranjem odnosa promjene nagiba padine i zemljišnog pokrova. Udio izgrađenog zemljišta negativno korelira s varijablom nagiba, za razliku od udjela prirodne sukcesije koja s istom varijablom bilježi pozitivnu korelaciju. Navedeni odnosi potvrdili su treću hipotezu.

Analizom povezanosti sociodemografskih karakteristika prostora i promjene zemljišnog pokrova pokazalo se da postoje dva paralelna procesa uvjetovana divergentnim kretanjima. Proces prirodne sukcesije odvija se u područjima s izraženom depopulacijom i deagrarizacijom što poljoprivredno zemljište ostavlja neiskorištenim, uslijed čega ono zarasta u prirodnu vegetaciju. Starenje stanovništva nije dokazano kao statistički značajna varijabla za proces sukcesije prirodne vegetacije zbog čega je četvrta hipoteza djelomično potvrđena. Istovremeno, stanovništvo koje iz tog prostora emigrira najčešće doseljava u gradska središta i njihovu okolicu, potičući proces urbanizacije. Time se izrazito povećalo izgrađeno zemljište, stubokom promijenivši kulturni pejzaž okolnih ruralnih naselja. Dokazana je pozitivna

korelacija između povećanja broja stanovnika i povećanja izgrađenog zemljišta čime je peta hipoteza potvrđena. Ukoliko se ovakvi demografski procesi nastave, ruralna područja, posebno u višim nadmorskim visinama, doći će u opasnost od potpunog izumiranja što će za posljedicu imati intenzifikaciju procesa prirodne sukcesije unutar poljoprivrednog zemljišta i jačanje daljnje polarizacije između ruralne periferije i urbanih centara.

ZAHVALA

Zahvaljujemo dr. sc. Marinu Cvitanoviću na nesebično prenijetom znanju koje nas je potaknulo na ovo istraživanje. Također, zahvaljujemo doc. dr. sc. Draženu Tutiću i kolegama Karlu Lugomeru i Oliveru Orešiću na pomoći i korisnim savjetima. Najveću zahvalu upućujemo našoj mentorici doc. dr. sc. Dubravki Spevec i komentoru dr. sc. Mateu Gašparoviću na susretljivosti, strpljivosti i velikoj pomoći pri izradi rada.

POPIS LITERATURE

- 1) Anderson, J. R., Hardy, E. E., Roach, J. T., Witmer, R. E., 1976: A Land Use And Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data, *Geological Survey Professional Paper* 964, 1–41.
- 2) Blaschke, T., 2010: Object based image analysis for remote sensing, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 65(1), 2–16.
- 3) Brown, D. G., Goovaerts, P., Burnicki, A., Li, M.-Y., 2002: Stochastic Simulation of Land-Cover Change Using Geostatistics and Generalized Additive Models, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 68(10), 1051–1061.
- 4) Brown, D. G., Duh, J. D., 2004: Spatial simulation for translating from land use to land cover, *International Journal of Geographical Information Science* 18(1), 35–60.
- 5) Bušljeta-Vdović, S., 2006: Zračne snimke kao podloga za daljinska istraživanja u prostornom planiranju, *Prostor* 14(2), 246–255.
- 6) Campbell, J. B., 2006: *Introduction to Remote Sensing*, The Guilford Press.
- 7) Cheng, J., Masser, I., 2003: Urban growth pattern modeling: a case study of Wuhan city, PR China, *Landscape and Urban Planning* 62(4), 199–217.
- 8) Congalton, R., 1991: A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data, *Remote Sensing of Environment* 37, 35–46.
- 9) Crkvenčić, I., 1951: O agrarnoj strukturi gornjeg porječja Bednje, *Geografski glasnik* 13(1), 101–114.
- 10) Crkvenčić, I., 1957: Prigorje planinskog niza Ivančice, *Geografski glasnik* 19(1), 9–56.
- 11) Crkvenčić, I., 1958: Prigorje planinskog niza Ivančice, *Geografski glasnik* 20(1), 1–48.
- 12) Crkvenčić, I., 1982: Pojava ugara i neobrađenih oranica i promjene brojnosti stanovništva SR Hrvatske u posljednjih dvadeset godina, *Geografski glasnik* 44(1), 3–21.
- 13) Cvitanović, M., 2014a: Promjene zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta u Krapinsko-zagorskoj županiji od 1991. do 2011., *Hrvatski geografski glasnik* 76(1), 41–59.
- 14) Cvitanović, M., 2014b: *Promjene zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta u Krapinsko-zagorskoj županiji od 1978. do 2011. godine*, doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Zagreb.
- 15) Cvitanović, M., Blackburn, G. A., Jepsen, M. R., 2016: Characteristics and drivers of forest cover change in the post-socialist era in Croatia: evidence from a mixed-methods approach, *Regional Environmental Change* 16(1), 1–13.

- 16) Čuka, A., Magaš, D., 2003: Socio-geografska preobrazba otoka Ista, *Geoadria* 8(2), 67–86.
- 17) De Freitas, M. W. D., Dos Santos, J. R., Alves, D. S., 2013: Land-use and land-cover change processes in the Upper Uruguay Basin: linking environmental and socioeconomic variables, *Landscape Ecology* 28, 311–327.
- 18) Dewan, A. M., Yamaguchi, Y., 2009a: Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization, *Applied Geography* 29(3), 390–401.
- 19) Dewan, A. M., Yamaguchi, Y., 2009b: Using remote sensing and GIS to detect and monitor land use and land cover change in Dhaka Metropolitan of Bangladesh during 1960–2005., *Environmental Monitoring Assessment* 150, 237–249.
- 20) Dewan, A. M., Yamaguchi, Y., Rahman, M. Z., 2012: Dynamics of land use/cover changes and the analysis of landscape fragmentation in Dhaka Metropolitan, Bangladesh, *GeoJournal*, 77(3), 315–330.
- 21) Durbešić, A., 2012: *Promjene pejzaža južne padine Svilaje – GIS pristup*, doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Zagreb.
- 22) Falcucci, A., Maiorano, L., Boitani, L., 2007: Changes in land-use/land-cover patterns in Italy and their implications for biodiversity conservation, *Landscape Ecology* 22(4), 617–631.
- 23) Faričić, J., Magaš, D., 2004: Suvremeni socio-geografski problem malih hrvatskih otoka – primjer otoka Žirja, *Geoadria* 9(2), 125–158.
- 24) Feletar, D., Feletar, P., 2009: Promjene u prostornoj slici naseljenosti Varaždinske županije i centralitet Varaždina, u: *800. godina slobodnog i kraljevskog grada Varaždina 1209.-2009.: zbornik radova* (ur. Šicel, M.), HAZU, Varaždin, 344–376.
- 25) Feletar, P., Franolić, I., Dugina, M., 2010: Strategijski razvoj i utjecaj prometa na prijevoznu potražnju u Varaždinskoj županiji, *Podravina* 9 (17), 138–152.
- 26) Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1995: *Planning for sustainable use of land resources: Towards a new approach*, FAO, Rim.
- 27) Fotheringham, A. S., Brunsdon, C., Charlton, M., 2002: *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships*, 1 edition. ed. Wiley, Chichester, England; Hoboken, New Jersey, USA.
- 28) Fox, J., Vogler, J. B., 2005: Land-use and land-cover change in montane mainland southeast Asia, *Environmental Management* 36(3), 394–403.

