

Analiza promjene šumskog pokrova Spačvanskog bazena od 1975. do 2022. godine pomoću satelitskih snimaka

Karaula, Mihovil

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:377147>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Mihovil Karaula

**Analiza promjene šumskog pokrova Spačvanskog bazena od 1975. do 2022. pomoću
satelitskih snimaka**

Diplomski rad

Zagreb

2023.

Mihovil Karaula

**Analiza promjene šumskog pokrova Spačvanskog bazena od 1975. do 2022. pomoću
satelitskih snimaka**

Diplomski rad

predan na ocjenu Geografskom odsjeku

Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

radi stjecanja akademskog zvanja

magistra geografije

Zagreb

2023.

Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog sveučilišnog studija *Geografija; smjer: istraživački (Geografski informacijski sustavi)* na Geografskom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc.dr.sc. Luke Valožića

Sveučilište u Zagrebu

Diplomski rad

Prirodoslovno-matematički fakultet

Geografski odsjek

Analiza promjene šumskog pokrova Spačvanskog bazena od 1975. do 2022. pomoću satelitskih snimaka

Mihovil Karaula

Izvadak: Predmet istraživanja ovog diplomskog rada jest analiza promjene šumskoga pokrova u Spačvanskome bazenu u razdoblju od 1975. do 2022. godine, uz referentne godine 1976., 1991. i 2022. Područje istraživanja u potpunosti je smješteno u Vukovarsko-srijemskoj županiji, a sastoji se od 16 šumskogospodarskih jedinica, čije su prostorne granice ustupljene od strane Hrvatskih šuma u obliku GIS shapefilea. Analiza promjene pokrova provedena je preko Landsat satelitskih snimaka preuzetih s *Earth Explorer* servisa Američkog zavoda za geologiju (USGS). Korištene su snimke Landsat 1 (za 1976.), Landsat 5 (za 1991.) te Landsat 9 (za 2022.) misija. Stanja zemljišnih pokrova utvrđena su pomoću ručne nadzirane klasifikacije unutar ESRI-jevoga softverskog paketa ArcMap 10.8 unutar 4 klase zemljišnog pokrova. Pri klasifikaciji korišteni su RGB kompoziti satelitskih snimaka, kao i *false color* kompoziti te CVI (Chlorophyll Vegetation Index) vegetacijski indeks. Površine klasa zemljišnih pokrova utvrđene su pomoću funkcija unutar ArcMap programa i poznate veličine ćelije, odnosno piksela pojedinih satelitskih snimaka. Površine klasa potom su uspoređene te su izrađeni i rasteri promjene unutar kojih su promjene između klasa pokrova grupirane u 4 karakteristične skupine. U promatranome razdoblju od 1975. do 2022. uočena je dominacija procesa gubitka šumskoga pokrova, odnosno šumske mase, to jest procesa deforestacije, dok je proces reforestacije, odnosno obnove šumske vegetacije, bio prisutan, međutim u znatnoj manjoj mjeri.

52 stranice, 19 grafičkih priloga, 6 tablica, 34 bibliografske reference; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: GIS, šumski pokrov, Landsat, Spačva, daljinska istraživanja, klasifikacija zemljišnog pokrova

Voditelj: doc.dr.sc. Luka Valozić

Povjerenstvo: doc.dr.sc. Luka Valozić

prof.dr.sc. Aleksandar Toskić

doc.dr.sc. Dubravka Spevec

Tema prihvaćena: 10.02.2022.

Rad prihvaćen: 13.2.2023.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Master Thesis

Faculty of Science

Department of Geography

Analysis of forest cover change in Spačva basin from 1975 to 2022 using satellite imagery

Mihovil Karaula

Abstract: The aim of this thesis is analysis of forest cover change in Spačva basin from 1975 to 2022, using reference years of 1976, 1991 and 2022. Research area is in its whole a part of Vukovar-Srijem County and consists of 16 forest management units, which spatial boundaries were granted by the Croatian Forestry via the GIS shapefile. Forest cover change analysis was carried out using the Landsat satellite images, accessed to via the Earth Explorer service of the United States Geological Survey (USGS). In use were the images of the Landsat 1 (1976), Landsat 5 (1991) and Landsat 9 (2022) mission for the respective reference years. Land cover state was determined using the manual supervised image classification in ESRI software package ArcMap 10.8. and divided into 4 land cover classes. RGB composites, as well as false colour composites and CVI index were in use in order to carry out the classification. Areas of land cover classes were determined using ArcMap functions as well as the known area and size of the raster cell for each satellite image. Areas of the land cover classes were then compared through the years and inter-class cover changes rasters between the respective reference years were made in addition. Land cover changes between the land cover classes were grouped into 4 characteristic groups. The analysis of this paper brought a conclusion of domination of process of deforestation, while process of reforestation exists, but on a significantly smaller scale.

52 pages, 19 figures, 6 tables, 34 references; original in Croatian

Keywords: GIS, forest cover, Landsat, Spačva, remote sensing, land cover classification

Supervisor: Luka Valožić, PhD, Assistant Professor

Reviewers: Luka Valožić, PhD Assistant Professor

Aleksandar Toskić, PhD, Full Professor

Dubravka Spevec, PhD, Full Professor

Thesis title accepted: 10/2/2022

Thesis accepted: 13/2/2023

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Predmet i ciljevi istraživanja.....	2
1.2. Prostorni okvir istraživanja.....	3
1.3. Pregled dosadašnjih istraživanja.....	5
2. OSNOVNA GEOGRAFSKA OBILJEŽJA PODRUČJA ISTRAŽIVANJA.....	7
2.1. Reljef i klima.....	7
2.2. Demografska obilježja.....	10
2.2.1. Opće kretanje stanovništva 1971.- 2021.....	12
2.2.2. Struktura stanovništva prema sektorima djelatnosti.....	14
3. METODE I TEHNIKE RADA.....	17
3.1. Landsat misije.....	17
3.1.1. Landsat 1.....	18
3.1.2. Landsat 5.....	19
3.1.3. Landsat 9.....	20
3.2. Detekcija vegetacije na satelitskim snimkama.....	21
3.2.1. Vegetacijski indeksi.....	24
3.3. Klasifikacija snimaka.....	27
4. REZULTATI ANALIZE.....	30
4.1. Stanje 1976. godine.....	30
4.2. Stanje 1991. godine.....	33
4.3. Stanje 2022. godine.....	36
4.4. Promjene zemljišnog pokrova.....	37
4.5. Promjena između 1976. i 1991 godine.....	40
4.6. Promjena između 1991. i 2022 godine.....	40
4.7. Promjena između 1976. i 2022 godine.....	42
5. PROVJERA TOČNOSTI KLASIFIKACIJE SNIMAKA.....	44
5.1. Točnost klasifikacije za 2022.....	46
6. RASPRAVA.....	48
7. ZAKLJUČAK.....	52

LITERATURA.....	53
IZVORI.....	56
PRILOZI.....	VII
Popis slika.....	VII
Popis tablica.....	VIII

1. UVOD

Šuma i šumska područja oduvijek su bili važni za čovjeka, kako u prapovijesnim razdobljima lovačko-sakupljačkog načina života, tako i u uvjetima i vremenu suvremenog društva i svijeta. Šuma je služila prvenstveno kao izvor hrane, primjerice, gljiva, bobičastih plodova, stanište divljači i slično, a kasnije i kao izvor vrijednog materijala, drveta. Pojavom sjedilačkog načina života, odnosno sedentarnosti, konsekvntno razvojem poljoprivrede, čovjek počinje šumu krčiti, odnosno uklanjati šumski pokrov, kako bi zemljište pretvorio u poljoprivredno ili pak stambeno, što se u nikad većoj mjeri i intenzitetu susreće i u današnjemu svijetu. Osim kao izvor ekonomske dobiti, važnost šume očituje se i u njezinom bioekološkom značaju, kao prirodno stanište brojnih životinjskih i biljnih vrsta, a sve više ih se spominje i u kontekstu ugljične neutralnosti i ponora ugljika. S obzirom na navedenu dihotomiju u mogućnostima valoriziranja šume i šumske mase, ističe se važnost održivoga i odgovornoga gospodarenja šumskim resursima kako bi postojala mogućnost uspostave ravnoteže između ekonomskoga iskorištavanja šume i prepoznavanja njezinih ekoloških vrijednosti.

U Republici Hrvatskoj, pojam šume i šumskoga zemljišta definirani su Zakonom o šumama iz 2018. godine na sljedeći način: „Šumom se smatra zemljište koje je suvislo obraslo šumskim drvećem i/ili njegovim grmolikim oblicima, grmljem i prizemnim rašćem na površini od 0,1 ha i većoj, gdje se trajno proizvode šumski proizvodi i ostvaruju općekorisne funkcije, a između biocenoze i staništa vladaju uravnoteženi odnosi.“ (NN 68/2018, Zakon o šumama). Zakon, isto tako, definira i ističe potrebu održivoga gospodarenja šumama, poglavito s obzirom kako su šume, što se također ističe u Zakonu, područja od osobitog interesa za Republiku Hrvatsku, vodeći se pritom sveeuropskim kriterijima za održivo gospodarenje šumama, a neki od njih su i: održavanje i odgovarajuće poboljšanje šumskih ekosustava i njihov doprinos globalnome ciklusu ugljika, održavanje i poticanje proizvodnih funkcija šume, održavanje zdravlja i vitalnosti šumskog ekosustava, održavanje drugih socijalno-ekonomskih funkcija i uvjeta. Ističe se, dakle, važnost šume kao iskoristivoga ekonomskoga resursa, ali i nezaobilaznost njezine ekološke važnosti i dugoročnoga očuvanja. Imajući u vidu kako šume i šumsko zemljište čine 49,3 % kopnene površine Republike Hrvatske, važnost donošenja provedivih strategija održivoga gospodarenje nameće se sama po sebi (Hrvatske šume, 2017.).

Jedno od najpoznatijih i najvećih šumskih područja Hrvatske jest Spačvanska šuma, ili šuma Spačvanskog bazena, koja se prostire na oko 40 000 hektara u međuriječju Save i Dunava, najvećim dijelom na području Vukovarsko-srijemske županije, a djelomično i na teritorijima Brodsko-posavske i Osječko-baranjske županije te Republike Srbije. Spačvanska je šuma

najveći cjeloviti šumski kompleks hrasta lužnjaka u Hrvatskoj, a ujedno i jedan od većih u Europi. Tradicija iskorištavanja drvene sirovine i drugih resursa Spačvanske šume relativno je duga, prema nekim zapisima seže do 18. stoljeća, a intenzivira se tijekom druge polovine 19. stoljeća (Cestarić i dr., 2017) ponajviše potaknuto otvaranjem engleske tvornice tanina 1883. u Županji te doseljavanjem stanovništva iz drugih dijelova Austro-Ugarske u županjsku Posavinu, uvidjevši ekonomski i poslovni potencijal pokretanja drvene industrije regije, o čemu se čak nalazi i riječi u suvremenoj hrvatskoj književnosti (primjerice djelo Tena Josipa Kozarca). Spačvanska je šuma i danas jedan od ključnih elemenata gospodarstva, kako svoje neposredne okolice, tako i cijele Vukovarsko-srijemske županije, prvenstveno kroz industrijsko poduzeće Spačva d.d., koje se bavi obradom i prodajom drvene sirovine, a puni je potencijal drvene industrije područja i značajno veći. S druge pak strane, na području Spačvanske šume proglašena su dva značajna krajobraza, Spačva i Virovi, što govori i o potencijalu s druge strane ekonomskoga spektra i spektra gospodarenja prirodnim resursom- turističkom. Imajući to u vidu, lako se uočava važnost strateškog i odgovornog upravljanja ovim prirodnim resursom, o čemu je nešto ranije bilo riječi (Klepac, 2000).

Razvoj tehnika daljinskih istraživanja i početak snimanja Zemljine površine iz njezine orbite uporabom satelita tijekom 20. stoljeća omogućuje znatno lakše praćenje gospodarenja brojnim prirodnim, pa tako i šumskim resursima. Na tome tragu jest i cilj istraživanja ovoga diplomskoga rada - upotrebom satelitskih snimaka istražiti promjenu šumskoga pokrova Spačvanske šume.

1.1. Predmet i ciljevi istraživanja

Predmet istraživanja ovog diplomskoga rada jest analiza i praćenje promjene šumskog zemljišnog pokrova šume Spačvanskog bazena (njezinog većeg dijela) između 1975. i 2022. godine korištenjem satelitskih snimaka i tehnikama daljinskih istraživanja. Postoje brojne i različite definicije i načini definiranja daljinskih istraživanja kao znanstvene discipline, skupa tehnika ili čak umijeća (Fischer i dr., 1976), međutim, nekoliko je ključnih pojmova i obilježja koje se nalazi u gotovo svakoj od njih pa se daljinska istraživanja mogu definirati na sljedeći način: skup tehnika i metoda prikupljanja i obrade podataka o objektima s određene udaljenosti koristeći se senzorom, pri čemu je senzor određen uređaj čija je svrha prikupljanje podataka (snimanje, skeniranje i sl.) (Barrett i Curtis, 1976; Lintz i Simonett, 1976; White 1977). Jedan od produkata daljinskih istraživanja može biti i satelitska snimka, a upravo ona je temeljni materijal provedbe istraživanja ovoga rada. Pri provedbi analize rada, korištene su multispektralne satelitske snimke te iz njih stvoreni kompoziti prirodne boje (*true color*) i

pseudokolorni kompoziti (*false color*), kao i vegetacijski indeksi za lakše prepoznavanje i distinkciju vegetacije. Pomoću navedenoga, provedena je klasifikacija zemljišnoga pokrova satelitskih snimaka za tri odabrane godine (1976., 1991., 2022.) u softverskom paketu ArcMap 10.8. Dobiveni rasterski podaci i slojevi klasifikacije pretvoreni su u vektorske podatke, radi mogućnosti kvantifikacije površina pojedine klase pokrova te mogućnosti usporedbe i praćenja promjena pokrova po godinama, a sve navedeno bit će dodatno objašnjeno u poglavlju rada 2. Metode i tehnike rada.

Cilj rada jest donijeti zaključke o promjeni šumskog zemljišnoga pokrova na prostoru istraživanja. Tražena promjena podrazumijeva ustvrditi je li se šumski pokrov na istome području tijekom perioda promatranja od 47 godina smanjio ili povećao, apsolutno, ali i relativno u odnosu na neke druge klase zemljišnoga pokrova. Imajući u vidu suvremene trendove u gospodarenju šumama i šumskim prostorima u Hrvatskoj, kao i analizirajući domaću literaturu o istraživanjima slične tematike na drugim područjima, prije provedbe istraživanja postavljene su sljedeće hipoteze:

H1 U oba perioda promatranja (1976. - 1991.; 1991. - 2022.) doći će do smanjenja šumskog pokrova

H2 Smanjenje šumskog pokrova bit će intenzivnije u periodu od 1991. do 2022., nego u periodu od 1976. do 1991. godine

H3 Znatno će se povećati udio zemljišnoga pokrova klase niskih biljnih zajednica do 2022.

H4 Promjene šumskoga pokrova neće biti uzrokovane povećanjem poljoprivrednih ili izgrađenih površina

1.2. Prostorni okvir istraživanja

Područje istraživanja predstavlja glavni i najveći dio šume Spačvanskog bazena u Republici Hrvatskoj, a u potpunosti je smješteno u Vukovarsko-srijemskoj županiji te zauzima njezin južni i središnji dio. Površinom od 1 225 km², područje istraživanja čini polovicu (50,1 %) teritorija Vukovarsko-srijemske županije (2 448 km²). Prostorni okvir istraživanja određen je granicama, odnosno područjima, šumskogospodarskih jedinica, a sastoji se od njih 16. Prema Zakonu o šumama (NN 68/2018, Zakon o šumama) šumskogospodarska jedinica je dio jedinstvenog šumskogospodarskog područja u Republici Hrvatskoj, a ustrojava se iz potreba kao što su organizacijske, potrebe za lakšim i kvalitetnijim upravljanjem i slično. Prostorni opseg gospodarske jedinice prilagođen je ponajviše konfiguraciji terena, a obuhvaća jedan ili

više šumskih predjela te čini jednu zaokruženu gospodarsku cjelinu za koju se donosi zaseban desetogodišnji šumskogospodarski plan. Gospodarske jedinice prostorno se dalje dijele na šumske odjele i šumske odsjeke, odnosno šumske prostorno-organizacijske jedinice nižega reda veličine. Od 1. siječnja 2016., šumskogospodarsko područje Republike Hrvatske sastoji se od 684 gospodarske jedinice u vlasništvu Republike Hrvatske te 407 gospodarskih jedinica u vlasništvu šumoposjednika, odnosno u privatnom vlasništvu (Hrvatske šume, 2017).