- 29) Fukushima, T., Takahashi, M., Matsushita, B., Okanishi, Y., 2007: Land use/cover change and its drivers: A case in the watershed of Lake Kasumigaura, Japan, *Landscape and Ecological Engineering*, 3(1), 21–31.
- 30) Fürst-Bjeliš, B., 2002: Reading the Venetian Cadastral Record: An Evidence for the Environment, Population and Cultural Landscape of the 18th century Dalmatia, *Hrvatski geografski glasnik* 65(1), 47–62.
- 31) Fürst-Bjeliš, B., Lozić, S., 2006: Environmental impact and change on the Velebit Mountain, Croatia: an outline of the periodization, u: *Views from the South, Environmental Stories from the Mediterranean World* (ur. Marco Armiero), Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Studi sulle Società del Mediterraneo, Napulj, 127–139.
- 32) Fürst-Bjeliš, B., Lozić, S., Cvitanović, M., Durbešić, A., 2011: Promjene okoliša središnjeg dijela Dalmatinske zagore od 18. stoljeća, u: *Zagora između stočarsko-ratarske tradicije te procesa litoralizacije i globalizacije* (ur. Matas, M., Faričić, J.), Sveučilište u Zadru, Kulturni sabor Zagore, Ogranak Matice hrvatske Split, 117–130.
- 33) Geist, H. J., Lambin, E. F., 2001: *What drives tropical deforestation?* LUCC Report Series br. 4, Louvain-la-Neuve, Belgija.
- 34) Geoghegan, J., Pritchard J. R. L., Ognkva-Himmelberger, Y., Chowdhury, R. R., Sanderson, S., Turner II, B. L., 1998: "Socializing the Pixel" and "Pixelizing the Social" in Land-Use and Land-Cover Change, u: *People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science*, Committee on the Human Dimensions of Global Environmental Change, National Academy Press, Washington D.C.
- 35) Girard, M.-C., Girard, C., 2003: *Processing of Remote Sensing Data*, A. A. Balkema Publishers, Lisse.
- 36) Gracia, M., Meghelli, N., Comas, L., Retana, J., 2011: Land-cover changes in and around a National Park in a mountain landscape in the Pyrenees, *Regional Environmental Change* 11(2), 349–358.
- 37) Horning, N., 2004: *Land cover classification methods, Version 1.0*, American Museum of Natural History, Center for Biodiversity and Conservation, New York.
- 38) Horvat, Z., 2013: Using Landsat Satellite Imagery to Determine Land Use/Land Cover Changes in Međimurje County, Croatia, *Hrvatski geografski glasnik* 75(2), 5–28.
- 39) Ilić, M., 1995: Promet i socio-ekonomske značajke Varaždinske regije, *Hrvatski geografski glasnik* 57, 111–120.

- 40) Jenerette, G. D., Wu, J., 2001: Analysis and simulation of land-use change in the central Arizona – Phoenix region, USA, *Landscape Ecology* 16, 611–626.
- 41) Jiang, Y., Liu, J., Cui, Q., An, X. H., Wu, C. X., 2011.: Land use/land cover change and driving force analysis in Xishuangbanna Region in 1986–2008., *Frontiers of Earth Science* 5(3), 288–293.
- 42) Kidane, Y., Stahlmann, R., Beierkuhnlein, C., 2012: Vegetation dynamics, and land use and land cover change in the Bale Mountains, Ethiopia, *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(12), 7473–7489.
- 43) Kim, I., Le, Q. B., Park, S. J., Tenhunen, J., Koellner, T., 2014: Driving Forces in Archetypical Land-Use Changes in a Mountainous Watershed in East Asia, *Land* 3(3), 957–980.
- 44) Knox, P. L., Marston, S., 2003: *Places and Regions in Global Context: Human Geography*, Pearson Education, New Jersey.
- 45) Kolb, M., Mas, J.-F., Galicia, L., 2013: Evaluating drivers of land-use change and transition potential models in a complex landscape in Southern Mexico, *International Journal of Geographical Information Science* 27, 1804–1827.
- 46) Kordej-De Villa, Ž., Pejnović, D., 2015: Planska područja Hrvatske u kontekstu regionalne politike, *Hrvatski geografski glasnik* 77, 47–69.
- 47) Lakes, T., Müller, D., Krüger, C., 2009: Cropland change in southern Romania: a comparison of logistic regressions and artificial neural networks, *Landscape Ecology* 24(9), 1195–1206.
- 48) Lambin, E. F., Geist, H. J., Lepers, E., 2003: Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions, *Annual Review of Environment and Resources* 28, 205–241.
- 49) Lambin, E. F., Geist, H., 2006: *Land-Use and Land-Cover Change*, Springer, Berlin.
- 50) Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., Chipmann, J. W., 2008: *Remote Sensing And Image Interpretation, Sixth Edition*, John Wiley and Sons, USA.
- 51) Lin, Y., Deng, X., Li, X., Ma, E., 2014: Comparison of multinomial logistic regression and logistic regression: which is more efficient in allocating land use?, *Frontiers of Earth Science* 8(4), 512–523.
- 52) Magaš, D., Faričić, J., 2002: Problemi suvremene socio-geografske preobrazbe otoka Oliba, *Geoadria* 7(2), 35–62.
- 53) Magaš, D., Faričić, J., Lončarić, R., 2006: Geografske osnove društveno-gospodarske revitalizacije Unija, *Geoadria* 11(2), 173–239.

- 54) Malić, A., 1983: Regionalne razlike i promjene površina kategorije iskorištavanja poljoprivrednog zemljišta SR Hrvatske, *Geografski glasnik* 45(1), 55–72.
- 55) Manson, S. M., 2009: Simulation, u: *International Encyclopedia of Human Geography* (ur. Kitchin, R., Thrift, N.), Elsevier, Oxford, sv. 10, 132–137.
- 56) Mas, J. F., Velazquez, A., Diaz-Gallegos, J. R., Mayorga-Saucedo, R., Alcantara, C., Bocco, G., Castro, R., Fernandez, T., Perez-Vega, A., 2004.: Assessing land use/cover changes: a nationwide multirate spatial database for Mexico, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5(4), 249–261.
- 57) McConnell, W. J., Sweeney, S. P., Mulley, B., 2004.: Physical and social access to land: spatio-temporal patterns of agricultural expansion in Madagascar, *Agriculture, Ecosystems & Environment* 101(2-3), 171–184.
- 58) Mertens, B., Sunderlin, W. D., Ndoye, O., Lambin, E. F., 2000: Impact of Macroeconomic Change on Deforestation in South Cameroon: Integration of Household Survey and Remotely-Sensed Data, *World Development* 28(6), 983–999.
- 59) Meyer, W. B., Turner II, B. L., 1994: *Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective*, Cambridge University Press.
- 60) Millington, J. D. A., Perry, G. L. W., Romero-Calcerrada, R., 2007: Regression Techniques for Examining Land Use/Cover Change: A Case Study of a Mediterranean Landscape, *Ecosystems* 10(4), 562–578.
- 61) Monteiro, A. T., Fava, F., Hiltbrunner, E., 2011: Assessment of land cover changes and spatial drivers behind loss of permanent meadows in the lowlands of Italian Alps, *Landscape and Urban Planning* 100 (3), 287–294.
- 62) Munroe, D. K., Southworth, J., Tucker, C. M., 2002: The dynamics of land-cover change in western Honduras: Exploring spatial and temporal complexity, *Agriculture Economics* 27(3), 355–369.
- 63) Nahuelhual, L., Carmona, A., Lara, A., Echeverría, C., González, M. E., 2012: Land-cover change to forest plantations: proximate causes and implications for the landscape in south-central Chile, *Landscape and Urban Planning* 107(1), 12–20.
- 64) Njegač, D., 2002: Središnja Hrvatska, u: *Veliki atlas Hrvatske* (ur. Borovac, I.), Mozaik knjiga, Zagreb, 225–254.
- 65) Parker, D. C., Manson, S. M., Janssen, M. A., Hoffmann, M. J., Deadman, P., 2003: Multi-Agent Systems for the Simulation of Land-Use and Land-Cover Change: A Review, *Annals of the Association of American Geographers* 93, 314–337.

- 66) Pejnović, D., 1978: Socijalno prestrukturiranje poljoprivrednog stanovništva Like kao pokazatelj deagrarizacije, *Hrvatski geografski glasnik* 40, 89–109.
- 67) Reimann, C., Filzmoser, P., Garrett, R. i Dutter, R., 2008: *Statistical Data Analysis Explained*, Wiley, Chichester.
- 68) Režek, D., 2003: Hidroelektrane na Dravi, *Građevinar* 55(13), 647–653.
- 69) Rogan, J., Miller, J., Stow, D., Franklin, J., Levien, L., Fischer, C., 2003: Land-cover change monitoring with classification trees using Landsat TM and ancillary data, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 69(7), 793–804.
- 70) Rogić, V., 1957: Velebitska primorska padina, *Geografski glasnik* 19(1), 61–100.
- 71) Rogić, V., 1958: Velebitska primorska padina, *Geografski glasnik* 20(1), 53–110.
- 72) Rogić, V., 1983: Nacrt uvjetno-homogene regionalizacije SR Hrvatske, *Geografski glasnik* 45, 75–89.
- 73) Rogić, V., 1984: Jednostavnost i fleksibilnost koncepta nodalno-funkcionalne diferencijacije SR Hrvatske, *Geografski glasnik* 46, 73–80.
- 74) Roić, M., 2012: *Upravljanje zemljišnim informacijama – katastar*, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.
- 75) Romero-Calcerrada, R., Perry, G. L. W., 2004: The role of land abandonment in landscape dynamics in the SPA ‘Encinares del rio Alberche y Corio‘ central Spain, 1984–1999., *Landscape and Urban Planning* 66, 217–32.
- 76) Serra, P., Pons, X., Sauri, D., 2008: Land-cover and land-use change in a Mediterranean landscape: A spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors, *Applied Geography* 28(3), 189–209.
- 77) Sluiter, R., de Jong, S. M., 2007: Spatial patterns of Mediterranean land abandonment and related land cover transitions, *Landscape Ecology* 22, 559–576.
- 78) Sohl, T., Sleeter, B., 2012: Role of Remote Sensing for Land-Use and Land-Cover Change Modeling, u: *Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications* (ur. Giri, C. P.), CRC Press, 225–239.
- 79) Spevec, D., 2009: Starenje stanovništva Varaždinske županije od 1961. do 2001., *Migracijske i etničke teme* 25 (1-2), 125–152.
- 80) Spevec, D., 2011: *Prostorne značajke demografskih resursa i potencijala Krapinsko-zagorske, Varaždinske i Međimurske županije*, Hrvatsko geografsko društvo, Zagreb.
- 81) Story, M., Congalton, R. G., 1986: Accuracy assessment: a user’s perspective, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 52, 397–399.
- 82) Šegota, T., Filipčić, A., 1996: *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga, Zagreb

- 83) Šterc, S., 2012: *Geografski i demogeografski identitet*, doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Zagreb.
- 84) Tayyebi, A., 2013: *Simulating Land Use Land Cover Change Using Data Mining and Machine Learning Algorithms*, Doctoral Dissertation, Purdue University, West Lafayette, Indiana.
- 85) Trexler, J. C., Travis, J., 1993: Nontraditional Regression Analyses, *Ecology* 74(6), 1629–1637.
- 86) Trodd, N. M., 1995: Uncertainty in land cover mapping for modelling land cover change, u: *Proceedings of RSS95 – Remote sensing in action*, Remote Sensing Society, Nottingham, 1138–1145.
- 87) Turner, M. G., Wear, D. N., Flamm, R. O., 1996: Land ownership and land-cover change in the southern Appalachian highlands and the Olympic peninsula, *Ecological Applications* 6(4), 1150–1172.
- 88) Valožić, L., Cvitanović, M., 2011: Mapping the Forest Change: Using Landsat Imagery in Forest Transition Analysis within the Medvednica Protected Area, *Hrvatski geografski glasnik* 73(1), 245–255.
- 89) Valožić, L., 2015a: Klasifikacija zemljišnog pokrova urbanog i periurbanog prostora pomoću objektno orijentirane analize multispektralnih snimaka, *Hrvatski geografski glasnik* 76(2), 27–38.
- 90) Valožić, L., 2015b: *Objektno orijentirana klasifikacija zemljišnoga pokrova pomoću multispektralnih satelitskih snimaka – primjer Grada Zagreba*, doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Zagreb.
- 91) Viera, A. J., Garrett, J. M., 2005: Understanding Interobserver Agreement: The Kappa Statistic, *Fam Med* 37(5), 360–363.
- 92) Vresk, M., 1968: Tendencije suvremene evolucije prenaseljenog agrarnog kraja – primjeri iz okolice Varaždina, *Geografski glasnik* 30(1), 143–154.
- 93) Vresk, M., 1972: Socijalni ugar i drugi oblici napuštanja agrarne aktivnosti kao posljedica emigracije i socijalnog diferenciranja stanovništva, *Geografski glasnik* 34(1), 79–89.
- 94) Vresk, M., 1982-1983: Neka obilježja urbanizacije SRH 1981. godine, *Radovi Geografskog odsjeka* 17-18, 39–53.
- 95) Vresk, M., 1988: Dnevna pokretljivost zaposlenih i urbanizacija Varaždinske regije, *Radovi Geografskog odsjeka* 23, 35–42.
- 96) Wear, D. N., Bolstad, P., 1998: Land-Use Changes in Southern Appalachian Landscapes: Spatial Analysis and Forecast Evaluation, *Ecosystems* 1(6), 575–594.

- 97) Wear, D. N., Turner, M. G., Flamm, R. O., 1996: Ecosystem management with multiple owners: Landscape dynamics in a southern Appalachian watershed, *Ecological Applications* 6(4), 1173–1188.
- 98) Weng, Q., 2002: Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling, *Journal of Environmental Management* 64, 273–284.
- 99) Williams, M., 2009: Sauer, C., u: *International Encyclopedia of Human Geography* (ur. Kitchin, R., Thrift, N.), Elsevier, Oxford, sv. 10, 15–18.
- 100) Williams, N. S. G., McDonnell, M. J., Seager, E. J., 2005: Factors influencing the loss of an endangered ecosystem in an urbanising landscape: a case study of native grasslands from Melbourne, Australia, *Landscape and Urban Planning* 71(1), 35–49.

POPIS IZVORA

- 1) EarthExplorer, U.S. Geological Survey (USGS), <http://earthexplorer.usgs.gov> (18.4.2016.)
- 2) EU-DEM, European Environmental Agency, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eu-dem#tab-european-data> (18.4.2016.)
- 3) Frequently Asked Questions about the Landsat Missions, U.S. Geological Survey (USGS), http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php (18.4.2016.)
- 4) GRASS GIS, i.smap, <https://grass.osgeo.org/grass64/manuals/i.smap.html> (19.4.2016.)
- 5) Hrvatska osnovna karta u mjerilu 1:5000, Geoportal DGU, <https://geoportal.dgu.hr/metadataeditor/apps/metadataui/print.html?uuid=21cededd-5101-4f28-ad57-f08fcf7c491a&currTab=simple&hl=hrv> (19.4.2016.)
- 6) *Popis stanovništva, domaćinstava i stanova 1981. godine, Aktivno stanovništvo i zaposleni radnici, Dokumentacija 526*, Republički zavod za statistiku SR Hrvatske, Zagreb, 1983.
- 7) *Popis stanovništva, domaćinstava i stanova 1981. godine, Radnici prema djelatnosti spolu i stupnju stručnog obrazovanja po općini rada, Dokumentacija 604*, Republički zavod za statistiku SR Hrvatske, Zagreb.
- 8) *Popis stanovništva, domaćinstava i stanova 1981. godine, Stanovništvo po naseljima, općinama i zajednicama općina, Dokumentacija 553*, Republički zavod za statistiku SR Hrvatske, Zagreb, 1984.
- 9) *Popis stanovništva, domaćinstava i stanova 1981. godine, Ukupno i poljoprivredno stanovništvo prema aktivnosti, Dokumentacija 512*, Republički zavod za statistiku SR Hrvatske, Zagreb, 1987.
- 10) *Popis stanovništva, kućanstava i stanova 2011. godine, Stanovništvo prema starosti i spolu po naseljima*, Državni zavod za statistiku, www.dzs.hr (17.4.2016.)
- 11) *Popis stanovništva, kućanstava i stanova 2011. godine, Stanovništvo staro 15 i više godina prema najvišoj završenoj školi, starosti i spolu po gradovima/općinama*, Državni zavod za statistiku, www.dzs.hr (17.4.2016.)
- 12) *Popis stanovništva, kućanstava i stanova 2011. godine, Stanovništvo staro 15 i više godina prema trenutačnoj aktivnosti, starosti i spolu po gradovima/općinama*, Državni zavod za statistiku, www.dzs.hr (17.4.2016.)