Sl. 1. Prostorni okvir istraživanja

Izvor: DGU, 2016.; Hrvatske šume, 2022.

1.3. Pregled dosadašnjih istraživanja

Tijekom posljednjih nekoliko desetljeća na temu i problematiku dinamike i vrste procesa promjene šumskoga pokrova provedena su brojna istraživanja, kako u stranim, tako i u domaćim znanstvenim krugovima. Za pretpostaviti je kako su brojnosti literature ovog tematskog područja najviše doprinijele dvije skupine čimbenika- tehnološki razvoj i unaprjeđenje satelita i senzorske tehnologije te općenito razvoj širokog spektra uređaja za daljinska snimanja kao i njihova komercijalizacija (Campbell i Wynne, 2011) te s druge strane relevantnost problematike održivog i odgovornog gospodarenja šumama i šumskim područjima u znanstvenim i akademskim krugovima različitih struka koja s vremenom postaje sve veća.

Kada se govori o korištenju različitih metoda daljinskih istraživanja u svrhe praćenja šumske mase i pokrova nekoga područja, vrijedi istaknuti nekoliko radova. Koristeći se metodama i materijalima prikupljenih aerofotogrametrijom i digitalnom fotogrametrijom, Balenović i dr. (2021) procjenjuju volumen šumskih sastojina hrasta lužnjaka u Pokuplju, uspoređujući ga s volumenom u Spačvanskom bazenu. Vela, Medved i Miljković (2017), pak, provode geostatističku analizu vrijednosti vegetacijskih indeksa u fiksiranim točkama tijekom desetogodišnjeg razdoblja u šumskom ekosustavu Česma, koristeći se satelitskim snimkama Landsat 7 i Landsat 8 misija, kako bi donijeli zaključke o promjenama u sastavu šumskoga ekosustava kroz promjene vrijednosti vegetacijskih indeksa. Valozić i Cvitanović (2011), primjerice, koristeći se Landsat satelitskim snimkama, prate promjene šumskog pokrova zaštićenog područja Medvednice između 1978. i 2007., identificirajući područja zahvaćena reforestacijom, deforestacijom ili, pak, područja bez promjene. Valja istaknuti i kako su izrazito brojni i raznoliki radovi stranih znanstvenika na ovu tematiku, dajući uvid u širok raspon mogućih pristupa u istraživanju problematike promjena šumskog pokrova. Tako primjerice, Çakir, Sivrikaya i Keleş (2008) analiziraju promjenu šumskog pokrova na području državnog šumskog gospodarstva Maçka na sjeveroistoku Turske, koristeći se satelitskim snimkama Landsat misija u periodu od 1975. do 2000. godine te svrstavajući zemljišni pokrov u nekoliko klasifikacijskih pokrovnih klasa (šumsko područje, degradirana šuma, šumska otvorenja, nešumsko područje). Pri radu su korišteni softverski paketi i programi za obradu snimaka te GIS softver, konkretno ERDAS Imagine i ArcGIS. Promjena pokrova može se istražiti i prikazati i preko promjena vrijednosti vegetacijskih indeksa u istraživanom vremenskom periodu, kao u nešto ranije spomenutome primjeru šumskog ekosustava Česma. Istraživanje korištenjem ovakve metodologije, proveli su Elhag, Boteva i Al-Amri 2021. za dio otoka Krete, koristeći se također Landsat satelitskim snimkama.

Kada je, pak, riječ o do sada provedenim istraživanjima šume područja Spačvanskoga bazena, treba istaknuti kako ona prvenstveno dolaze iz znanstvenih krugova šumarstva, botanike i sličnih, dok su istraživanja temeljena na *LULC* (engl. land use / land cover) analizama neznatno zastupljena. Tako, primjerice, 2017. godine Cestarić i drugi opisuju promjene biljnih zajednica Spačvanskog bazena kao biljnoga staništa u odnosu na ranija istraživanja iz 1969. i 1971., Dubravac i Dekanić (2006) dinamiku sječe suhих i odumirućih stabala hrasta lužnjaka u Spačvanskom bazenu, a Pernar i drugi (2007) oštećenost stabala koristeći pseudokolorne aerosnimke.

2. OSNOVNA GEOGRAFSKA OBILJEŽJA PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

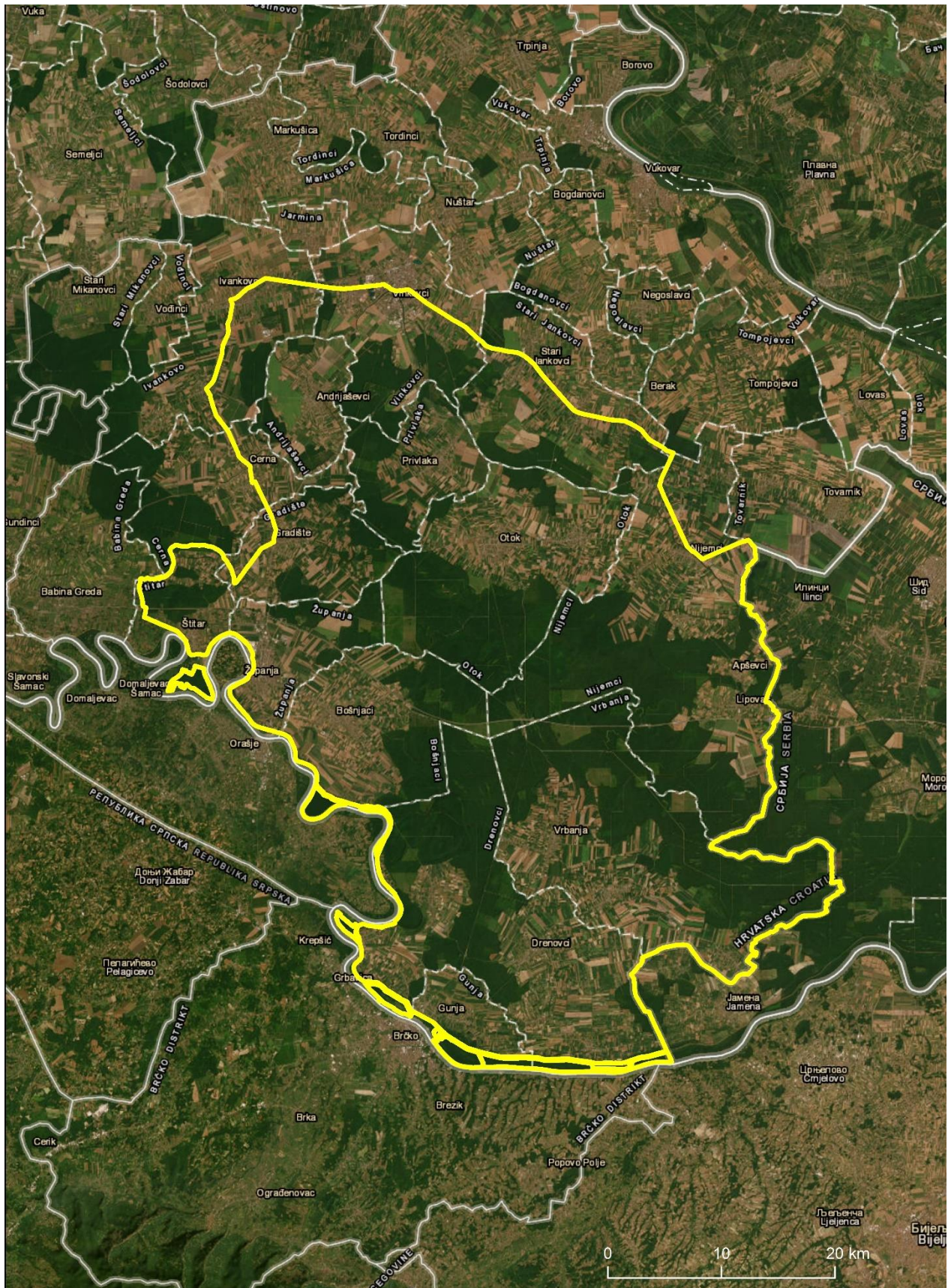
Za potpunije i bolje razumijevanje promjena zemljišnoga pokrova nekoga prostora, potrebno je pri istraživanju uzeti u obzir i neka od osnovnih geografskih obilježja toga prostora, kako bi se mogle uspostaviti određene uzročno-posljedične veze pri diskutiranju o značenju dobivenih rezultata klasifikacije pokrova prostora, imajući na umu kako je zemljišni pokrov prostora, naposljetku, odraz čovjekove interakcije s istim. Tako, primjerice, promjene u zemljišnome pokrovu kroz određeni vremenski period, mogu ukazivati na socio-ekonomske i demografske trendove istraživanoga prostora (Jogun i dr., 2016). Baumann i dr. (2012), primjerice, tako dovode u vezu raspad SSSR-a s promjenama šumskoga pokrova u Rusiji, odnosno proces deforestacije s velikim promjenama na političkom i socijalnom planu prostora. Cvitanović, Blackburn i Jepsen (2016) ističu značajan utjecaj faktora kao što su nagib reljefa, gustoća stanovništva, ekonomska struktura stanovništva i vrsta vlasništva šumskog posjeda kao izrazito značajne za promjene šumskog pokrova u Hrvatskoj nakon osamostaljenja 1991. godine, odnosno u razdoblju političke i ekonomske tranzicije.

2.1. Reljef i klima

Istraživani dio Spačvanske šume nalazi se u predjelu koji se još može nazvati i Bosutskom Posavinom. Riječ je o jednom izrazito ravničarskom prostoru, vrlo niske energije reljefa, gdje nadmorska visina varira između 58 i 104 metra. Osim Save i obližnjega Dunava, treba još istaknuti i tok Bosuta, ali i neke manje tokove koji igraju značajnu ulogu u oblikovanju tla i terena, poglavito unutar samoga šumskoga prostora, a takvi su primjerice: Biđ, Spačva, Studva te Virovi. Tokovi ovih tekućica, mahom pripadaju slivu Bosuta, odnosno Save. Važnost navedenih tokova ističe se u činjenici da su većinski oni utjecali na stvaranje močvarnoga tla kojim je prekriven određeni dio šumskog prostora Spačve, a najviše njezin jugoistočni i istočni dio na području istraživanja, koji brojne predjele šume čini teže dostupnima i prohodnima. Uz utjecaj na stvaranje močvarnoga tla, uloga ovih tokova ključna je i za fluktuacije razina podzemnih voda, koje su izrazito važne za očuvanje i život biljnih zajednica Spačvanske šume, prvenstveno hrasta lužnjaka. Antropogeni zahvati, kao što su sječa šume i melioracija, kroz povijest su, ali i danas, ugrožavali opstojnost određenih dijelova staništa hrasta lužnjaka u Spačvi, kao i u ostatku Hrvatske, ali i Europe. Osim močvarnog tla, na području Spačvanske šume, prisutna su još i aluvijalna, kao i lesna tla, pogodna za poljoprivrednu obradu, što je uz iskorištavanje drvnog resursa i materijala šume, bio jedan od razloga intenzivne sječe kroz prošlost. Pri tome su, aluvijalna tla većinom rezultat rada toka Save, ali i ostalih manjih spomenutih tokova, dok je prisutnost lesa jasna obzirom na okruženost područja lesnim

ravnjacima, kao što su primjerice Vukovarski sjeveroistočno od područja šume i Đakovačko-vinkovački sjeverno (Rauš, 1975).

Prema Köppenovoj klimatskoj klasifikaciji, prostor Spačvanskoga bazena, kao i ostatak nizinskog dijela kontinentalne Hrvatske, ima Cfb tip klime, odnosno umjereno toplu vlažnu klimu s toplim ljetom. Srednja godišnja temperatura zraka iznosi 12 - 13 °C, siječanjska -1 - 0 °C, a srpanjska 25 - 26 °C. Prosječno je godišnje 500 - 700 mm padalina, što zapravo ovaj prostor čini jednim od suših na prostoru Republike Hrvatske, a maksimum padalina bilježi se u toplijem dijelu godine (Zaninović i dr., 2008).



Sl. 2. Satelitska snimka Spačvanskoga bazena zajedno s užom okolicom (područje istraživanja označeno žutom granicom)

Izvor: arcgis.com, 2023.

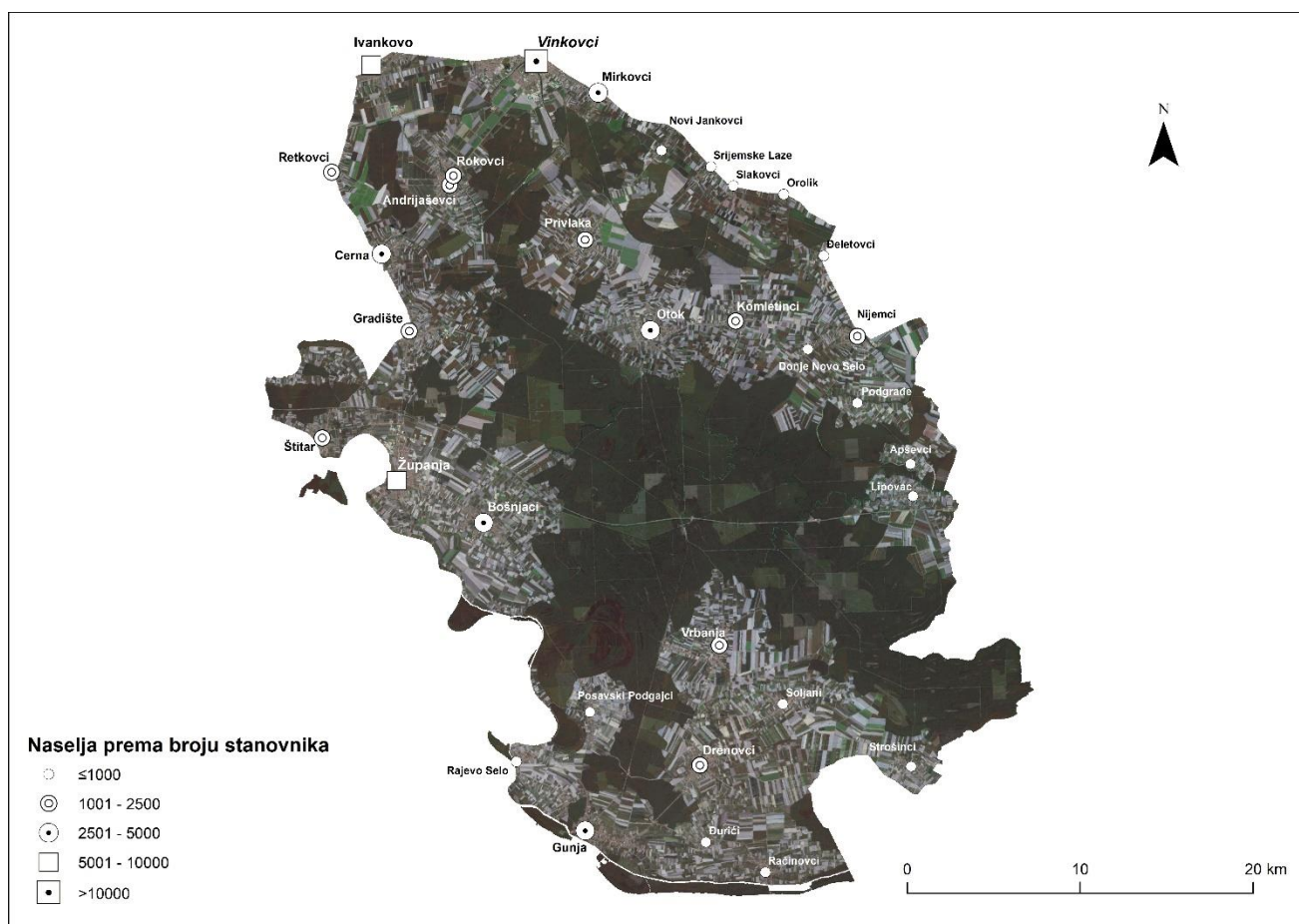
2.2. Demografska obilježja

Kao što je već rečeno, na trendove u promjenama zemljišnoga pokrova nekoga prostora velik utjecaj mogu imati demografska obilježja toga prostora, odnosno, ukratko rečeno, tko živi na određenome prostoru i u kojoj mjeri ga on, s obzirom na vlastita svojstva, može mijenjati. Iz analize nekih osnovnih demografskih obilježja mogu se procjenjivati potencijalni pritisci stanovništva na određeni prostor, odnosno, na koji bi način stanovništvo nekog prostora, obzirom na svoja obilježja (kretanje broja stanovništva, starosna struktura, struktura zaposlenosti,...) moglo utjecati na zemljišni pokrov (Jogun i dr., 2019).