- 13) *Popis stanovništva, kućanstava i stanova 2011. godine, Zaposleni prema područjima djelatnosti, starosti i spolu po gradovima/općinama*, Državni zavod za statistiku, www.dzs.hr (17.4.2016.)
- 14) WMS DOF5, Državna geodetska uprava, <http://geoportal.dgu.hr/wms?layers=DOF> (18.4.2016.)
- 15) WMS HOK5, Državna geodetska uprava, <http://geoportal.dgu.hr/wms?layers=HOK> (18.4.2016.)
- 16) WMS TK25, Državna geodetska uprava, <http://geoportal.dgu.hr/wms?layers=TK25> (18.4.2016.)
- 17) WMS TK100, Državna geodetska uprava, <http://geoportal.dgu.hr/services/tk/wms> (18.4.2016.)
- 18) Zakon o područjima županija, gradova i općina u Republici Hrvatskoj, Narodne novine 86/06, http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2006_07_86_2045.html (20.4.2016.)

SAŽETAK

Tomislav Belić, Smiljan Buhin, Tomislav Jogun, Petra Lacković, Nino Malešić, Katarina Pavlek: Analiza promjene zemljišnog pokrova u sjevernoj Hrvatskoj od 1981. do 2011. godine

Predmet istraživanja su promjene zemljišnog pokrova između 1981. i 2011. godine na području sjeverne Hrvatske (Međimurska, Varaždinska i Koprivničko-križevačka županija). Metodološki pristup istraživanja čine daljinska istraživanja i geostatistička analiza. Dva seta satelitskih snimaka *Landsat*-a klasificirana su nadziranom klasifikacijom u četiri klase: izgrađeno, poljoprivredno, prirodna vegetacija i voda. Matrica konfuzije pokazala je visoku ukupnu točnost klasifikacije. Promjena je zabilježena na 515,96 km² (13,8 %) istraživanog prostora. Najznačajniji procesi promjene su prirodna sukcesija, poljoprivredna intenzifikacija i izgradnja na poljoprivrednom zemljištu. Budući da promjene zemljišnog pokrova utječu i na prirodne i društvene procese, za njihovo razumijevanje nužna je integracija prirodno-geografskih i društveno-geografskih podataka kao faktora promjene. Njihova kvantifikacija izvršena je regresijskom analizom u softveru *ArcGIS 10.3*, metodama *Ordinary Least Squares (OLS)* i *Geographically Weighted Regression (GWR)*. Korištene su 22 društveno-demografske i prirodno-geografske varijable. Izrađeni su modeli regresije za sukcesiju i izgradnju, dok za proces poljoprivredne intenzifikacije nije utvrđen statistički značajan model povezanosti s varijablama. OLS model za prirodnu sukcesiju objasnio je 23 % pojave, a model za izgradnju 64 % pojave. Metodom GWR dobivena je veća vrijednost R² za oba modela (sukcesija – 0,35 i izgradnja – 0,73). Time je dokazana važnost upotrebe nestacionarnog regresijskog modela. Također, manja vrijednost R² za model sukcesije upućuje da je taj proces mnogo kompleksniji te da na njega utječe mnogo različitih obilježja i procesa ovisno o karakteristikama područja.

Ključne riječi: faktori promjene, nadzirana klasifikacija, promjena zemljišnog pokrova, regresijsko modeliranje, sjeverna Hrvatska

SUMMARY

Tomislav Belić, Smiljan Buhin, Tomislav Jogun, Petra Lacković, Nino Malešić, Katarina Pavlek: Analysis of land cover change in northern Croatia from 1981 to 2011

The object of this research is land cover change from 1981 to 2011 in northern Croatia (Međimurje, Varaždin and Koprivnica-Križevci County). Methodological approach consists of remote sensing and geostatistical analysis. Two sets of satellite imageries were classified using supervised classification in four classes: built-up land, agricultural land, natural vegetation and water bodies. Confusion matrix showed high overall accuracy. The results indicate that the land cover has changed in about 515.96 sq km (13.8%) of the study area. The most significant processes of change are ecological succession, agricultural intensification and construction on agricultural land. Since the land-cover change affects both ecological and socioeconomic processes, integration of environmental and socioeconomic data as driving forces to help understand this change is very important. Regression analysis was conducted with *ArcGIS 10.3* software using *Ordinary Least Squares (OLS)* and *Geographically Weighted Regression (GWR)* methods. We used a total of 22 environmental and socioeconomic variables. Regression models were defined for ecological succession and construction process, but the statistically significant correlation with used variables wasn't determined for the process of agricultural intensification. OLS model explained 23% of the variance of ecological succession and 64% of the variance of construction process. GWR method obtained greater R^2 value for both models (succession – 0.35, and construction – 0.73). This proves the importance of using a non-stationary regression model. Also, the smaller value of R^2 for the model of ecological succession indicates that this process is much more complex and influenced by many different factors and processes depending on the characteristics of the area.

Keywords: driving forces, supervised classification, land cover change, regression modelling, northern Croatia

PRILOZI

| OG_NAZIV | GUST_1981 | GUST_2011 | IND_GUST | IS_81 | IS_11 | IS_IND | UD_VSS_81 | UD_VSS_11 | UD_VSS_IND | UD_POLJ_81 | UD_POLJ_11 | UD_POLJ_IN |
|-------------------------|-----------|-----------|----------|--------|--------|--------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| DRNJE | 79,61 | 62,77 | 78,84 | 84,22 | 110,17 | 130,81 | 1,29 | 6,76 | 522,43 | 45,33 | 28,3 | 62,43 |
| ĐELEKOVEC | 83,84 | 59,17 | 70,58 | 135,69 | 204,47 | 150,69 | 1,34 | 8,12 | 604,76 | 73,69 | 16,3 | 22,12 |
| ĐURĐEVAC | 60,19 | 52,53 | 87,28 | 77,8 | 100,59 | 129,3 | 3,36 | 12,18 | 363,14 | 41,21 | 10,7 | 25,96 |
| FERDINANDOVAC | 50,66 | 35,5 | 70,08 | 114,53 | 151,81 | 132,54 | 1,68 | 5,66 | 337,96 | 75,27 | 48,5 | 64,43 |
| GOLA | 47,25 | 31,82 | 67,36 | 88,39 | 127,7 | 144,48 | 0,85 | 2,27 | 267,95 | 76,9 | 55,7 | 72,43 |
| GORNJA RIJEKA | 81,8 | 54,22 | 66,28 | 63,8 | 92,02 | 144,24 | 0,75 | 2,52 | 334,98 | 70,29 | 47,5 | 67,57 |
| HLEBINE | 59,57 | 42,1 | 70,68 | 96,53 | 144,95 | 150,16 | 1,27 | 4,97 | 392,33 | 77,32 | 27,3 | 35,31 |
| KALINOVAC | 60,14 | 44,88 | 74,63 | 106,94 | 118,22 | 110,54 | 1,18 | 8,29 | 702,66 | 61,41 | 40,5 | 65,95 |
| KALNIK | 83,37 | 51,19 | 61,41 | 72,86 | 125,13 | 171,73 | 0,72 | 5,54 | 767,42 | 71,4 | 37,7 | 52,8 |
| KLOŠTAR PODRAVSKI | 80,32 | 64,84 | 80,73 | 70,05 | 99,16 | 141,56 | 1,48 | 4,98 | 336,33 | 61,24 | 37,7 | 61,56 |
| KOPRIVNICA | 284,99 | 338,96 | 118,94 | 44,63 | 102,88 | 230,51 | 6,63 | 18,73 | 282,57 | 9,46 | 2,4 | 25,36 |
| KOPRIVNIČKI BREGI | 80,86 | 68,08 | 84,19 | 68,82 | 119,15 | 173,14 | 1,48 | 5,53 | 374,29 | 38,38 | 18,1 | 47,15 |
| KOPRIVNIČKI IVANEC | 87,82 | 64,25 | 73,16 | 93,66 | 140,89 | 150,43 | 0,96 | 5,9 | 614,28 | 61,43 | 11,4 | 18,56 |
| KRIŽEVCI | 86,28 | 80,03 | 92,75 | 58,77 | 109,45 | 186,23 | 4,32 | 12,83 | 297,11 | 42,35 | 15,2 | 35,89 |
| LEGRAD | 59,77 | 35,76 | 59,82 | 141,15 | 214,39 | 151,88 | 0,81 | 4,67 | 579,45 | 74,95 | 52,97 | 70,68 |
| MOLVE | 60,89 | 47 | 77,19 | 83,73 | 116,31 | 138,91 | 1,32 | 5,02 | 380,82 | 83,93 | 43,92 | 52,33 |
| NOVIGRAD PODRAVSKI | 58,92 | 44,43 | 75,4 | 98,15 | 119,25 | 121,49 | 1,77 | 7,02 | 396,4 | 61,47 | 21,14 | 34,39 |
| NOVO VIRJE | 52,11 | 33,76 | 64,78 | 102,5 | 125,36 | 122,3 | 0,84 | 3,18 | 376,39 | 83,91 | 56,99 | 67,91 |
| PETERANEC | 61,75 | 52,2 | 84,53 | 106,26 | 95,48 | 89,86 | 0,83 | 5,59 | 675,25 | 61,43 | 21,49 | 34,98 |
| PODRAVSKE SESVETE | 74,8 | 55,27 | 73,89 | 93,23 | 116,15 | 124,59 | 0,55 | 3,65 | 664,96 | 65,01 | 43,48 | 66,88 |
| RASINJA | 44,8 | 30,94 | 69,06 | 112,45 | 113,65 | 101,06 | 0,88 | 5,3 | 605,87 | 70,74 | 25,37 | 35,87 |
| SOKOLOVAC | 36,63 | 24,97 | 68,16 | 72 | 131,31 | 182,37 | 0,77 | 3,48 | 453,51 | 66,18 | 33,65 | 50,84 |
| SVETI IVAN | 62,02 | 48,95 | 78,92 | 87,35 | 128,27 | 146,85 | 1,18 | 4,6 | 391,02 | 69,41 | 41,54 | 59,84 |
| SVETI PETAR OREHOVEC | 70,1 | 50,24 | 71,68 | 61,31 | 103,97 | 169,59 | 0,47 | 3,55 | 760,79 | 88,07 | 62,86 | 71,37 |
| VIRJE | 74,42 | 58,36 | 78,42 | 101,61 | 108,65 | 106,93 | 1,34 | 6,78 | 507,97 | 66,81 | 16,33 | 24,44 |
| BELICA | 133,55 | 115,76 | 86,68 | 60,34 | 121,46 | 201,28 | 0,34 | 5,02 | 1460,37 | 60,07 | 23,72 | 39,49 |

| OG_NAZIV | GUST_1981 | GUST_2011 | IND_GUST | IS_81 | IS_11 | IS_IND | UD_VSS_81 | UD_VSS_11 | UD_VSS_IND | UD_POLJ_81 | UD_POLJ_11 | UD_POLJ_IN |
|----------------------|-----------|-----------|----------|-------|--------|--------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| ČAKOVEC | 339,96 | 371,72 | 109,34 | 33,48 | 92,21 | 275,42 | 7,71 | 18,88 | 244,8 | 9,28 | 1,95 | 21,06 |
| DEKANOVEC | 157,9 | 126,91 | 80,37 | 43,4 | 103,94 | 239,46 | 0,55 | 5,72 | 1040,8 | 89,36 | 8,15 | 9,12 |
| DOMAŠINEC | 76,89 | 63,09 | 82,06 | 49,43 | 93,33 | 188,82 | 1,17 | 4,64 | 395,52 | 58,11 | 8,58 | 14,76 |
| DONJA DUBRAVA | 145,67 | 102,87 | 70,61 | 74,46 | 159,76 | 214,57 | 1,85 | 7,13 | 385,02 | 51,32 | 3,82 | 7,44 |
| DONJI KRALJEVEC | 146,26 | 127,68 | 87,3 | 64,73 | 134,29 | 207,48 | 2,33 | 8,7 | 373,84 | 39,1 | 10,78 | 27,57 |
| DONJI VIDOVEC | 140,88 | 103,51 | 73,48 | 76,98 | 151,02 | 196,17 | 1,11 | 6,07 | 544,71 | 60,22 | 4,91 | 8,15 |
| GORIČAN | 154,13 | 133,63 | 86,7 | 56,5 | 108,69 | 192,35 | 1,26 | 5,42 | 430,66 | 28,34 | 2,4 | 8,47 |
| GORNJI MIHALJEVEC | 74,65 | 59,93 | 80,28 | 64,18 | 117,24 | 182,67 | 1,52 | 4,73 | 310,89 | 67,78 | 18,78 | 27,7 |
| KOTORIBA | 127,63 | 122,46 | 95,95 | 61,24 | 98,44 | 160,74 | 1,63 | 6,72 | 411,92 | 23,16 | 4,3 | 18,56 |
| MALA SUBOTICA | 131,79 | 127,79 | 96,96 | 48,93 | 80,28 | 164,07 | 1,03 | 5,84 | 566,67 | 47,01 | 5,34 | 11,37 |
| MURSKO SREDIŠČE | 190,29 | 186,91 | 98,22 | 34,77 | 83,74 | 240,85 | 2,54 | 9,17 | 361,3 | 14,3 | 2 | 13,97 |
| NEDELIŠČE | 175,12 | 203,82 | 116,39 | 35,28 | 68,61 | 194,44 | 1,51 | 8,82 | 583,95 | 20,51 | 3,07 | 14,95 |
| OREHOVICA | 147,08 | 134,28 | 91,3 | 53,3 | 72,05 | 135,18 | 0,66 | 3,73 | 565,76 | 74,21 | 18,75 | 25,26 |
| PODTUREN | 161,16 | 121,82 | 75,59 | 42,29 | 87,33 | 206,51 | 0,96 | 4,09 | 424,6 | 55,64 | 5,43 | 9,76 |
| PRELOG | 126,36 | 122,21 | 96,72 | 65,73 | 107,81 | 164,01 | 1,78 | 9,09 | 509,65 | 43,26 | 5,22 | 12,08 |
| PRIBISLAVEC | 227,45 | 277,76 | 122,12 | 26,91 | 49,73 | 184,78 | 1,2 | 6,74 | 561,25 | 20,47 | 1,62 | 7,91 |
| SELNICA | 137,1 | 120,15 | 87,64 | 39,65 | 93,17 | 234,99 | 0,59 | 5,13 | 875,58 | 40,89 | 3,98 | 9,73 |
| STRAHONINEC | 276,56 | 314,7 | 113,79 | 24,14 | 96,74 | 400,69 | 1,91 | 10,16 | 532,24 | 10,83 | 2,72 | 25,15 |
| SVETA MARIJA | 121,04 | 100,38 | 82,93 | 76,31 | 122,12 | 160,05 | 1,51 | 6,57 | 436,48 | 39,11 | 4,86 | 12,43 |
| SVETI JURAJ NA BREGU | 152,44 | 166,51 | 109,23 | 38,21 | 76,03 | 199 | 0,93 | 7,35 | 794,6 | 41,65 | 3,79 | 9,11 |
| SVETI MARTIN NA MURI | 122,63 | 103,62 | 84,5 | 41,69 | 96,08 | 230,47 | 1,34 | 6,28 | 468,67 | 34,93 | 3,08 | 8,82 |
| ŠENKOVEC | 255,84 | 318,72 | 124,58 | 27,09 | 82,39 | 304,12 | 1,83 | 16,28 | 889,52 | 8,85 | 1,99 | 22,53 |
| ŠTRIGOVA | 93,94 | 70,17 | 74,7 | 66,25 | 148,97 | 224,85 | 1,21 | 5,18 | 428,04 | 66,65 | 13,06 | 19,6 |
| VRATIŠINEC | 146,48 | 124,41 | 84,93 | 33,84 | 88,01 | 260,08 | 1,32 | 4,74 | 359,55 | 35,41 | 2,44 | 6,89 |
| BEDNJA | 85,88 | 52,05 | 60,61 | 67,67 | 136,46 | 201,66 | 1,35 | 5,68 | 420,91 | 56,64 | 1,35 | 2,39 |
| BERETINEC | 175,14 | 175,54 | 100,23 | 50 | 93,9 | 187,79 | 0,72 | 5,68 | 787,66 | 41,69 | 1,9 | 4,56 |
| BREZNICA | 82,21 | 64,57 | 78,54 | 76,44 | 95,3 | 124,68 | 0,4 | 4,4 | 1106,59 | 75,31 | 8,87 | 11,78 |