Prije same analize stanovništva prostora istraživanja i njegovih obilježja, potrebno je napomenuti kako je prostor istraživanja određen granicama šumskogospodarskih jedinica, a ne, primjerice, granicama i pružanjem jedinica lokalne ili regionalne samouprave te da su granice pružanja prostora istraživanja indiferentne prema položaju, odnosno postojanju naselja u tome prostoru. Posljedično, nekolicina naselja samo se djelomično nalazi unutar prostora istraživanja, odnosno granica pružanja prostora istraživanja prolazi kroz određena naselja. Primjerice, granica prostora istraživanja prolazi kroz grad Vinkovce pa su, teritorijalno, južni dijelovi grada obuhvaćeni prostorom istraživanja, ali ne i ostatak grada. Za potrebe ove analize, bit će analizirano i uključeno cjelokupno stanovništvo i onih naselja koja se barem djelomično nalaze na prostoru istraživanja, imajući u vidu kako granica prostora istraživanja ne utječe na mogućnost involviranosti i toga stanovništva u istraživanu problematiku.

Prema Popisu stanovništva iz 2021. godine, područje istraživanja nastanjuje 80 712 stanovnika u 33 naselja. Od 33 naselja, 3 imaju status gradskih: Vinkovci, Županja i Otok. Vinkovci i Županja ujedno su i najveća naselja po broju stanovnika područja istraživanja; Vinkovci 28 111 stanovnika, Županja 9 153 stanovnika. Grad Otok brojem stanovnika (3 571) dolazi iza Ivankova (5 076), a stanovništvom se još ističu: Cerna 3 019 st., Bošnjaci 2 868 st., Mirkovci 2 731 st., Gunja 2 600 st., Gradište 2 227 st. Gustoća naseljenosti područja istraživanja tako iznosi 65,8 st./km², što je neznatno niže od državnog prosjeka (68,7 st./km²), ali više od istoga pokazatelja na razini Vukovarsko-srijemske županije (58 st./km²). Općenito, područje istraživanja obuhvaća 56,4 % stanovništva Vukovarsko-srijemske županije (površinom 50,1 %), prvenstveno zahvaljujući obuhvaćanjem Vinkovaca i Županje, obzirom kako najveća naselja ostatka županije, Vukovar i Ilok, zajedno imaju oko 25 000 stanovnika (manje od Vinkovaca).

Što se tiče raspodjele stanovništva i naseljenosti, treba reći kako je stanovništvo okupljeno, odnosno naseljenost je koncentrirana. Prosječna veličina naselja iznosi 2 445 stanovnika po naselju, a izuzmu li se Vinkovci i Županja, koji ipak čine oko 54 % stanovništva područja istraživanja, prosječno je po naselju 1 401 stanovnik. Stoga, može se govoriti o relativno velikoj koncentraciji i okupljenosti naseljenosti na području istraživanja, pogotovo uzme li se u usporedbu isti podatak na državnoj razini - 573 stanovnika po naselju 2021. (Popis stanovništva 2021). Ovakva je naseljenost inače prepoznatljiva karakteristika širega regionalnoga područja, odnosno općenito istočne Hrvatske, zahvaljujući historijsko-ekonomskom razvoju prostora, kao i prirodno-geografskim uvjetima, a u kontrast joj se mogu postaviti karakteristike naseljenosti sjeverne ili južne Hrvatske (rastrkana, mala naselja).



Sl. 3. Mreža naselja područja istraživanja na Landsat 9 satelitskoj snimci

Izvor: DGU, 2016.; USGS 2022.; Hrvatske šume 2022.

2.2.1. Opće kretanje stanovništva 1971. - 2021.

Istraživani dio Spačvanskog bazena izrazito je depopulacijski prostor, kao i velika većina ostatka istočne, ali i općenito cijele Hrvatske. Prema popisu stanovništva 1971. godine, područje istraživanja nastanjivalo je 109 440 stanovnika, a sve do 1991. godine taj se broj polagano povećavao, kada spomenute godine, prostor doseže svoj populacijski maksimum - 116 532 stanovnika. Tako je ovaj prostor u odnosu na 1971. godinu izgubio 26,2 % stanovništva, a na 1991. 30,8 %. Kao što je vidljivo u tab. 1., spomenuti rast stanovništva tijekom perioda do 1991. godine nije bio intenzivan, međutim, nakon 1991. zamjenjuje ga pad broja stanovnika, koji je izrazito intenzivan, poglavito u periodima 2001. - 2011. i 2011. - 2021. godine. Iako je područje Spačvanskog bazena djelomično bilo zahvaćeno ratnim događajima 1991. godine, pad stanovništva u periodu 1991. - 2001. godine nije ni izbliza intenzivan kao onaj u periodu 2011. - 2021. godine. Za pretpostaviti je kako većina razloga takvih trendova leži u starenju stanovništva, iseljavanju u urbane sredine (Spačvanski bazen je većinom ruralna sredina), ali i ulazak Republike Hrvatske u sastav Europske unije 2013. koji je hrvatskome stanovništvu omogućio slobodno kretanje i rad na teritoriju EU.

Tab. 1. Opće kretanje broja stanovnika po naseljima područja istraživanja 1971. – 2021. godine

	1971.	1981.	1991.	2001.	2011.	2021.
Andrijaševci	2054	2093	2076	2165	2046	1749
Apševci	524	466	444	368	305	203
Bošnjaci	4711	4531	4426	4653	3901	2868
Cerna	3938	3792	4117	4149	4595	3019
Donje Novo Selo	852	718	638	638	498	376
Drenovci	3331	2998	2755	3049	1946	1398
Đeletovci	874	799	849	685	511	419
Đurići	630	534	457	418	286	206
Gradište	3520	3274	3297	3382	2773	2227
Gunja	4873	5090	5176	5033	3732	2600
Ivankovo	5284	5806	6354	6695	6194	5076
Komletinci	2377	2014	2035	1897	1649	1328
Lipovac	1556	1442	1409	1243	814	556
Mirkovci	2499	2940	3233	2673	3283	2731
Nijemci	2800	2412	2171	1905	1605	1330
Novi Jankovci	1185	1364	1273	1014	934	693
Orolik	1024	939	864	578	512	355
Otok	5519	5707	5889	5858	4694	3571
Podgrađe	777	631	546	486	371	269
Posavski Podgajci	1682	1584	1518	1568	1255	883
Privlaka	3224	3368	3501	3776	2954	2192
Račinovci	1344	1126	996	982	700	517
Rajevo Selo	1586	1546	1476	1407	987	658
Retkovci	1516	1453	1335	1381	1263	1011
Rokovci	1680	1830	1955	2084	2029	1692
Slakovci	1702	1597	1493	1203	958	701
Soljani	2067	1856	1709	1554	1245	926
Srijemske Laze	1073	975	924	652	572	398
Strošinci	916	754	696	668	492	361
Štitar	2611	2416	2488	2608	2129	1552
Vinkovci	29106	33004	35347	33239	32029	28111
Vrbanja	3740	3412	3138	2952	2203	1583
Županja	8865	10263	11947	13775	12090	9153
Ukupno	109440	112734	116532	114738	101555	80712

Izvor: *Naselja i stanovništvo Republike Hrvatske 1857. – 2001.*, CD-ROM, DZS, 2005.; *Popis stanovništva, kućanstava i stanova u Republici Hrvatskoj 2011. godine: stanovništvo prema starosti i spolu po naseljima.*, DZS, 2013.; *Popis stanovništva, kućanstava i stanova 2021. - Stanovništvo po naseljima*, DZS, 2022.

Uspoređujući stanovništvo po naseljima za godine 1971. i 2021., pronalaze se tri naselja (od 33), u kojima stanovništvo nije malobrojnije u 2021. nego li u 1971., a to su: Rokovci (bazni indeks promjene = 100,7), Županja (bazni indeks = 103,2) te Mirkovci (109,3). Međutim, uzme li se u obzir njihov lančani indeks promjene, ili indeks promjene od 2021. do 2011., vidljivo je kako i ova naselja, zapravo, bilježe negativan trend u kretanju stanovništva. Tako na području istraživanja nema niti jednoga naselja s pozitivnim trendovima u općem kretanju stanovništva. Smanjenjem stanovništva u odnosu na 1971. ističu se sljedeća naselja: Đurići (bazni indeks promjene = 32,7), Orolik (34,7), Podgrađe (34,6), Apševci (38,7), dok se prema intenzitetu pada stanovništva u periodu od 2011. do 2021. godine, radi ilustracije dinamike kretanja stanovništva, ističu: Apševci (indeks promjene = 66,6), Cerna (65,7), Rajevo Selo (66,7) te

Lipovac (68,3). Najveći indeks promjene za period od 2011. do 2021. imao je grad Vinkovci, uvjetno rečeno, samo 87,8.

Tab. 2. Lančani indeks kretanja stanovništva naselja područja istraživanja 1981. – 2021. godine

	1981.	1991.	2001.	2011.	2021.
Andrijaševci	101,9	99,2	104,3	94,5	85,5
Apševci	88,9	95,3	82,9	82,9	66,6
Bošnjaci	96,2	97,7	105,1	83,8	73,5
Cerna	96,3	108,6	100,8	110,7	65,7
Donje Novo Selo	84,3	88,9	100,0	78,1	75,5
Drenovci	90,0	91,9	110,7	63,8	71,8
Đeletovci	91,4	106,3	80,7	74,6	82,0
Đurići	84,8	85,6	91,5	68,4	72,0
Gradište	93,0	100,7	102,6	82,0	80,3
Gunja	104,5	101,7	97,2	74,2	69,7
Ivankovo	109,9	109,4	105,4	92,5	82,0
Komletinci	84,7	101,0	93,2	86,9	80,5
Lipovac	92,7	97,7	88,2	65,5	68,3
Mirkovci	117,6	110,0	82,7	122,8	83,2
Nijemci	86,1	90,0	87,7	84,3	82,9
Novi Jankovci	115,1	93,3	79,7	92,1	74,2
Orolik	91,7	92,0	66,9	88,6	69,3
Otok	103,4	103,2	99,5	80,1	76,1
Podgrađe	81,2	86,5	89,0	76,3	72,5
Posavski Podgajci	94,2	95,8	103,3	80,0	70,4
Privlaka	104,5	103,9	107,9	78,2	74,2
Račinovci	83,8	88,5	98,6	71,3	73,9
Rajevo Selo	97,5	95,5	95,3	70,1	66,7
Retkovci	95,8	91,9	103,4	91,5	80,0
Rokovci	108,9	106,8	106,6	97,4	83,4
Slakovci	93,8	93,5	80,6	79,6	73,2
Soljani	89,8	92,1	90,9	80,1	74,4
Srijemske Laze	90,9	94,8	70,6	87,7	69,6
Strošinci	82,3	92,3	96,0	73,7	73,4
Štitar	92,5	103,0	104,8	81,6	72,9
Vinkovci	113,4	107,1	94,0	96,4	87,8
Vrbanja	91,2	92,0	94,1	74,6	71,9
Županja	115,8	116,4	115,3	87,8	75,7
Područje istraživanja	103,0	103,4	98,5	88,5	79,5

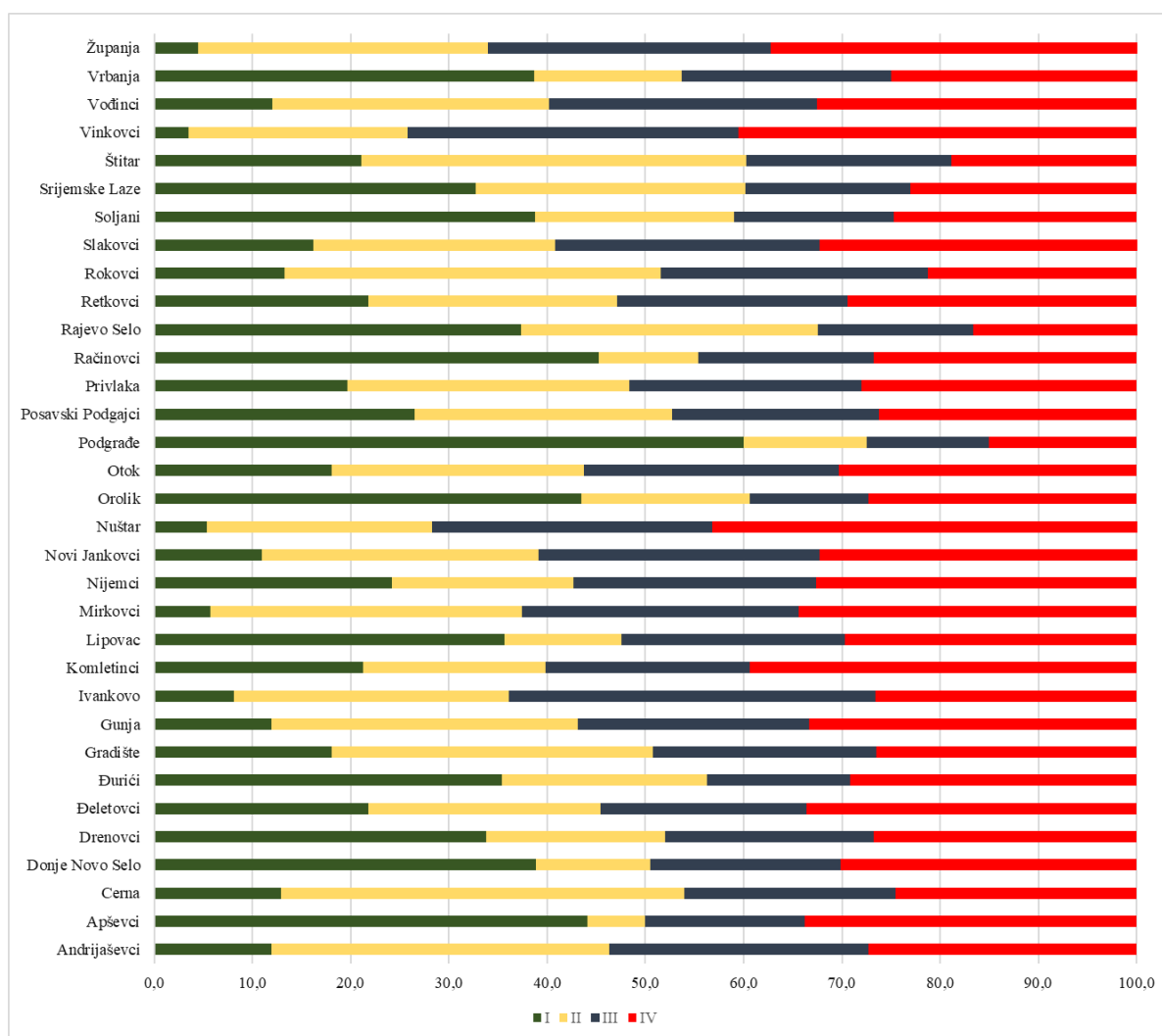
Izvor: *Naselja i stanovništvo Republike Hrvatske 1857. – 2001.*, CD-ROM, DZS, 2005.; *Popis stanovništva, kućanstava i stanova u Republici Hrvatskoj 2011. godine: stanovništvo prema starosti i spolu po naseljima.*, DZS, 2013.; *Popis stanovništva, kućanstava i stanova 2021.- Stanovništvo po naseljima*, DZS, 2022.

2.2.2. Struktura stanovništva prema sektorima djelatnosti

U određenoj mjeri, struktura stanovništva određenog prostora prema sektorima djelatnosti djelomično može upućivati na to kolike su potrebe stanovništva za mijenjanjem krajolika i zemljišnog pokrova nekog prostora, u smislu njihove potrebe za posezanjem za

prirodnim resursima tog prostora kroz prizmu zastupljenosti određenih sektora u strukturi zaposlenosti.

Prema Popisu stanovništva iz 2011. godine, na području istraživanja ukupno je bilo 28 495 zaposlenih osoba. Prema zastupljenosti pojedinih sektora djelatnosti struktura zaposlenosti jest IV-III-II-I, a pri tome je u kvartarnome sektoru zaposleno 33,9 %, tercijarnome 27,8 %, sekundarnom 25,3 % te u primarnom 11 % radno aktivnoga stanovništva. Usporedba navedenih pokazatelja s istovjetnima na državnoj razini, upućuje prije svega na veliku važnost poljoprivrede i šumarstva u privredi područja – 11 % zaposlenih u I. sektoru u usporedbi s 5,3 % na državnoj razini, a može se još istaknuti i veći udio zaposlenih u IV. sektoru (33,9 %) nego li na državnoj razini (30,6 %) te znatno manji udio zaposlenih u III. sektoru (27,8 % naprema 34 % na državnoj razini).



Sl .4. Naselja područja istraživanja prema zaposlenima po sektorima djelatnosti 2011.

Izvor: *Popis stanovništva, kućanstava i stanova u Republici Hrvatskoj 2011. godine: Zaposleni prema području djelatnosti, starosti i spolu, po gradovima/općinama.*, DZS, 2013

Imajući u vidu, prije svega prirodne, ali i neke antropogene, predispozicije prostora, ponajviše reljefni i pedološki poljoprivredni potencijal, ali i tradiciju bavljenja tom djelatnosti, kao i prisutnost velikog šumskog kompleksa, za očekivati je relativno visok udio zaposlenih u primarnome sektoru. U prilog tome govori i činjenica kako od 33 naselja područja istraživanja, u samo njih 5 jest udio zaposlenih u tome sektoru manji od 10 %, a to su dva gradska naselja Vinkovci i Županja te 3 stanovništvom velika naselja u neposrednoj blizini Vinkovaca: Ivankovo, Mirkovci i Nuštar. U ostalim je naseljima udio zaposlenih u primarnom sektoru u prosjeku 27,3 %, a visokim udjelom posebice se ističu: Podgrađe (60 %), Račinovci (45,2 %), Apševci (44,1 %) te Orolik (43,4 %).

3. METODE I TEHNIKE RADA

Glavne metode rada u sklopu ove analize promjene šumskog pokrova u Spačvi mogu se podijeliti na dvije glavne skupine: 1) detekcija i distinkcija šumske vegetacije i šumskog zemljišta na analiziranim satelitskim snimkama; 2) klasifikacija zemljišnog pokrova na satelitskim snimkama. Analiza je provedena koristeći se dostupnim i prikladnim alatima ESRI-jevog softverskog paketa ArcMap 10.8. na satelitskim snimkama Landsat 1, Landsat 5 i Landsat 9 misija preuzetih s web servisa *Earth Explorer* Američkog geološkog zavoda, odnosno *United States Geological Survey* (USGS). Prostorni okvir i granice prostora istraživanja određene su, kao što je već rečeno, granicama šumskogospodarskih jedinica, utvrđenih Šumskogospodarskom osnovom za period od 2016. do 2025. godine. Prostor istraživanja tako je pokriven sa 16 šumskogospodarskih jedinica, a GIS sloj (*shapefile*), s prostornim granica istih, ustupljen je od strane Hrvatskih šuma. Sloj granica gospodarskih jedinica preklopljen je sa analiziranim satelitskim snimkama te je pomoću alata *Clip* izdvojen prostor istraživanja na snimci. Konačno, na tako obrađenim satelitskim snimkama provedena je nadzirana klasifikacija zemljišnog pokrova pomoću alata *Interactive Supervised Classification* unutar *Image Classification*, uz pomoć CVI (Chlorophyll Vegetation Index) indeksa. Provjera točnosti klasifikacije provedena je matricom konfuzije preko slučajnih točaka u prostoru (funkcijom *Random Points*), koristeći se ujednačenim slučajnim uzorkom. Provjera je izvršena pomoću odgovarajućih DOF snimaka Državne geodetske uprave.

3.1. Landsat misije

Landsat misije zajednički su program Američkog geološkog zavoda (USGS) i NASA-e koji za cilj ima periodično repetitivno satelitsko snimanje Zemljine površine, odnosno kopna i priobalnih voda, kako bi se, putem serije snimaka, pratile promjene na Zemljinoj površini, kako prirodne, tako i antropogene (ESA Earth Online, 2022). USGS kao glavne zadatke Landsat programa navodi praćenje i dokumentiranje promjena uzrokovanih klimatskim promjenama, požarima, urbanizacijom, suše kao i praćenje promjena biomase (*carbon assessment*) (usgs.gov, 2022). Prva Landsat misija započela je 23.07.1972. lansiranjem satelita ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite), kasnije preimenovanim u Landsat 1, a do danas ih je tijekom vremena lansirano još osam. Prvi je Landsat satelit bio opremljen RBV (Return Beam Vidicon) i MSS (Multispectral scanner sensor) senzorima. Tijekom vremena, lansiranjem novih Landsat satelita i napredovanjem odgovarajućih tehnologija, broj različitih senzora je rastao te su imali sve veću spektralnu rezoluciju snimanja, odnosno njihovi senzori pokrivali su sve veći dio spektra elektromagnetskog zračenja, primjerice TM (Thematic Mapper) i OLI (Operational

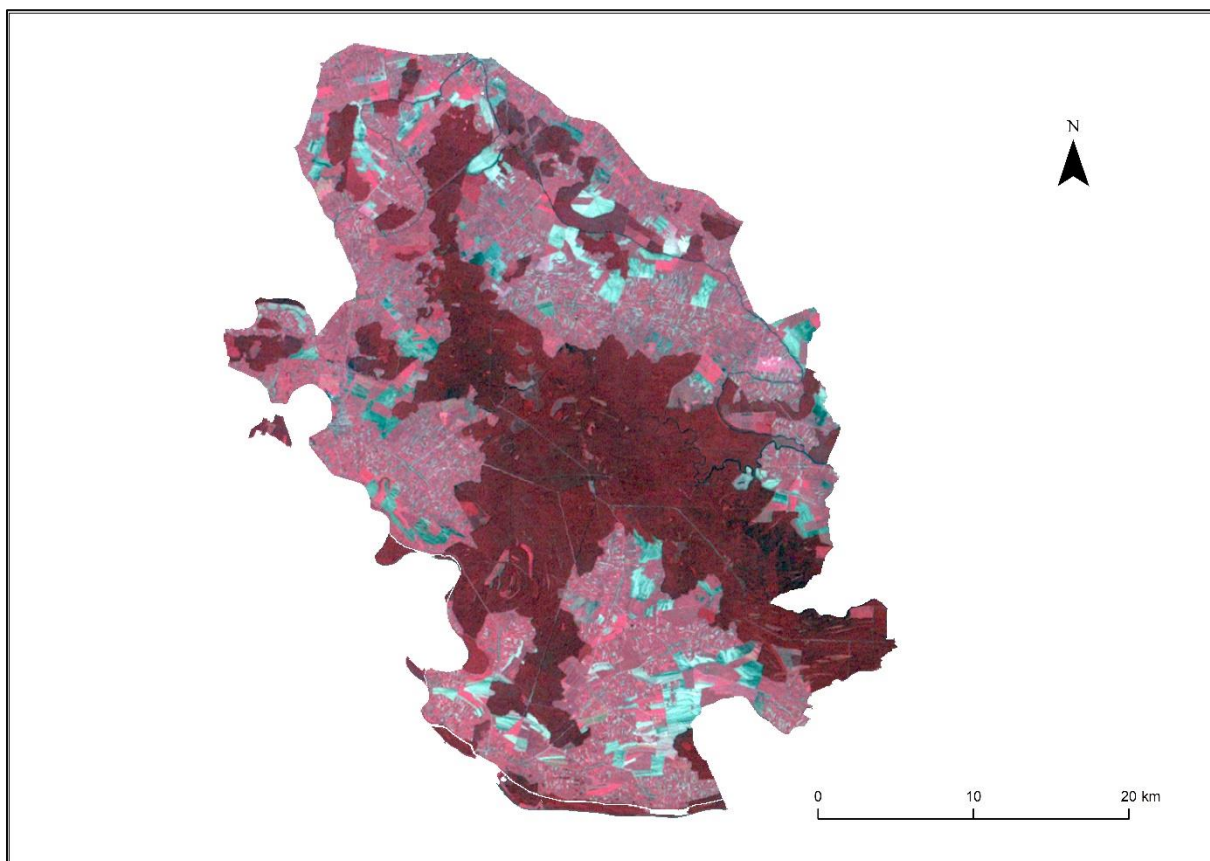
Land Imager) senzori o kojima će biti nešto više riječi. Trenutno aktivni i u uporabi su sateliti misija Landsat 8 i Landsat 9, lansirani 2013. i 2021. godine

Za izradu analize ovoga rada korištene su snimke misija Landsat 1 (za referentnu godinu 1976.), Landsat 5 (za 1991.) te Landsat 9 (za 2022.).

3.1.1. Landsat 1

Satelit Landsata 1 lansiran je 23.07.1972. te je bio prvi od serije Landsat misija pod vodstvom Američkog geološkog zavoda i NASA-e. Landsat 1 bio je početak svojevrsne revolucije u kartografskoj, geografskoj i drugim sličnim strukama, pošto su prvi put u povijesti snimke Zemljine površine, relativno velikih scena snimanja (170 km x 185 km), bile relativno lako i brzo dostupne široj znanstvenoj zajednici koja je usto omogućila i ubrzani razvoj znanstvenih disciplina, kao što su, primjerice, daljinska istraživanja.

Satelit Landsata 1 koristio je dva senzora: RBV i MSS. RBV senzor podrazumijeva korištenje nekoliko uređaja, po načinu djelovanja sličnih televizijskim kamerama za stvaranje analognih snimaka koje se pretvaraju potom u digitalne, a podatke je bilježio kroz tri spektralna pojasa u odgovarajućim spektrima elektromagnetskog zračenja: 1) plavo-zeleni (475-575 nm), 2) narančasto-crveni (580-680 nm), 3) crveno- blisko infracrveni (690-830 nm). Senzorom MSS, Landsat 1 podatke je bilježio u sljedećem dijelu elektromagnetskog spektra: 4) vidljivi zeleni (0.5-0.6 μm), 5) vidljivi crveni (0.6-0.7 μm), 6) bliski-infracrveni (0.7-0.8 μm), 7) bliski-infracrveni (0.8-1.1 μm). Izneseni podaci o dijelovima elektromagnetskog spektra kojega je određen senzor u mogućnosti bilježiti, naziva se još i spektralnom rezolucijom senzora. Osim spektralne rezolucije, kad je riječ o tehničkim mogućnostima i osobinama senzora, važno je definirati i prostornu rezoluciju. Prostorna rezolucija podrazumijeva veličinu osnovnog sastavnog dijela snimke - piksela. Primjerice, prostorna rezolucija Landsat 1 snimaka RBV i MSS senzora u svim spektralnim vrpama iznosi 80 metara, što zapravo znači da jedan piksel njihovih snimaka u stvarnome prostoru na Zemljinoj površini pokriva područje od 80 x 80 metara. Uz spektralnu i prostornu rezoluciju, u daljinskim istraživanjima definiraju se još i pojmovi radiometrijske i vremenske rezolucije senzora (usgs.gov, 2022).



Sl. 5. Scena područja istraživanja na Landsat 1 snimci (stanje 09.09.1976.)

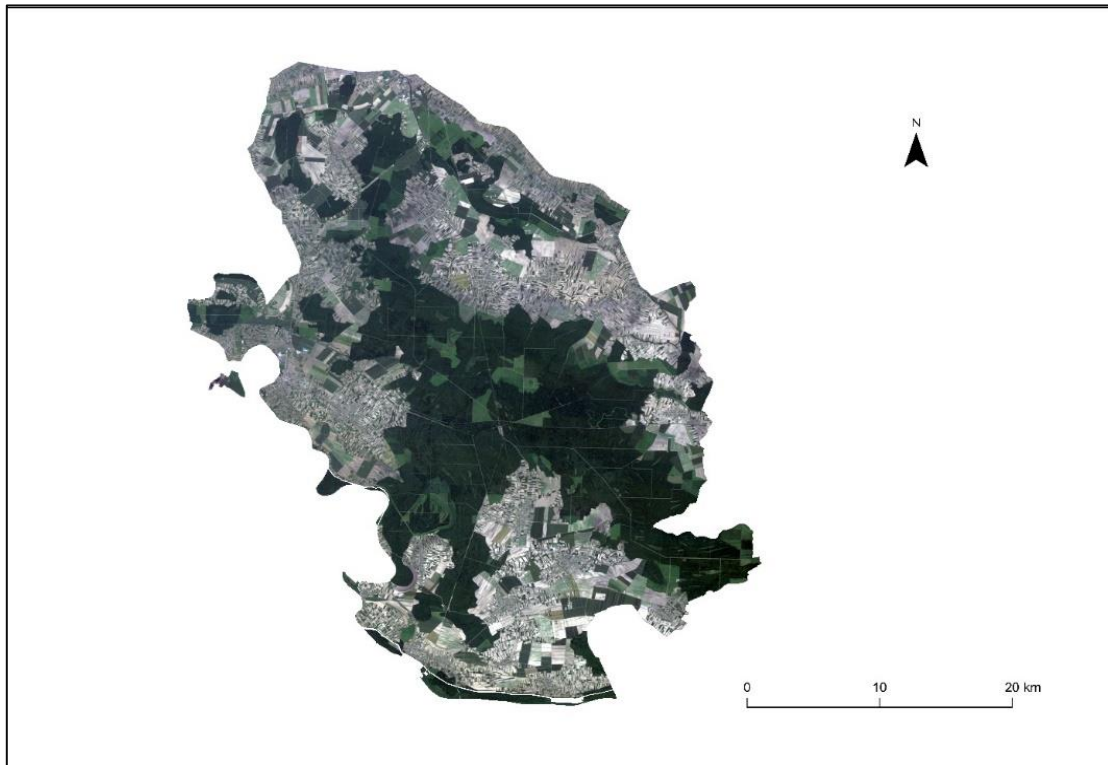
Izvor: Earth Explorer USGS 2022., Hrvatske šume, 2022.

3.1.2. Landsat 5

Satelit Landsat 5 lansiran je u orbitu 01.03.1984., a bio je u uporabi sve do 2013. godine, odnosno čak 29 godina, upisavši se tako u Guinnessovu knjigu rekorda kao satelit za promatranje Zemljine površine s najduljim vremenom uporabe.

Landsat 5 bio je opremljen dvama sensorima MSS i TM (Thematic Mapper). MSS senzor Landsata 5 bio je identičan onome Landsata 1 te nakon njega Landsata 2, dok je značajnu promjenu i poboljšanje u snimanju i promatranju Zemlje donio TM senzor, koji se prvi puta našao 1982. godine na satelitu Landsat 4. Thematic Mapper senzor dodao je Landsat satelitima bilježenje srednjeg dijela infracrvenog spektra elektromagnetskog zračenja, valnih duljina zračenja od 2.08 μm do 2.35 μm , kao i većeg dijela blisko-infracrvenog zračenja (do 1.75 μm). TM senzor podatke je bilježio kroz sedam spektralnih kanala, od kojih je jedan termalni, odnosno bilježi termalno zračenje površine: 1) vidljivo zračenje (0.45-0.52 μm ; odgovara plavom dijelu elektromagnetskog spektra), 2) vidljivo zračenje (0.52-0.60 μm ; odgovara

zelenom dijelu spektra), 3) vidljivo zračenje (0.63-0.69 μm ; odgovara crvenom dijelu spektra), 4) blisko-infracrveno (0.76-0.90 μm), 5) blisko-infracrveno (1.55-1.75 μm), 6) termalno zračenje (10.40-12.50 μm), 7) srednje-infracrveno (2.08-2.35 μm). Prostorna rezolucija Thematic Mapper senzora iznosi 30 metara, osim u kanalu broj 6, odnosno onome koji bilježi termalno zračenje, čija prostorna rezolucija iznosi 120 metara (usgs.gov, 2022)



Sl. 6. Scena područja istraživanja na Landsat 5 satelitskoj snimci (stanje 17.06.1991.)