| OG_NAZIV | GUST_1981 | GUST_2011 | IND_GUST | IS_81 | IS_11 | IS_IND | UD_VSS_81 | UD_VSS_11 | UD_VSS_IND | UD_POLJ_81 | UD_POLJ_11 | UD_POLJ_IN |
|----------------------|-----------|-----------|----------|-------|--------|--------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| BREZNIČKI HUM | 78,18 | 51,94 | 66,44 | 89,49 | 148,97 | 166,47 | 1,3 | 6,02 | 462,49 | 73,66 | 5,49 | 7,46 |
| CESTICA | 129,09 | 124,96 | 96,8 | 51,81 | 95,3 | 183,97 | 0,71 | 4,99 | 702,45 | 54,84 | 2,69 | 4,9 |
| DONJA VOĆA | 104,72 | 68,51 | 65,43 | 59,09 | 108,85 | 184,2 | 0,96 | 3,24 | 337,54 | 70,59 | 4,42 | 6,26 |
| DONJI MARTIJANEC | 96,87 | 70,32 | 72,59 | 66,51 | 126,92 | 190,83 | 0,99 | 4,36 | 439,86 | 55,61 | 16,26 | 29,23 |
| GORNJI KNEGINEC | 214,27 | 239,43 | 111,74 | 43,11 | 105,04 | 243,68 | 1,97 | 9,3 | 471,41 | 18,81 | 2,2 | 11,68 |
| IVANEC | 145,34 | 143,17 | 98,5 | 45,85 | 101,68 | 221,78 | 3,24 | 10,58 | 326,95 | 19 | 1,43 | 7,55 |
| JALŽABET | 99,72 | 94,05 | 94,31 | 89,53 | 122,16 | 136,44 | 1,02 | 5,39 | 526,84 | 63,73 | 5,81 | 9,12 |
| KLENOVNIK | 106,79 | 78,81 | 73,8 | 58,02 | 102,61 | 176,85 | 1,93 | 6,29 | 325,62 | 50,41 | 2,47 | 4,91 |
| LEPOGLAVA | 146,19 | 126,45 | 86,5 | 51,92 | 102,45 | 197,32 | 2,77 | 8,83 | 318,99 | 45,93 | 2,09 | 4,56 |
| LUDBREG | 119,56 | 124,14 | 103,83 | 50,62 | 100,45 | 198,44 | 4,71 | 12,63 | 268,41 | 27,05 | 3,89 | 14,4 |
| LJUBE | 60,45 | 52,19 | 86,34 | 59,33 | 91,03 | 153,41 | 0,94 | 6,73 | 715,59 | 51,52 | 1,61 | 3,12 |
| MALI BUKOVEC | 80,23 | 59,32 | 73,93 | 92,05 | 129,08 | 140,23 | 0,32 | 4,72 | 1453,15 | 74,29 | 9,92 | 13,35 |
| MARUŠEVEC | 144,7 | 127,23 | 87,93 | 59,17 | 116,18 | 196,35 | 1,31 | 6,66 | 507,08 | 22,87 | 7,49 | 32,73 |
| NOVI MAROF | 126,89 | 118,53 | 93,41 | 52,52 | 95,68 | 182,18 | 2,17 | 8,87 | 409,07 | 32,44 | 1,36 | 4,19 |
| PETRIJANEC | 93,76 | 100,09 | 106,74 | 52,25 | 72,59 | 138,93 | 1,35 | 5,09 | 377,48 | 56,76 | 10,83 | 19,07 |
| SRAČINEC | 187,32 | 205,76 | 109,85 | 32,18 | 78,66 | 244,41 | 0,33 | 5,82 | 1747,44 | 27,73 | 3,36 | 12,11 |
| SVETI ĐURĐ | 97,15 | 84,07 | 86,53 | 78,38 | 97,45 | 124,33 | 0,51 | 3,98 | 779,42 | 69,32 | 9,61 | 13,87 |
| SVETI ILIJA | 210,67 | 203,93 | 96,8 | 49,88 | 97,02 | 194,5 | 1,48 | 8,03 | 542,13 | 37,03 | 2,34 | 6,31 |
| TRNOVEC BARTOLOVEČKI | 158,19 | 177,67 | 112,32 | 43,22 | 88,93 | 205,74 | 1,51 | 7,49 | 495,58 | 24,6 | 2,03 | 8,26 |
| VARAŽDIN | 771,07 | 789,61 | 102,4 | 41,31 | 134,83 | 326,35 | 10,77 | 23,48 | 217,96 | 3,94 | 1,21 | 30,72 |
| VARAŽDINSKE TOPLICE | 91,29 | 79,78 | 87,39 | 56,63 | 107,32 | 189,51 | 2,86 | 9,89 | 346,24 | 50,6 | 2,36 | 4,67 |
| VELIKI BUKOVEC | 69,92 | 62,65 | 89,6 | 97,83 | 122,08 | 124,8 | 2,03 | 5,51 | 271,17 | 62,28 | 13,15 | 21,11 |
| VIDOVEC | 170,35 | 169,57 | 99,54 | 54,7 | 91,06 | 166,47 | 1,11 | 6,44 | 577,63 | 55,19 | 15,49 | 28,07 |
| VINICA | 123,63 | 105,43 | 85,28 | 51,75 | 98,49 | 190,32 | 1,52 | 6,72 | 441,53 | 39,39 | 3,89 | 9,88 |
| VISOKO | 79,31 | 60,25 | 75,98 | 75,38 | 110,84 | 147,04 | 0,73 | 4,65 | 633,08 | 78,9 | 10,14 | 12,85 |

| OG_NAZIV | UDIO_SUKC | UDIO_IZGR | UDIO_INT | UDIO0_200 | UDIO200_300 | UDIO300_400 | UDIO400_500 | UDIO_500 | UDIO0_2 | UDIO2_5 | UDIO5_12 | UDIO12_32 | UDIO_32 |
|----------------------|-----------|-----------|----------|-----------|-------------|-------------|-------------|----------|---------|---------|----------|-----------|---------|
| DRNJE | 6,29 | 1,09 | 0,82 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 93,13 | 6,17 | 0,7 | 0 | 0 |
| ĐELEKOVEC | 5,83 | 0,61 | 5,22 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92,26 | 7,19 | 0,55 | 0 | 0 |
| ĐURĐEVAC | 10,69 | 0,46 | 1,5 | 71,69 | 28,31 | 0 | 0 | 0 | 45 | 25,6 | 24,75 | 4,64 | 0 |
| FERDINANDOVAC | 9,79 | 0,33 | 4,32 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 78,11 | 15,19 | 6,43 | 0,28 | 0 |
| GOLA | 3,5 | 0,95 | 1,48 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 79,72 | 14,36 | 5,76 | 0,15 | 0 |
| GORNJA RIJEKA | 2,72 | 0,99 | 2,96 | 42,2 | 41,86 | 10,83 | 5,09 | 0,02 | 8,75 | 25,3 | 50,64 | 15,26 | 0,05 |
| HLEBINE | 8,78 | 0,8 | 4,79 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85,92 | 11,44 | 2,63 | 0,01 | 0 |
| KALINOVAC | 7,11 | 0,92 | 2,29 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80,5 | 14,08 | 5,21 | 0,21 | 0 |
| KALNIK | 2,16 | 0,31 | 2,78 | 13,04 | 43,09 | 24,06 | 16,53 | 3,28 | 6,85 | 17,68 | 42,95 | 31,54 | 0,98 |
| KLOŠTAR PODRAVSKI | 8,77 | 1,59 | 2,87 | 85,92 | 14,08 | 0 | 0 | 0 | 61,84 | 19,72 | 15,19 | 3,25 | 0 |
| KOPRIVNICA | 4,47 | 4,74 | 1,61 | 82,28 | 17,49 | 0,23 | 0 | 0 | 65,63 | 13,83 | 17,03 | 3,51 | 0 |
| KOPRIVNIČKI BREGI | 3,27 | 1,4 | 1,87 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 93,84 | 5,92 | 0,25 | 0 | 0 |
| KOPRIVNIČKI IVANEC | 8,46 | 0,25 | 0,25 | 73,16 | 26,75 | 0,1 | 0 | 0 | 53,07 | 20,69 | 22,29 | 3,96 | 0 |
| KRIŽEVCI | 4,91 | 1,14 | 2,38 | 77,95 | 16,18 | 5,1 | 0,76 | 0 | 25,19 | 30,59 | 36,06 | 8,11 | 0,05 |
| LEGRAD | 6,78 | 0,39 | 1,17 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90,6 | 7,86 | 1,53 | 0 | 0 |
| MOLVE | 12,64 | 1,23 | 3,34 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82,71 | 14,3 | 2,97 | 0,02 | 0 |
| NOVIGRAD PODRAVSKI | 5,54 | 0,88 | 2,14 | 80,34 | 19,65 | 0,01 | 0 | 0 | 59,46 | 21,26 | 17,49 | 1,79 | 0 |
| NOVO VIRJE | 17,18 | 1,58 | 1,81 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88,87 | 9,08 | 1,94 | 0,12 | 0 |
| PETERANEC | 6,62 | 0,63 | 1,73 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 93,43 | 5,39 | 1,18 | 0 | 0 |
| PODRAVSKE SESVETE | 9,72 | 1,94 | 2,78 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 79,97 | 15,8 | 4,03 | 0,2 | 0 |
| RASINJA | 8,62 | 0,62 | 1,46 | 49,23 | 47,34 | 3,43 | 0 | 0 | 41,46 | 27,42 | 26,7 | 4,43 | 0 |
| SOKOLOVAC | 9,94 | 0,42 | 2,68 | 36,53 | 63,21 | 0,26 | 0 | 0 | 15,21 | 35,8 | 43,14 | 5,85 | 0 |
| SVETI IVAN | 3,3 | 2,84 | 5,83 | 97,56 | 2,44 | 0 | 0 | 0 | 35,7 | 34,61 | 27,29 | 2,4 | 0 |
| SVETI PETAR OREHOVEC | 3,3 | 0,62 | 3,47 | 86,05 | 13,83 | 0,11 | 0 | 0 | 28,51 | 31,09 | 34,51 | 5,89 | 0 |
| VIRJE | 10,41 | 1,04 | 2,08 | 76,08 | 23,92 | 0 | 0 | 0 | 50,67 | 25,58 | 21,06 | 2,69 | 0 |
| BELICA | 3,85 | 1,48 | 2,96 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95,42 | 4,4 | 0,19 | 0 | 0 |
| ČAKOVEC | 2,34 | 5,13 | 1,67 | 91,37 | 8,63 | 0 | 0 | 0 | 90,29 | 8,19 | 1,5 | 0,02 | 0 |