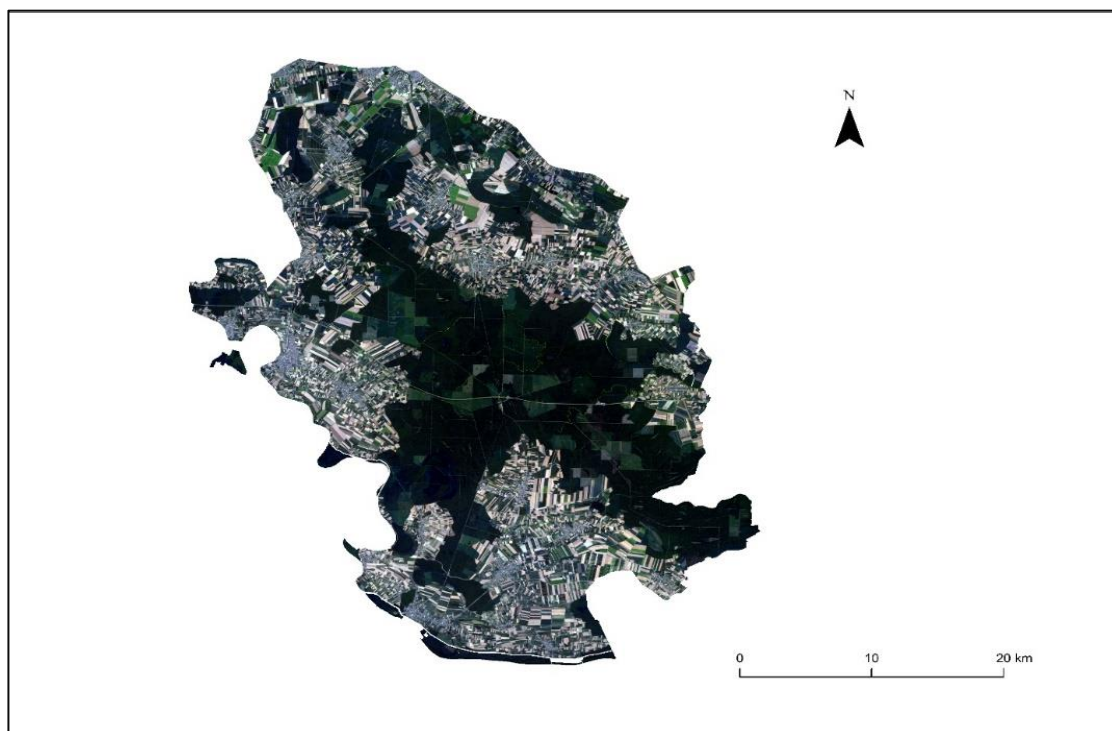
Izvor: Earth Explorer USGS 2022., Hrvatske šume 2022.

3.1.3. Landsat 9

Landsat 9, lansiran 27.09.2021., posljednje je lansirani satelit Landsat misija te je uz Landsat 8, trenutno u orbiti i aktivan.

Landsat 9 opremljen je dvama sensorima, OLI-2 (Operational Land Imager-2) i TIRS-2 (Thermal Infra-Red Sensor-2). OLI i TIRS senzori našli su se već i na satelitu Landsat 8, a OLI-2 i TIRS-2 predstavljaju unapređenje navedenih senzora korekcijom određenih nedostataka radi dobivanja kvalitetnijih i preciznijih mjerenja i podataka. OLI-2 senzor podatke bilježi kroz 9 spektralnih kanala: 1) vidljivo zračenje (0.43 - 0.45 μm), 2) vidljivo zračenje (0.45 - 0.51 μm), 3) vidljivo zračenje (0.53 - 0.59 μm), 4) crveno (0.64 - 0.67 μm), 5) blisko-infracrveno (0.85 - 0.88 μm), 6) kratkovalno infracrveno-1 (1.57 - 1.65 μm), 7) kratkovalno

infracrveno-2 (2.11 - 2.29 μm), 8) pankromatsko (0.50 - 0.68 μm), 9) cirrus (1.36 - 1.38 μm). Prostorna rezolucija podataka OLI-2 senzora iznosi 30 metara, osim u kanalu broj 8, odnosno pankromatskom, gdje prostorna rezolucija iznosi 15 metara. Senzor TIRS-2 bilježi toplinsko zračenje Zemljine površine kroz dva spektralna kanala: 1) TIRS 1 (10.6 - 11.19 μm), 2) TIRS 2 (11.5 - 12.51 μm). Prostorna rezolucija podataka TIRS-2 senzora iznosi 100 metara (usgs.gov, 2022).



Sl. 7. Scena područja istraživanja na Landsat 9 satelitskoj snimci (stanje 30.06.2022.)

Izvor: Earth Explorer USGS 2022., Hrvatske šume 2022.

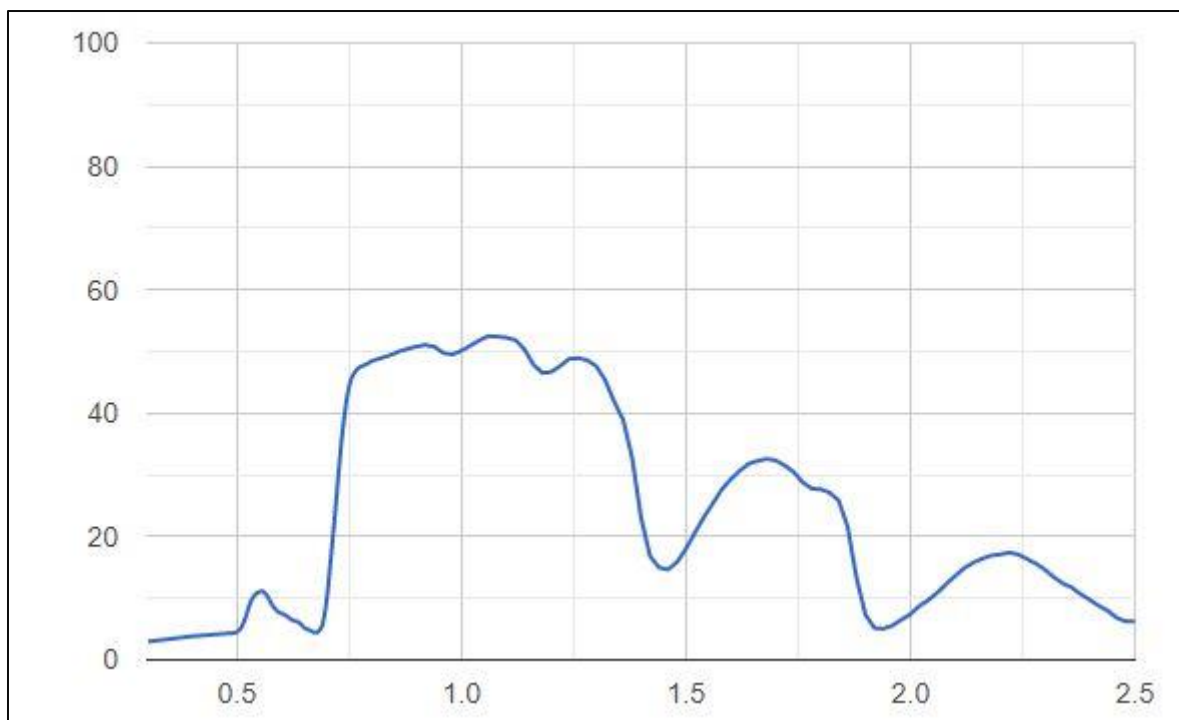
3.2. Detekcija vegetacije na satelitskim snimkama

Vegetacija i njezina detekcija, kao i detekcija multitemporalnih promjena vegetacije, jedna je od glavnih tema, ili skupina tema, unutar daljinskih istraživanja od samih njezinih početaka. U suvremenim svjetskim okolnostima i prilikama, u kojima se često ističe važnost očuvanja nekih oblika vegetacije, posebice šuma, i u kojima se često javljaju i intenziviraju određeni negativni globalni procesi poput dezertifikacije, potreba, kao i sama važnost praćenja vegetacije nameće se sama po sebi (Karpatne i dr., 2012).

Za shvaćanje osnovnih principa i mehanizama detekcije vegetacije potrebno je za početak definirati pojmove elektromagnetskog zračenja i elektromagnetskoga spektra kao osnovnih pojmova kada je riječ o tehnologiji i tehnikama koje stoje iza alata kojima se služe

daljinska istraživanja. Fizika već više stoljeća nastoji objasniti fenomen i pojavu svjetlosti. Prema aktualnim znanstvenim dosezima i spoznajama, svjetlost se objašnjava njezinom dvojnomo prirodom ili dualitetom: kao elektromagnetski val i kao čestica (foton), odnosno valnom i čestičnom teorijom. Prema valnoj teoriji, svjetlost je, kao što je rečeno, elektromagnetski val, odnosno produkt elektromagnetskog zračenja, koje nastaje titranjem nekog fizikalnog tijela. Emisiju elektromagnetskog zračenja s nekog tijela u prostoru bilježe senzori i uređaji za snimanje te tako nastaju podaci u daljinskim istraživanjima. Spektar elektromagnetskog zračenja sastoji se od više vrsta zračenja i valova, ovisno o rasponu valnih duljina valova, od mikrometarskih i nanometarskih do kilometarskih razmjera. Tako se u elektromagnetskom spektru nalaze, primjerice: radiovalovi, mikrovalovi, infracrveno zračenje, ultraljubičasto zračenje, X-zračenje, γ -zračenje,... Ljudsko oko zapaža maleni dio ovoga spektra, valnih duljina od, ovisno o različitim izvorima, 350 do 750 nanometara te se još naziva vidljivim dijelom spektra (Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, 2021).

Različiti materijali, tijela ili površine, ovisno o svojem sastavu, ili drugim fizikalnim, geometrijskim i sličnim svojstvima, na različit način i u različitoj mjeri reflektiraju i apsorbiraju elektromagnetsko zračenje što ga emitira Sunce, odnosno njihova je reflektancija različita. Reflektancija, ili faktor refleksije, podrazumijeva omjer toka reflektiranog zračenja od neke površine ili objekta i ukupnog upadnog toka zračenja. Ona također ovisi i o valnoj duljini elektromagnetskog zračenja, odnosno, praktično govoreći, ovisi o spektralnom kanalu u kojemu se što promatra. Svojstvena reflektancija neke površine na određenoj valnoj duljini, ili spektralnom kanalu naziva se spektralni potpis te je prema njemu moguće na satelitskim snimkama identificirati i razlikovati materijale i površine. Spektralni potpisi iskazuju se grafom funkcija reflektancije i valne duljine (Longley i dr., 2005).

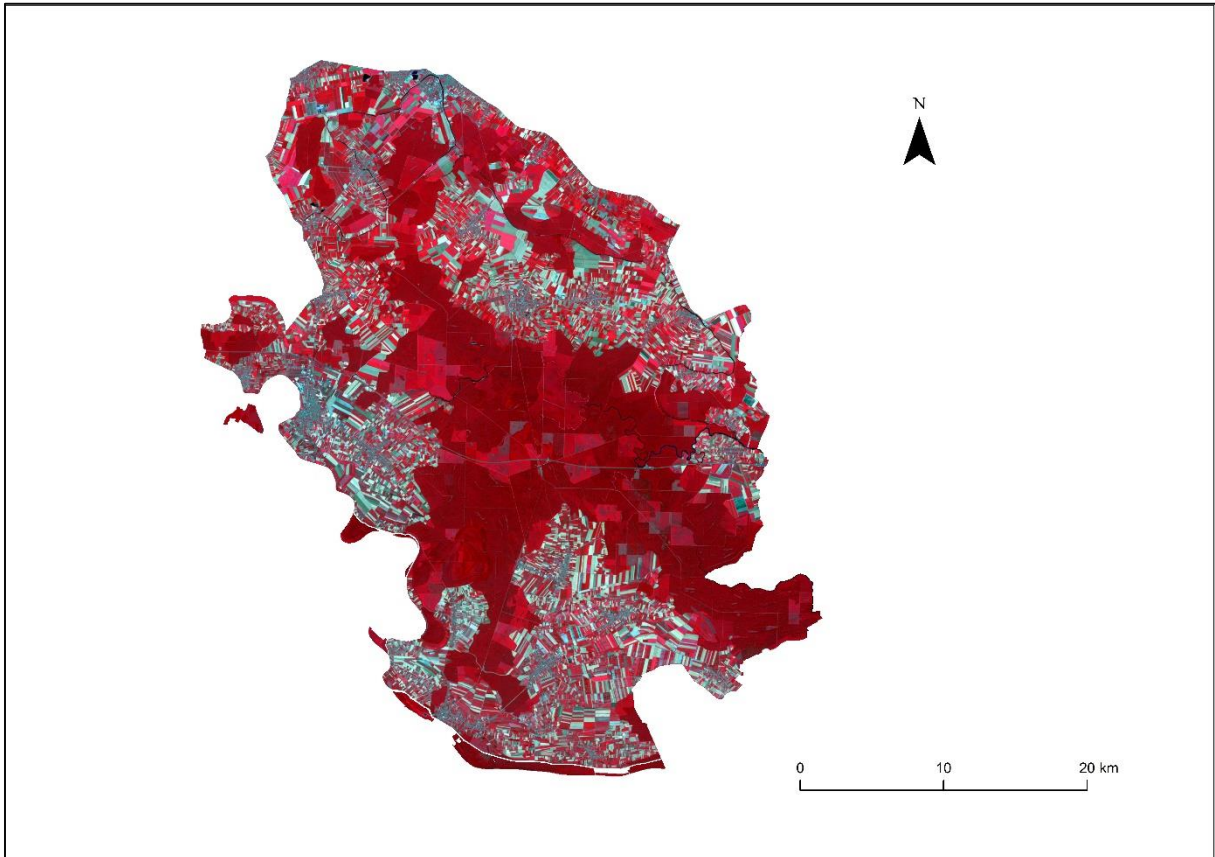


Sl. 8. Odnos reflektancije u postocima (y-os) i valne duljine u mikrometrima (x-os) za vegetaciju

Izvor: gsp.humboldt.edu, 2014.

Klorofil tako, primjerice, u vidljivom dijelu spektra vrlo dobro apsorbira elektromagnetsku energiju, posebice oko plavog (450 nm) i crvenog (650 - 670 nm) dijela spektra, a značajno reflektira u zelenom dijelu, što je i razlog zašto ljudsko oko vegetaciju doživljava zelenom. Same pak biljke, odnosno vegetacija, najviše zračenja reflektiraju u rasponu zračenja valnih duljina između 700 i 1300 nm (0.7 i 1.3 μm), odnosno u dijelu spektra koji odgovara bliskom infracrvenom i infracrvenom zračenju. Na temelju ovoga svojstva spektralnoga potpisa vegetacije moguće ju je relativno lako identificirati na satelitskoj snimci, gledajući snimku kroz odgovarajuće spektralne kanale tih valnih duljina, ali i stvaranjem *false color* kompozita (gsp.humboldt.edu, 2014). *False color* kompozitna snimka podrazumijeva kompozitnu sliku sastavljenu od 3 kanala, kao i *true color* kompozitna slika sastavljena od RGB spektralnih kanala (red-green-blue), odnosno od crvenog, zelenog i plavog dijela elektromagnetskog spektra, čime se postiže scena, odnosno slika, onakva kakvome je zapaža ljudsko oko. Kod *false color* kompozitnih slika kanali se pomiču po elektromagnetskom spektru, pa tako primjerice može nastati trokanalna kompozitna slika NIR-R-G (near-infrared-red-green), sastavljena dakle od blisko-infracrvenog, crvenog i zelenog dijela spektra. Ovakav će kompozit, posljedično spektralnomo potpisu vegetacije, relativno dobro isticati površine

prekrivene vegetacijom te je koristan u analizama iste, a takvi su kompoziti korišteni i u ovome radu.



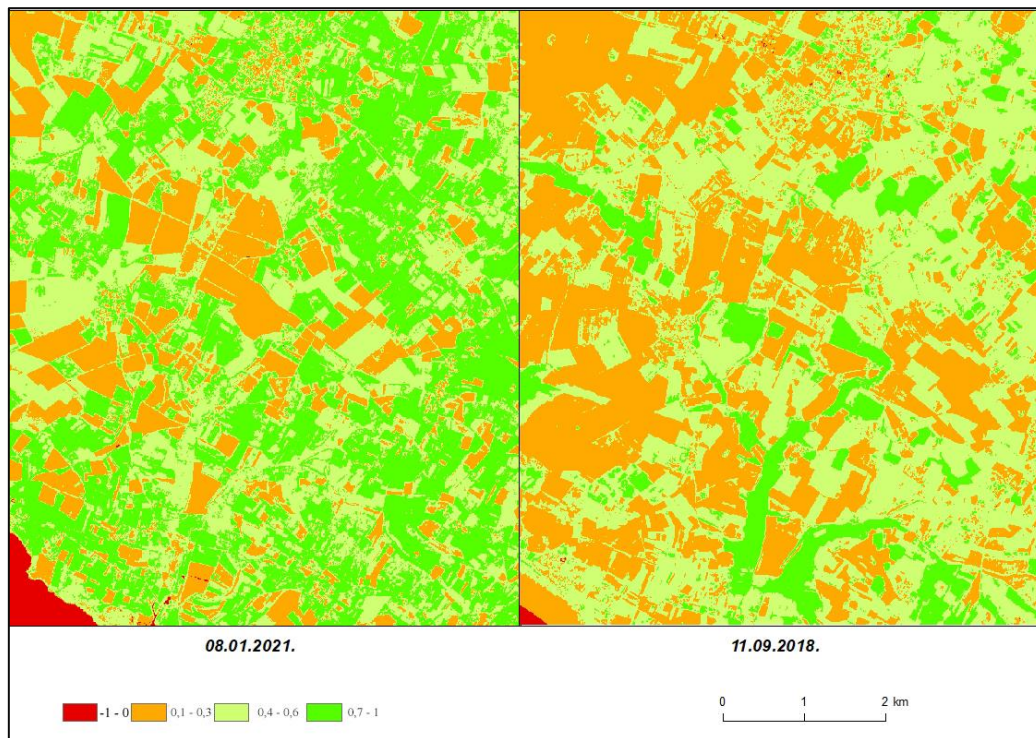
Sl. 9. Pseudokolorni kompozit Landsat 9 snimke (stanje 30.06.2022.)

Izvor: Earth Explorer USGS 2022., Hrvatske šume 2022.

3.2.1. Vegetacijski indeksi

Vegetacijski indeksi još su jedan od načina za detekciju, identifikaciju i izdvajanje vegetacije i površina prekrivenih njome na satelitskoj snimci. Osim za detekciju, vegetacijski indeksi vrlo su korisni i za procjenu zdravlja bilja, procjenu suše i rizika od suše kao i primjerice procjenu vlažnosti tla i slično. Oni su zapravo matematička kombinacija površinske reflektancije objekta ili površine na dvjema ili više valnih duljina, odnosno spektralnih kanala. Njihova je uloga istaknuti i naglasiti određenu ciljanu osobinu vegetacije, za koju su osmišljeni (Croft i dr., 2020). Vjerojatno najpoznatiji i najkorišteniji vegetacijski indeks jest NDVI (engl. normalised difference vegetation index), čija je općenita uloga isticanje zdrave vegetacije i njezine gustoće i količine na određenom prostoru, a na njegovom primjeru moguće je ukratko objasniti princip nastanka i korištenja vegetacijskih indeksa. Računa se prema sljedećoj formuli: $(NIR-RED/NIR+RED)$; odnosno, vrijednosti NDVI indeksa u svakom pikselu rastera

analizirane snimke rezultat su kvocijenta razlike i zbroja vrijednosti reflektancije u istom tom pikselu u blisko-infracrvenom i crvenom spektralnom kanalu. Vrijednosti NDVI indeksa kreću se između minimalnih -1, što znači da vegetacija u takvoj točki ne postoji, do maksimalnih 1, odnosno vrijednosti koja predstavlja zdravu i postojanu vegetaciju (Gandhi i dr., 2015).



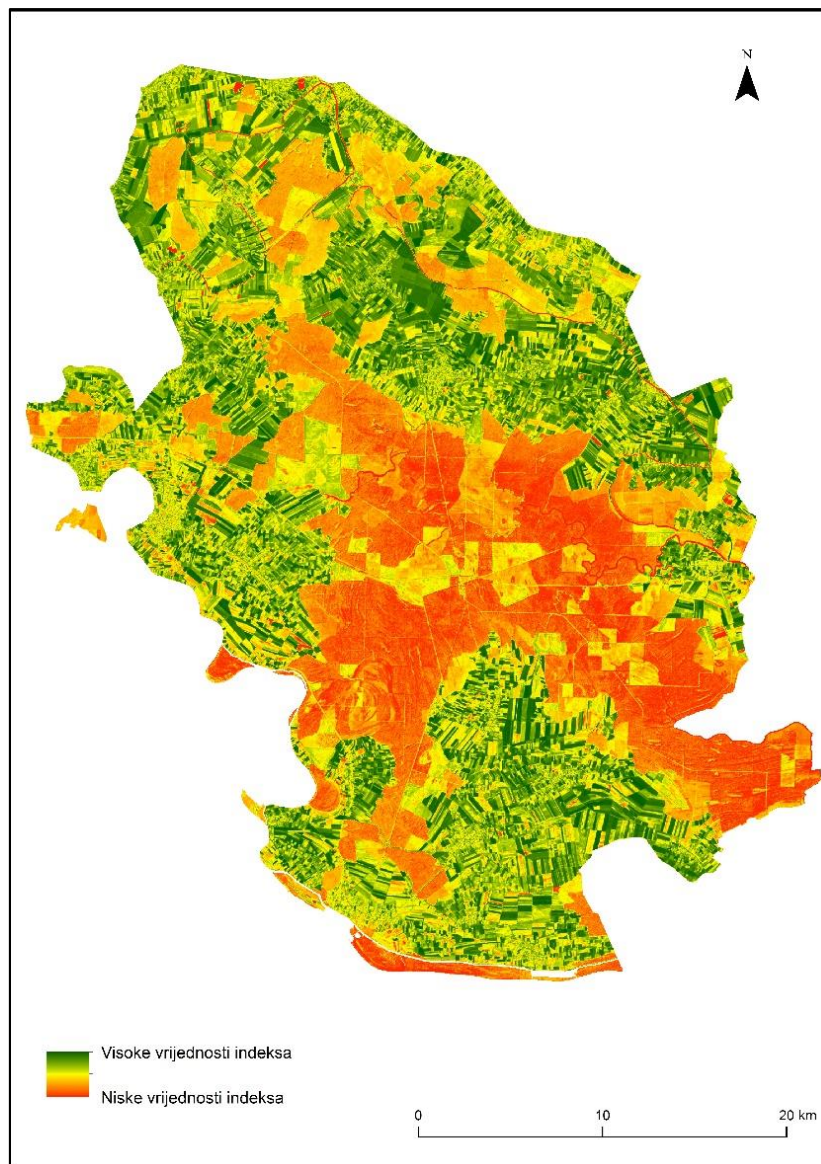
Sl. 10. NDVI indeks za okolicu Bordeauxa

Izvor: Earth Explorer USGS 2022.

Indeks, pak, korišten u ovome radu je CVI. CVI indeks, punim imenom Chlorophyll Vegetation Index, vegetacijski je indeks koji ističe i upućuje na prisutnost biljnog pigmenta klorofila te se stoga, uz brojne druge, u stranoj literaturi često oslovljava kao *leaf pigment index*, ocrtavajući tako glavnu njegovu karakteristiku (Croft i dr., 2020). Klorofil je zeleni biljni pigment, neophodan za odvijanje procesa fotosinteze. Indeks je u ovoj analizi primarno poslužio za identificiranje područja prekrivenih niskom vegetacijom unutar šumskog područja. Naime, imajući u vidu prirodu procesa fotosinteze, kojoj je za provedbu potrebna Sunčeva svjetlost i fizionomiju šumskog prostora u kojemu je zbog krošanja stabala opstruiran dolazak svjetlosti do samoga tla, vrijednosti CVI indeksa, odnosno prisutnost klorofila veća je na područjima prekrivenima vegetacijom, ali bez šumskog pokrova, nego li u samoj šumi. To je važno konkretno za ovu analizu, budući da se u većini slučajeva ispostavlja kako su područja s niskom vegetacijom, poglavito u blizini šume, ili okružena šumskom vegetacijom, zapravo

iskrčena područja, odnosno područja na kojima je šumska vegetacija posječena. Tako se CVI indeks ispostavio, u određenoj mjeri, kao indikator sječe šuma i uklanjanja šumskog zemljišnog pokrova.

Sam indeks računa se prema sljedećoj formuli: $CVI = NIR * (RED / GREEN^2)$, odnosno vrijednosti CVI indeksa dobivaju se množeći vrijednosti reflektancije u blisko-infracrvenom spektralnom kanalu s kvocijentom vrijednosti u crvenom i zelenom spektralnom kanalu (kvadriranom). Za razliku od NDVI indeksa, vrijednosti CVI indeksa nisu standardizirane između određenog raspona vrijednosti (kod NDVI od -1 do 1), već se dobivene vrijednosti relativiziraju, primjerice niska prisutnost klorofila, srednja ili visoka i vrlo visoka prisutnost klorofila, ili što je još važnije, usporediti određena dva referentna područja prema prisutnosti istog.



Sl. 11. CVI indeks za područje istraživanja za Landsat 9 snimku (stanje 30.06.2022.)

Izvor: Earth Explorer USGS 2022., Hrvatske šume 2022.

3.3. Klasifikacija snimaka

Jedan od najčešćih postupaka pri analizi digitalnih slika i snimaka, odnosno općenito snimaka u daljinskim istraživanjima, jest klasifikacija snimaka. Klasifikacija podrazumijeva upotrebu kvantitativnih i matematičko-računalnih metoda za identifikaciju objekata koji se nalaze u danom prostoru na nekoj snimci, odnosno koji čine određenu scenu (Campbell i Wynne, 2011). Najčešće je pritom riječ o klasifikaciji zemljišnog pokrova, u sferu čega bi pripala i analiza iz ovog diplomskog rada s fokusom konkretno na šumsko područje i šumski pokrov. Zemljišni pokrov može se ukratko definirati mjerljiva fizička pojava koja prekriva određeni dio Zemljine površine, a njegova klasifikacija kao svrstavanje istih u unaprijed određene i zadane klase prema diferenciranim i karakterističnim fizičkim, biološkim i drugim svojstvima (Valožić, 2015). Razlikuju se dva glavna oblika klasifikacije digitalnih snimaka, a to su: spektralno orijentirana i objektno orijentirana. Spektralno orijentirana klasifikacija, odnosno spektralno prepoznavanje uzoraka, temelji se na prepoznavanju svojstava objekata na sceni (radijancija, reflektancija i slično), odnosno interakcije objekta i senzora, a objektno orijentirana klasifikacija na prostornom prepoznavanju uzoraka, odnosno na prepoznavanju oblika u prostoru. Vrlo je česta kombinacija korištenja ovih dvaju oblika u izradi i provedbi analize koristeći se klasifikacijom snimke.

Osim prema spomenutom načinu ili obrascu prepoznavanja entiteta u prostoru, klasifikacija se razlikuje i prema utjecaju istraživača na samu klasifikaciju, odnosno prema istraživačevu utjecaju. Tako postoje dvije glavne klasifikacijske metode: nadzirana i nenadzirana klasifikacija. Pri nadziranoj klasifikaciji, istraživač ručno pomoću spektralnih ili nekih drugih karakteristika piksela, iste razvrstava u skupine, odnosno u unaprijed određene klase. Nenadzirana, pak, klasifikacija podrazumijeva automatizirano računalno grupiranje piksela prema njihovim spektralnim karakteristikama pri čemu istraživač odabire algoritam svrstavanja, broj klasa te naposljetku povezuje spektralne klase s informacijskima (primjerice: klasa 1 jest šuma, klasa 2 oranice,...). Nadzirana klasifikacija korisna je u situacijama u kojima istraživač poznaje karakteristike prostora koje istražuje, ali i zbog preskakanja koraka povezivanja spektralnih s informacijskim klasama, dok se nenadzirana nameće kao bolji izbor u situacijama gdje istraživač ne poznaje istraživani prostor, ali i zbog mogućnosti izdvajanja klasa koje bi pri ručnoj nadziranoj klasifikaciji istraživačevu oku promakle (Enderle i Weih Jr., 2005).

Pri izradi analize ovoga rada korištena je metoda nadzirane klasifikacije, *Interactive Supervised Classification*, unutar ArcMap 10.8. Prije same klasifikacije, određene su 4 klase

pokrova: 1) gusta šumska vegetacija, 2) prorijeđena šumska vegetacija, 3) niske biljne zajednice, 4) ostalo. Pri samoj klasifikaciji, težilo se jednakome broju uzoraka za treniranje piksela za svaku od 4 klase, pa je tako na Landsat 1 snimci za 1976. godinu za svaku klasu obuhvaćeno oko 10 000 piksela, a na Landsat 5 i 9 snimkama za 1991. i 2022. godinu oko 20 000, s obzirom na razlike u prostornoj rezoluciji snimaka između Landsat misija.

Klasifikacija se temeljila na prepoznavanju zemljišnoga pokrova prekrivenoga šumskom vegetacijom, koji je najčešće relativno lako uočljiv na satelitskim R-G-B kompozitima (kompozit prirodne boje), zahvaljujući karakterističnoj teksturi šumskih krošnji. Osim R-G-B kompozitima, služilo se i kompozitima NIR-R-G (pseudokolorni kompozit) za dodatno isticanje zemljišta prekrivenoga šumskim pokrovom, zahvaljujući ranije spomenutim spektralnim svojstvima vegetacije. Uloga CVI indeksa u izradi ove analize bila je, osim detekcije vegetacije, pomoći pri razlučivanju gustoće šumskog pokrova na određenom dijelu zemljišta. Naime, kako je već rečeno, klorofil se slabije proizvodi unutar šumskih područja, obzirom kako je za proizvodnju klorofila u procesu fotosinteze potrebna svjetlost koja u istima zbog prisutnosti krošnji ne može u velikoj mjeri dolaziti do podloge. Tako su zapravo niske vrijednosti CVI indeksa na područjima gdje su na pseudokolornim i kompozitima prirodne boje bile uočljive formacije šumske vegetacije, upućivale na veću gustoću šumskoga pokrova, odnosno veću gustoću krošnji stabala. Sukladno tome, visoke vrijednosti CVI indeksa upućivale su na prisutnost vegetacije, međutim ne i na prisutnost visokog drvenastog bilja, odnosno šumske vegetacijske zajednice, već se radilo o niskim biljnim zajednicama, odnosno niskome raslinju, grmlju ili pak travnatim zajednicama. Srednje vrijednosti CVI indeksa upućivale su, uz usporedbu s pseudokolornim i kompozitima prirodne boje, na prisutnost šumske vegetacijske zajednice kao i niskog bilja, međutim, najčešće se radilo o prostoru prekrivenom šumskom vegetacijom te o zemljištu koje je prema definiciji iz Zakona o šumama (NN 68/2018, Zakon o šumama) šumsko zemljište, ali manje brojnosti biljnih jedinki, odnosno stabala.

U klasifikaciji zemljišnoga pokrova ove analize, prva klasa jest *Gusta šumska vegetacija*. U ovu je klasu bio uključivan prostor koji je na satelitskim kompozitima uočljivo bio prekriven vegetacijom jasno vidljive teksture šumskih krošnji, a vrijednosti CVI indeksa za isti prostor bile su niske. Druga klasa - *Prorijeđena šumska vegetacija*, uključivala je prostor koji je prekriven šumskom vegetacijom te zadovoljava kriterije Zakona o šumama, međutim, CVI indeks pokazivao je nešto više vrijednosti nego li za područja prethodne klase uz često uočljivu manju gustoću vegetacije i krošnja stabala na kompozitima. Klasa pokrova niske biljne

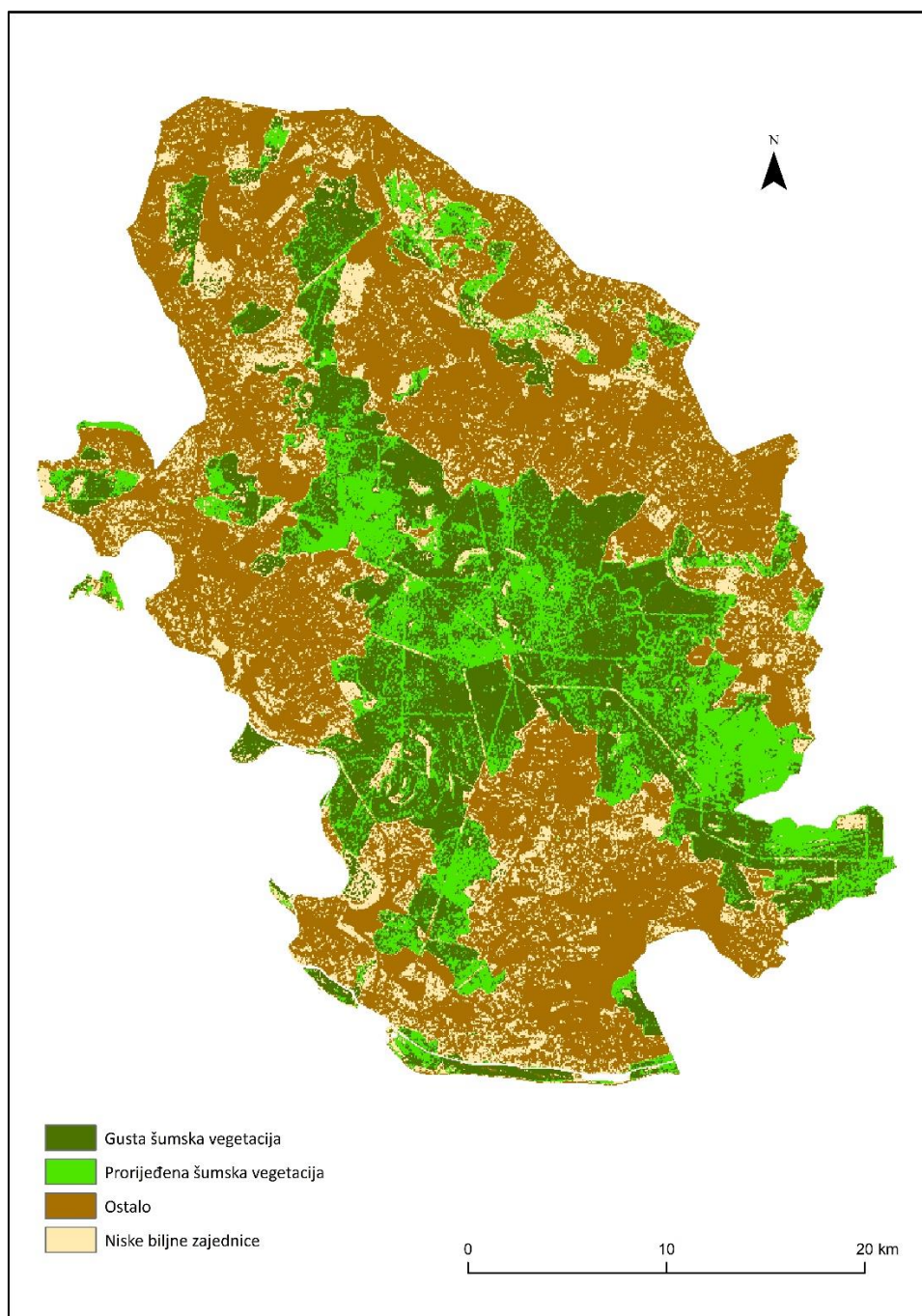
zajednice obuhvaća zemljište prekriveno niskim grmljem, raslinjem, travnatim zajednicama te općenito, niskim biljem, bez prisutnosti visokog drvenastog bilja, odnosno šumske vegetacije. Zemljište ovakvoga pokriva isticalo se na *false color* kompozitnim snimkama te se dodatno raspoznavalo visokim vrijednostima CVI indeksa. Posljednja klasa pokriva oslovljena s *Ostalo*, obuhvaća sav ostali moguć zemljišni pokrov područja istraživanja, a koji nije od presudnog značaja za multitemporalne promjene šumskoga pokriva, a u najvećoj je mjeri riječ o poljoprivrednim površinama, odnosno oranicama te naseljima, odnosno izgrađenim površinama.