| OG_NAZIV | UDIO_SUKC | UDIO_IZGR | UDIO_INT | UDIO0_200 | UDIO200_300 | UDIO300_400 | UDIO400_500 | UDIO_500 | UDIO0_2 | UDIO2_5 | UDIO5_12 | UDIO12_32 | UDIO_32 |
|----------------------|-----------|-----------|----------|-----------|-------------|-------------|-------------|----------|---------|---------|----------|-----------|---------|
| DEKANOVEC | 11,01 | 2,75 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92,15 | 7,25 | 0,61 | 0 | 0 |
| DOMAŠINEC | 16,05 | 0,68 | 0,9 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82,78 | 15,13 | 2,09 | 0 | 0 |
| DONJA DUBRAVA | 12,8 | 2,21 | 1,32 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88,37 | 10,12 | 1,51 | 0 | 0 |
| DONJI KRALJEVEC | 16,05 | 2,26 | 1,81 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 93,32 | 6,63 | 0,05 | 0 | 0 |
| DONJI VIDOVEC | 11,77 | 1,18 | 1,77 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92,72 | 7,12 | 0,15 | 0 | 0 |
| GORIČAN | 15,02 | 3,08 | 4,62 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 | 7,45 | 0,55 | 0 | 0 |
| GORNJI MIHALJEVEC | 6,39 | 0,77 | 4,86 | 4,69 | 93,8 | 1,5 | 0 | 0 | 34,42 | 37,98 | 25,6 | 2 | 0 |
| KOTORIBA | 6,47 | 1,54 | 2,77 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 89,93 | 9,24 | 0,83 | 0 | 0 |
| MALA SUBOTICA | 4,99 | 2,88 | 2,69 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 93,11 | 6,45 | 0,44 | 0 | 0 |
| MURSKO SREDIkrE | 7,03 | 4,12 | 5,58 | 97,97 | 2,03 | 0 | 0 | 0 | 83,81 | 14,49 | 1,67 | 0,02 | 0 |
| NEDELIŠĆE | 5,81 | 3,87 | 3,73 | 94,86 | 5,14 | 0 | 0 | 0 | 88,05 | 9,43 | 2,49 | 0,03 | 0 |
| OREHOVICA | 3,19 | 0,8 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96,67 | 3,3 | 0,04 | 0 | 0 |
| PODTUREN | 16,29 | 0,78 | 1,55 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 89,64 | 9,57 | 0,78 | 0,01 | 0 |
| PRELOG | 7,62 | 4,06 | 1,52 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 94,2 | 4,56 | 0,9 | 0,34 | 0 |
| PRIBISLAVEC | 5,99 | 6,74 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96,01 | 3,91 | 0,08 | 0 | 0 |
| SELNICA | 11,74 | 0,65 | 3,91 | 27,42 | 72,46 | 0,13 | 0 | 0 | 28,64 | 27,2 | 37,64 | 6,52 | 0 |
| STRAHONINEC | 1,89 | 1,89 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95,27 | 3,53 | 1,2 | 0 | 0 |
| SVETA MARIJA | 9,93 | 1,42 | 3,55 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 91,99 | 6,41 | 1,53 | 0,07 | 0 |
| SVETI JURAJ NA BREGU | 9,41 | 2,69 | 4,84 | 12,98 | 78,29 | 8,73 | 0 | 0 | 22,89 | 41,05 | 33,83 | 2,24 | 0 |
| SVETI MARTIN NA MURI | 7,45 | 2,91 | 6,15 | 68,07 | 31,93 | 0 | 0 | 0 | 52,16 | 20,63 | 22,58 | 4,62 | 0,01 |
| ŠENKOVEC | 11,48 | 5,3 | 6,18 | 70,18 | 29,82 | 0 | 0 | 0 | 59,21 | 33,17 | 7,62 | 0 | 0 |
| ŠTRIGOVA | 10,45 | 0,2 | 5,94 | 8,96 | 88,41 | 2,63 | 0 | 0 | 10,19 | 24,48 | 55,08 | 10,26 | 0 |
| VRATIŠINEC | 5,69 | 3,1 | 6,21 | 99,85 | 0,15 | 0 | 0 | 0 | 89,5 | 10,03 | 0,48 | 0 | 0 |
| BEDNJA | 14,45 | 0 | 2,12 | 0 | 51,29 | 41,51 | 5,84 | 1,35 | 5,84 | 14,84 | 46,74 | 31,35 | 1,23 |
| BERETINEC | 7,85 | 1,96 | 5,89 | 54,9 | 44,54 | 0,56 | 0 | 0 | 40,92 | 19,76 | 32,31 | 7,01 | 0 |
| BREZNICA | 8,44 | 1,45 | 5,07 | 81,2 | 18,8 | 0 | 0 | 0 | 19,71 | 22,75 | 45,68 | 11,86 | 0 |
| BREZNIČKI HUM | 4,1 | 0,95 | 4,1 | 38,57 | 48,46 | 12,73 | 0,24 | 0 | 9,1 | 18,65 | 53,15 | 19,06 | 0,04 |

| OG_NAZIV | UDIO_SUKC | UDIO_IJGR | UDIO_INT | UDIO0_200 | UDIO200_300 | UDIO300_400 | UDIO400_500 | UDIO_500 | UDIO0_2 | UDIO2_5 | UDIO5_12 | UDIO12_32 | UDIO_32 |
|----------------------|-----------|-----------|----------|-----------|-------------|-------------|-------------|----------|---------|---------|----------|-----------|---------|
| CESTICA | 12,19 | 2,12 | 4,06 | 54,68 | 43,82 | 1,5 | 0 | 0 | 56,54 | 12,47 | 22,25 | 8,72 | 0,02 |
| DONJA VOĆA | 18,81 | 0,22 | 2,46 | 0,32 | 78,45 | 20,57 | 0,65 | 0 | 9,72 | 22,59 | 45,49 | 22,02 | 0,18 |
| DONJI MARTIJANEC | 3,42 | 0,59 | 2,23 | 71,54 | 27,14 | 1,32 | 0 | 0 | 56,77 | 15,38 | 20,33 | 7,52 | 0,01 |
| GORNJI KNEGINEC | 5,92 | 4,44 | 4,44 | 43,67 | 49,73 | 6,6 | 0 | 0 | 33,2 | 20,7 | 40,06 | 6,04 | 0 |
| IVANEC | 7,5 | 1,7 | 4,01 | 5,69 | 71,63 | 9,99 | 4,42 | 8,27 | 22,22 | 21,88 | 33,73 | 19,69 | 2,48 |
| JALŽABET | 6,1 | 1,05 | 2,1 | 69,2 | 30,8 | 0 | 0 | 0 | 54,97 | 19,17 | 23,55 | 2,31 | 0 |
| KLENOVNIK | 11,74 | 0,32 | 2,54 | 0 | 74,21 | 19,88 | 5,91 | 0 | 15,32 | 28,17 | 38,38 | 17,36 | 0,77 |
| LEPOGLAVA | 5,95 | 0,74 | 3,97 | 0 | 43,6 | 34,09 | 11,05 | 11,26 | 10,92 | 14,75 | 35,36 | 35,97 | 3 |
| LUDBREG | 4,3 | 2,98 | 1,79 | 59,8 | 38,08 | 2,12 | 0 | 0 | 47,45 | 15,82 | 30,81 | 5,92 | 0 |
| LJUBE | 7,55 | 1,14 | 2,29 | 13,62 | 36,27 | 27,72 | 15,14 | 7,25 | 10,84 | 11,3 | 42,32 | 34,86 | 0,68 |
| MALI BUKOVEC | 10,06 | 0,22 | 0,66 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88,95 | 9,09 | 1,96 | 0,01 | 0 |
| MARUŠEVEC | 4,71 | 4,06 | 2,6 | 54,13 | 45,87 | 0 | 0 | 0 | 54,18 | 28,52 | 16,42 | 0,88 | 0 |
| NOVI MAROF | 5,8 | 1,6 | 3,27 | 16,2 | 55,96 | 16,95 | 9,31 | 1,58 | 13,12 | 16,39 | 42,76 | 26,86 | 0,87 |
| PETRIJANEC | 5,45 | 2,72 | 3,57 | 99,75 | 0,25 | 0 | 0 | 0 | 92,71 | 6,65 | 0,63 | 0,01 | 0 |
| SRAČINEC | 5,87 | 3,8 | 3,11 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95,6 | 4,24 | 0,17 | 0 | 0 |
| SVETI ĐURĐ | 3,05 | 1,26 | 2,16 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 93,75 | 4,13 | 1,12 | 1,01 | 0 |
| SVETI ILIJA | 5,62 | 3,28 | 0,94 | 40,85 | 58,87 | 0,28 | 0 | 0 | 31,5 | 21,82 | 37,26 | 9,42 | 0 |
| TRNOVEC BARTOLOVEČKI | 3,79 | 4,64 | 3,58 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 91,32 | 7,7 | 0,98 | 0 | 0 |
| VARAŽDIN | 3,87 | 7,46 | 3,45 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 94,08 | 4,65 | 1,26 | 0 | 0 |
| VARAŽDINSKE TOPLICE | 5,72 | 1,22 | 2,35 | 24,08 | 50,49 | 20,26 | 5,13 | 0,05 | 11,91 | 13,98 | 44,85 | 29,23 | 0,04 |
| VELIKI BUKOVEC | 0,71 | 1,07 | 1,42 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 93,74 | 4,88 | 1,16 | 0,22 | 0 |
| VIDOVEC | 0,25 | 3,31 | 2,03 | 97,24 | 2,76 | 0 | 0 | 0 | 94,31 | 2,83 | 2,4 | 0,46 | 0 |
| VINICA | 6,58 | 0,76 | 2,02 | 46,72 | 52,84 | 0,44 | 0 | 0 | 44,6 | 16,21 | 31,43 | 7,76 | 0 |
| VISOKO | 2,91 | 1,3 | 4,86 | 51,94 | 31,76 | 16,21 | 0,09 | 0 | 10,98 | 21,93 | 50,8 | 16,3 | 0 |