Problem za računalo znao je nastajati u razlikovanju zemljišnog pokriva klase niskih biljnih zajednica i oranica, u najvećoj mjeri onih oranica koje su u trenutku nastanka snimke bile prekrivene nekim usjevom ili vegetacijom pa je bilo potrebno softver *nahriniti čistim* uzorcima za tu klasu. U tome se zapravo ogleda jedna od spomenutih prednosti ručne nadzirane klasifikacije, a to je mogućnost donošenja ispravnijih procjena kroz istraživačevo poznavanje prostora te iskustvom ljudskoga oka, primjerice, prepoznati na snimci teksturu i obrise kultivirane i nekultivirane površine.

Nakon klasifikacije zemljišnog pokriva na snimkama, radi mogućnosti brojčanog izražavanja površina pojedine klase zemljišnog pokriva, raster klasifikacije pokriva bilo je potrebno pretvoriti u vektorski tip podatka. To je učinjeno pomoću funkcije *Raster To Polygon* unutar softverskog paketa ArcMap 10.8., pri čemu je zapravo svaka od klasa pokriva pretvorena u poligon čiju je tada površinu bilo moguće kvantificirati, odnosno brojčano izraziti. Površine poligona jednostavno su izračunate u atributivnoj tablici novog vektorskog sloja, pomoću funkcije *Calculate Geometry*.

4. REZULTATI ANALIZE

4.1. Stanje 1976. godine



Sl. 12. Klasifikacija zemljišnog pokrova za 1976. godinu (09.09.1976.)

Izvor: Earth Explorer USGS 2022., Hrvatske šume 2022.

Na slici 12 prikazan je rezultat klasifikacije zemljišnog pokrova za 1976. godinu. Klasifikacija je provedena na temelju Landsat 1 snimke MSS senzora (multispektralni)

kritičnog trenutka 09.09.1976. Prostorna rezolucija snimke iznosi 80 metara, odnosno svaki piksel rastera snimke predstavlja područje od 80 x 80 metara u stvarnome prostoru.

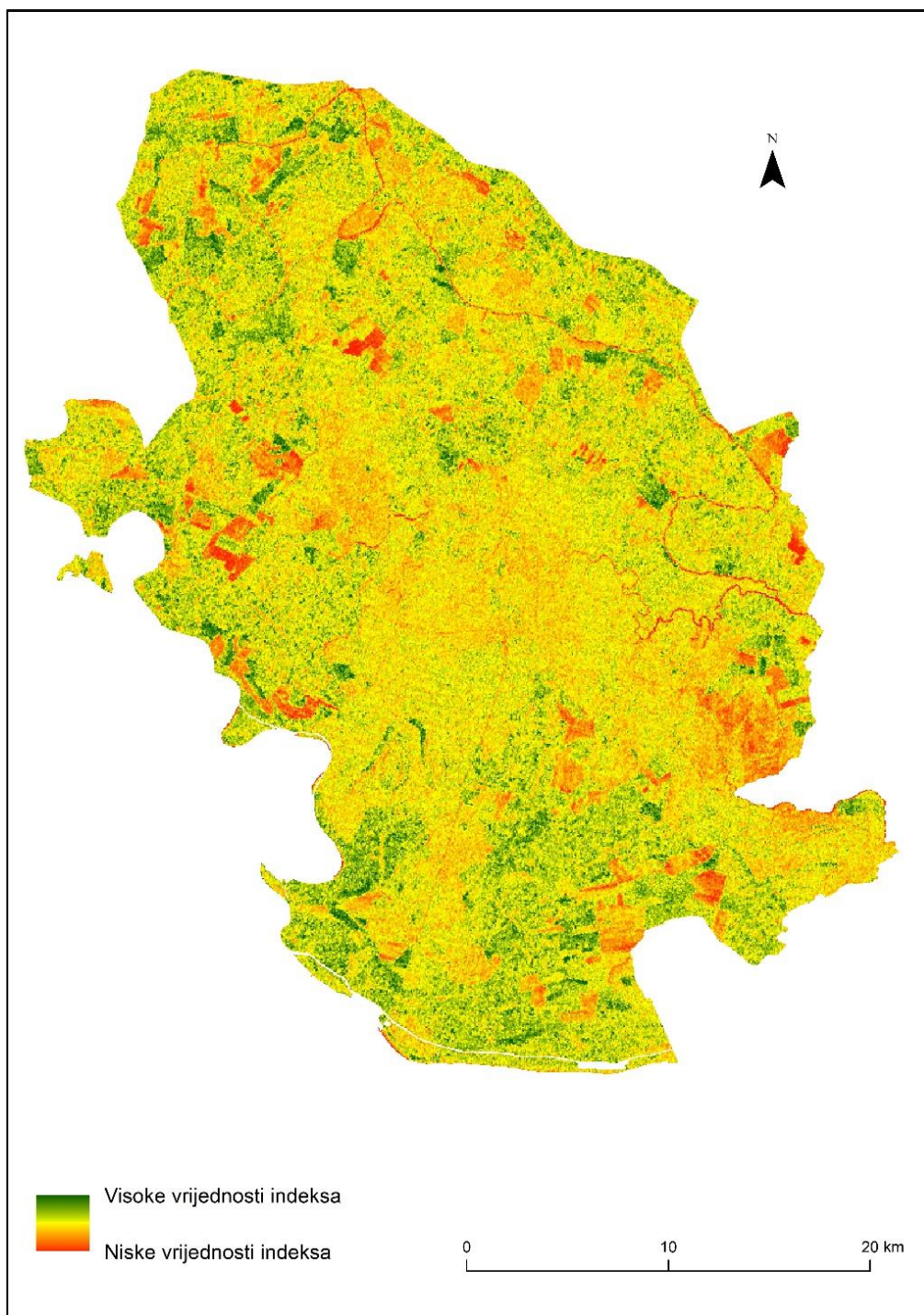
Od ukupno 1225 km² područja istraživanja, 579,4 km² pokrivala je klasa *Ostalo*, odnosno 47,2 %. Razlog tomu leži prvenstveno u činjenici kako područje istraživanja nije svedeno isključivo na šumsko zemljište i šumski prostor, već je, kako je već i ranije objašnjeno u tekstu, određivano prema područjima odgovarajućih gospodarskih jedinica, koje ne obuhvaćaju isključivo šumsko zemljište. Klasa pokrova *Ostalo* najviše se zapravo sastoji od poljoprivrednih kultiviranih površina, odnosno oranica te naselja i drugih izgrađenih površina, čemu u prilog govore i neke od činjenica o, primjerice, gospodarskoj strukturi stanovništva ili prirodnoj osnovi prostora ranije iznesene u radu. Međutim, prostorna rezolucija snimke od 80 metara predstavlja u velikoj mjeri ograničenje i prepreku pri nekakvoj detaljnijoj razradbi klasifikacije zemljišnog pokrova pa je stoga fokus ipak zadržan na detekciji i diferencijaciji među vegetacijskim pokrovom u tri različite klase te klasom *Ostalo*.

Površinski druga najveća klasa pokrova 1976. godine bila je *Gusta šumska vegetacija*, koja je zauzimala 22% prostora istraživanja, odnosno prostirala se na 268,8 km², a zatim *Prorijedena šumska vegetacija*, s 15,6 % površine područja istraživanja, odnosno površine 190,8 km². Sveukupno je tako 1976. godine na području istraživanja bilo 459 km² šumskog zemljišta, odnosno 37,6 %. Najmanje površine zauzimala je klasa Niske biljne zajednice, s udjelom u površini od 15,2 %, odnosno površine 186 km². Ova klasa najviše je obuhvaćala zajednice trava, raslinja i niskog grmlja, vrlo često unutar areala šumske zajednice, odnosno okružena šumskim zemljištem. Iz toga proizlazi njezina važnost za kasnije rezultate, a koja leži u tome da je praćenjem područja širenja površina pod ovom klasom zemljišnog pokrova bilo moguće pratiti prostore sječe šume, odnosno ova se klasa pokrova u blizini šumskih zemljišta najčešće podudarala s iskrčenim površinama.

Tab. 3. Površine pojedinih klasa zemljišnog pokrova 1976. godinu

Klasa zemljišnog pokrova	Površina (km ²)	Udio (%)
Gusta šumska vegetacija	268,8	22
Prorijedena šumska vegetacija	190,8	15,6
Niske biljne zajednice	186	15,2
Ostalo	579,4	47,2
Ukupno	1225	100

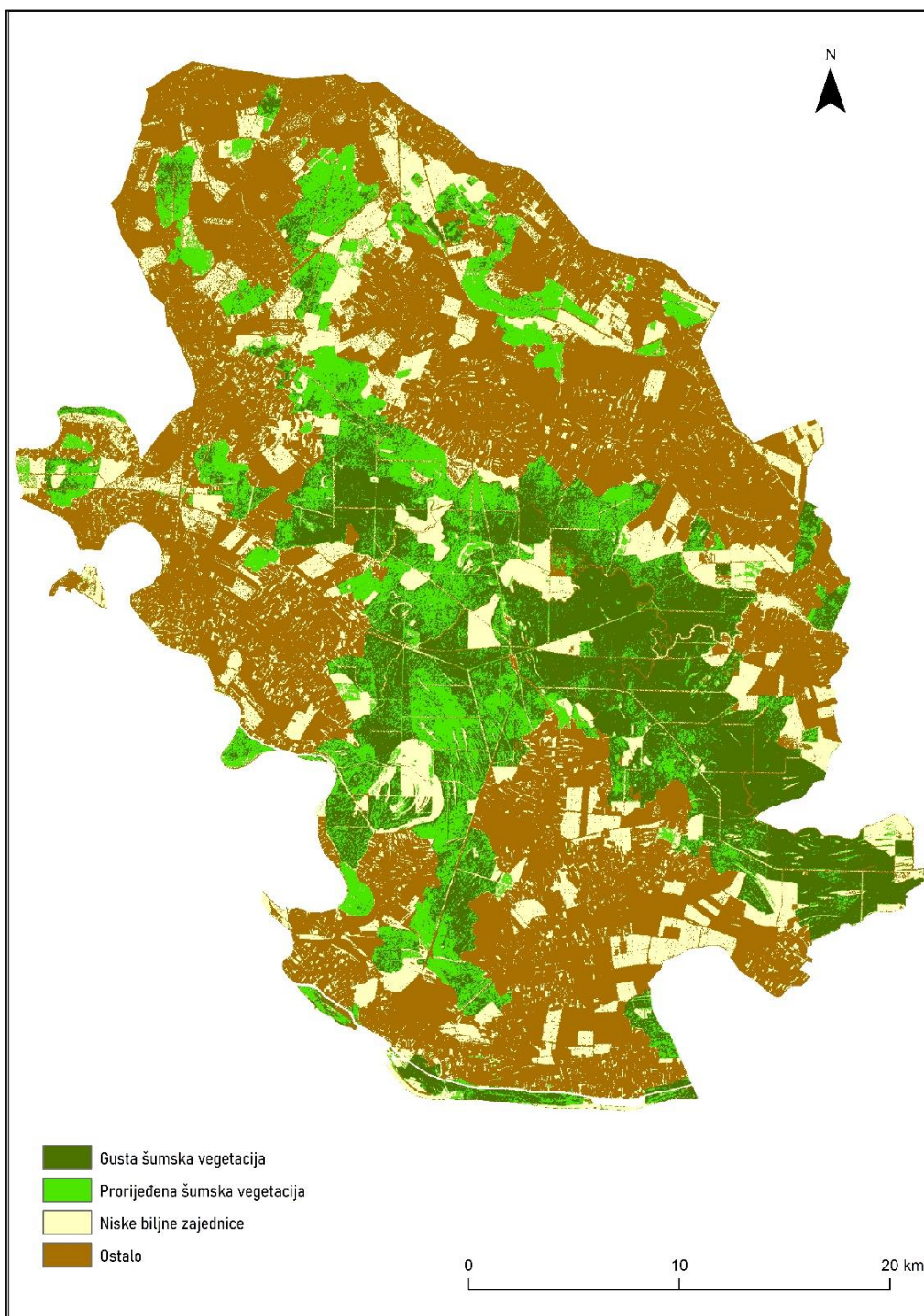
Izvor: ArcMap 10.8., ESRI GIS



Sl. 13. Vrijednosti CVI indeksa za 1976. godinu (09.09.1976.)

Izvor: Earth Explorer USGS 2022., Hrvatske šume 2022.

4.2. Stanje 1991. godine



Sl. 14. Klasifikacija zemljišnog pokrova za 1991. godinu (17.06.1991.)

Izvor: Earth Explorer USGS 2022., Hrvatske šume 2022.

Slika 14 prikazuje rezultat klasifikacije zemljišnog pokrova za 1991. godinu. Klasifikacija je provedena na temelju Landsat 5 snimke Thematic Mapper senzora na dan 17.06.1991. Prostorna rezolucija snimke iznosi 30 metara, odnosno jedan piksel na rasteru snimke predstavlja 30 metara u stvarnome prostoru.

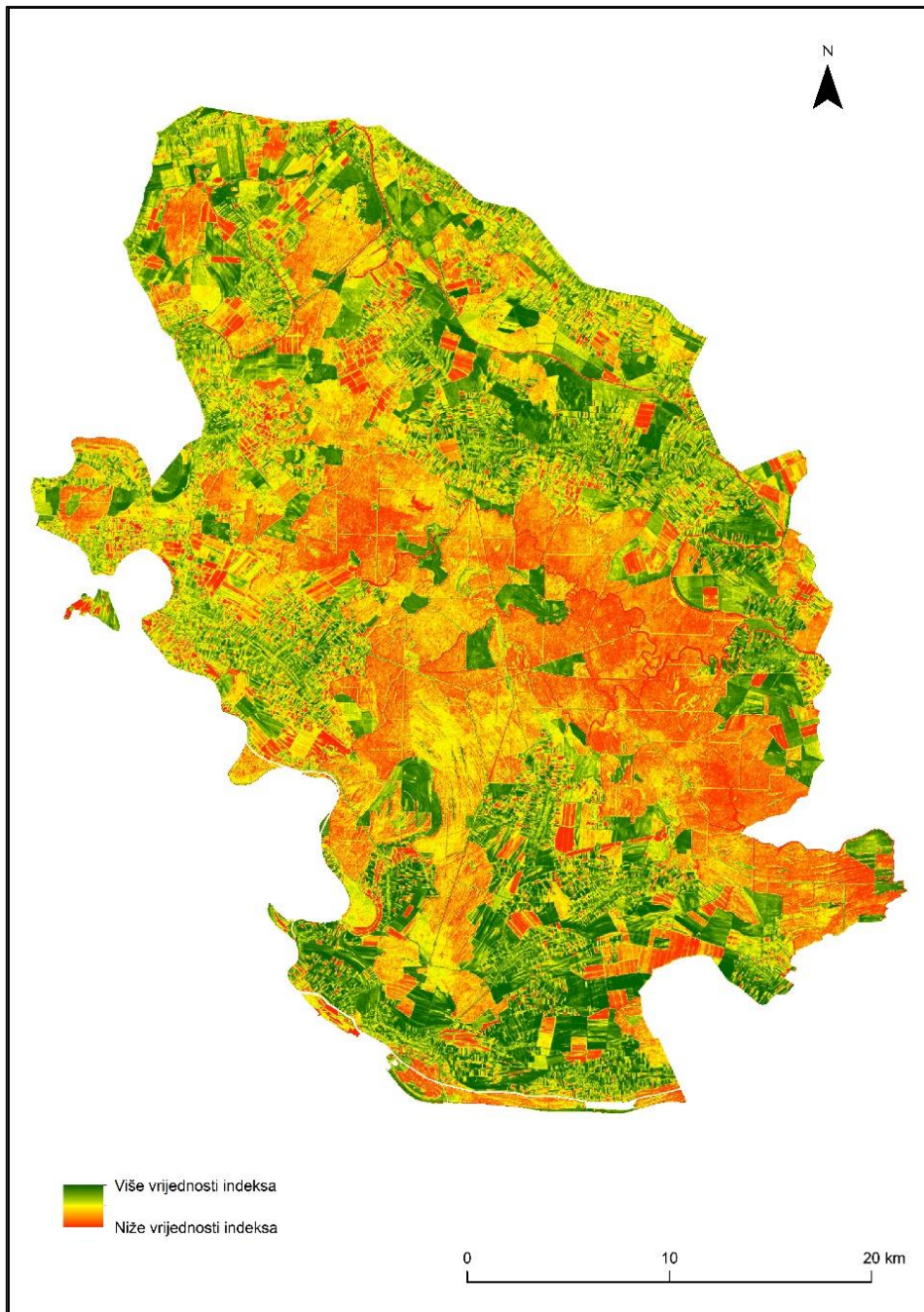
Kao i 1976. godine, 1991. također je površinski najveća klasa bila *Ostalo* s površinom od 595,3 km², odnosno 48,6 %. Do zanimljivih je promjena došlo u klasama šumske vegetacije kao i *Niskih biljnih zajednica*. Naime, površina klase *Gusta šumska vegetacija* smanjena je s 268,8 km² 1976. na 228 km², a klasa *Prorijeđena šumska vegetacija* izgubila je oko 10 km² površine, odnosno 1991. zauzimala je 180,1 km². Tako je prostor šumske vegetacije, odnosno zbroja ovih dviju klasa sa 459 km² 1976. pao na 408,1 km², što zapravo predstavlja gubitak od skoro 51 km² prostora šumske vegetacije, odnosno smanjenje ukupne šumske vegetacije za oko 11 % u danom 15-godišnjem periodu.

S druge strane, klasi *Niske biljne zajednice* pripalo je 1991. godine 221,6 km² površine područja istraživanja, odnosno 18,1 %. Tako se površina ove klase u 15 godine povećala za 35,6 km², odnosno oko 16 % u odnosu na 1976. godinu Kao što je spomenuto u poglavlju 4.1., valja obratiti pažnju na povećanje prostora obuhvaćenoga ovom klasom unutar samoga šumskoga prostora.

Tab. 4. Površine pojedinih klasa zemljišnoga pokrova 1991.

Klasa zemljišnog pokrova	Površina (km ²)	Udio (%)	U odnosu na 1976. (km ²)
Gusta šumska vegetacija	228	18,6	- 40,8
Prorijeđena šumska vegetacija	180,1	14,7	- 10,7
Niske biljne zajednice	221,6	18,1	+ 35,6
Ostalo	595,3	48,6	+ 15,9
Ukupno	1225	100	-

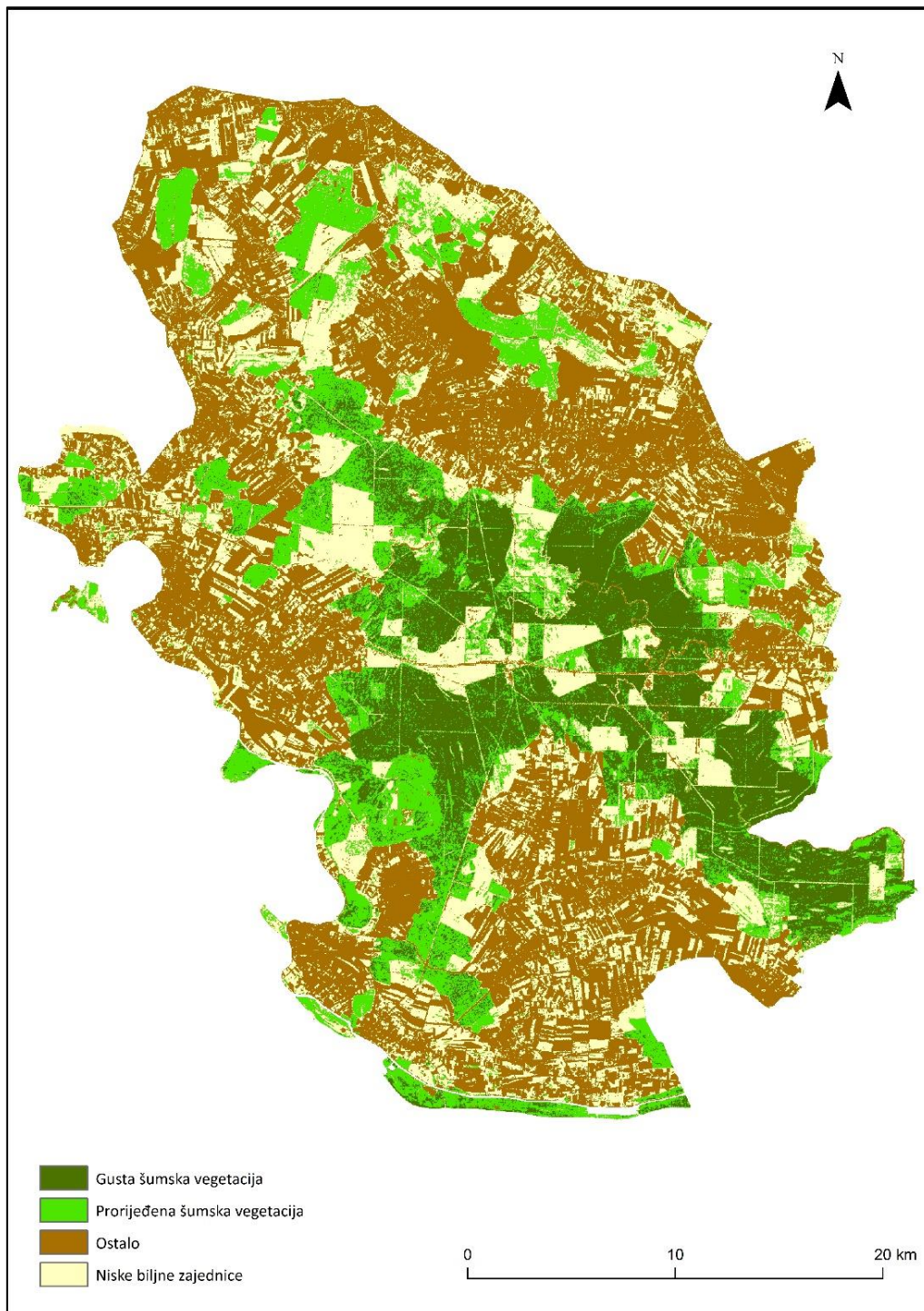
Izvor: ArcMap 10.8., ESRI GIS



Sl. 15. Vrijednosti CVI indeksa za 1991. godinu

Izvor: Earth Explorer USGS 2022., Hrvatske šume 2022.

4.3. Stanje 2022. godine



Sl. 16. Klasifikacija zemljišnog pokrova za 2022. godinu (30.06.2022.)

Izvor: Earth Explorer USGS 2022.; Hrvatske šume 2022.

Slika 16 prikazuje rezultate klasifikacije zemljišnog pokrova za 2022. godinu. Klasifikacija je napravljena na temelju Landsat 9 satelitske snimke OLI-2 senzora na dan 30.06.2022. Prostorna rezolucija snimke iznosi 30 metara, odnosno jedan piksel na rasteru snimke predstavlja 30 metara u stvarnome prostoru.

Kao i u prethodne dvije referentne godine, najveću je površinu područja istraživanja zauzimao pokrov klase *Ostalo*, točnije 516 km², odnosno 42,1 % područja istraživanja. Udio zemljišta pokrova klase *Gusta šumska vegetacija* iznosio je 15,1 %, odnosno 185 km², što predstavlja smanjenje od 43 km² u odnosu na 1991. godinu, dok se površina zemljišta pod pokrovom klase *Prorijeđene šumske vegetacije* povećala za 25,7 km² te je zauzimala 16,8 %, površinom od 205,7 km². Ukupna je tako površina pod dvije klase zemljišnog pokrova šumske vegetacije smanjena za dodatnih 17,4 km² u odnosu na 1991.

Najznačajnija promjena dogodila se u površini klase zemljišnog pokrova *Niske biljne zajednice* koja je 2022. godine iznosila 318,3 km², odnosno 26 % površine područja istraživanja. To je povećanje površine od 96,7 km² u odnosu na 1991. godinu.

Tab. 5. Površine pojedinih klasa zemljišnoga pokrova 2022.

Klasa zemljišnog pokrova	Površina (km ²)	Udio (%)	U odnosu na 1991. (km ²)
Gusta šumska vegetacija	185	18,6	- 43
Prorijeđena šumska vegetacija	205,7	14,7	+ 25,6
Niske biljne zajednice	318,3	18,1	+ 96,7
Ostalo	516	48,6	- 79,3
Ukupno	1225	100	-

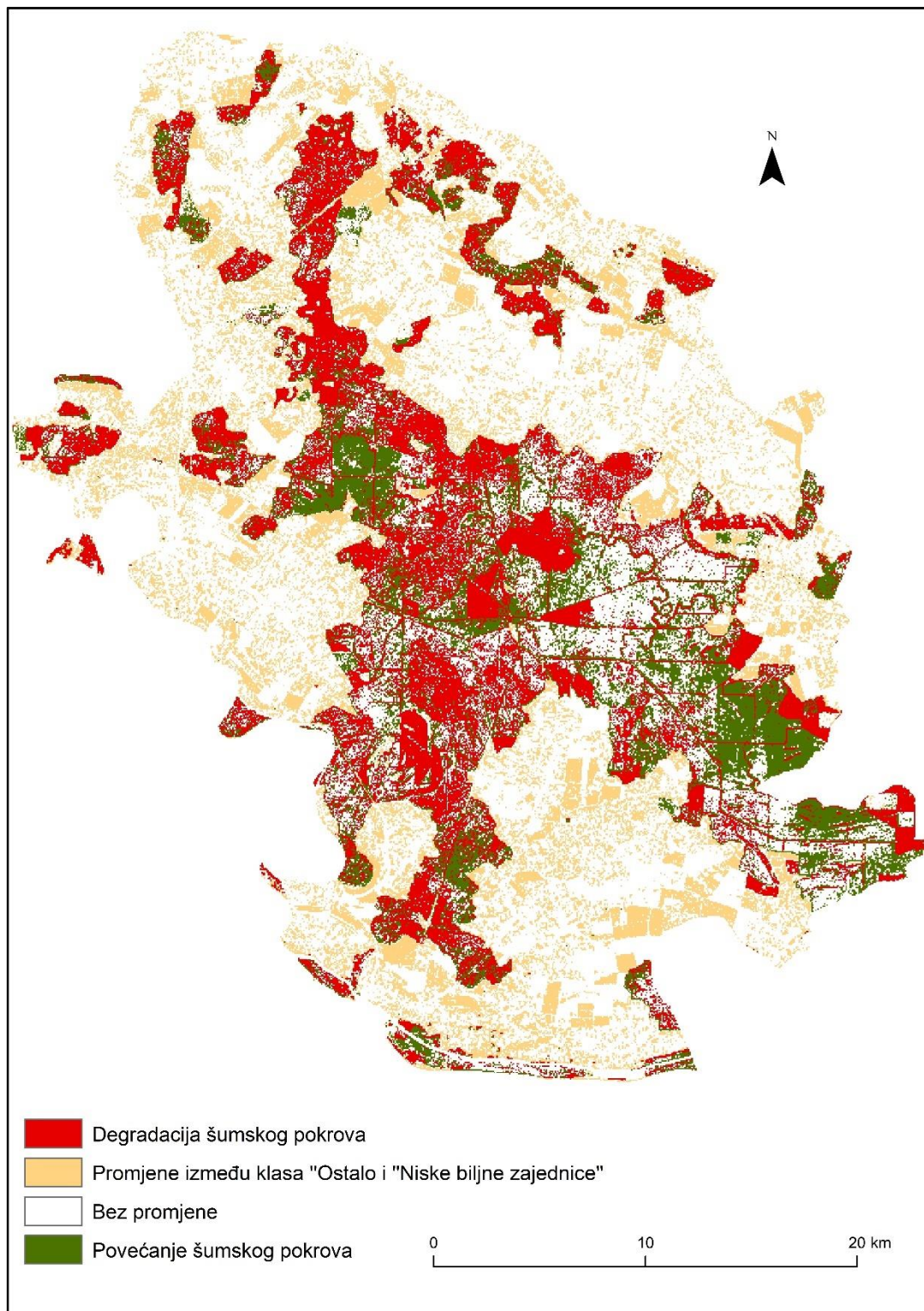
Izvor: ArcMap 10.8., ESRI GIS

4.4. Promjene zemljišnog pokrova

Slika 17 prikazuje raster promjene pokrova u periodu od 1976. do 1991. godine, a izrađen je, kao i ostali koji će biti prikazani, pomoću funkcije *Raster Calculator* ArcMapa, pri čemu je raster klasifikacije za 1991. godinu oduzet od rastera klasifikacije za 1976. Točnije, funkcija *Raster Calculator* računa razliku vrijednosti u svakome pikselu rastera te nastaje produkt koji prikazuje razliku njihovih vrijednosti koja zapravo predstavlja razliku, odnosno promjenu zemljišnoga pokrova. Kao i kod svake druge matematičke operacije razlike, rezultati su negativne, pozitivne ili ništične vrijednosti. S obzirom na 4 klase zemljišnoga pokrova, dobiveno je tako 13 različitih razreda podataka, od kojih 12 predstavljaju sve kombinacije

mogućih promjena pokrova između svake pojedine klase te jedan razred podataka koji predstavlja područje bez promjena. Negativne vrijednosti podataka predstavljaju promjene zemljišnoga pokrova koje predstavljaju općenito, u slučaju ove konkretne analize i konkretnih podataka upotrebljenih u radu i analizi, degradacijske promjene vegetacije i zemljišnoga pokrova, pozitivne predstavljaju povećanje vegetacijske mase na nekom području, odnosno sukcesiju vegetaciju, novoizraslu vegetaciju, reforestirana područja i sl., dok pikseli, odnosno područja s vrijednošću "0" predstavljaju područja na kojima se nije dogodila promjena.

S obzirom na relativno velik broj razreda podataka rastera promjena koji praktički otežava kako vizualnu interpretaciju dobivenih podataka i rezultata, tako i donošenje općenitih zaključaka o vegetacijskim promjenama na području istraživanja, podaci iz 13 podatkovnih razreda grupirani su, odnosno reklasificirani, pomoću funkcije *Reclassify* u 4 podatkovna razreda. Jedan razred predstavlja degradacijske promjene šumske vegetacije, a u njega su ulazile sljedeće promjene između klasa zemljišnoga pokrova: iz *Guste šumske vegetacije* u *Prorjeđenu šumsku vegetaciju*, iz *Guste šumske vegetacije* u *Niske biljne zajednice*, iz *Guste šumske vegetacije* u *Ostalo*, iz *Prorjeđene šumske vegetacije* u *Niske biljne zajednice*, iz *Prorjeđene šumske vegetacije* u *Ostalo*. Poseban razred određen je i izdvojen za promjene između klasa *Niske biljne zajednice* i *Ostalo*, prvenstveno zbog poteškoća softvera u diferencijaciji između poljoprivrednih površina pod usjevima i područja prekrivenih niskim biljem (pašnjaci, livade i slično) o kojima je već bilo riječi ranije, ali i značajno manje relevantnosti tih promjena za ovu analizu, poglavito imajući u vidu da klasa *Ostalo*, čiji najveći dio čine poljoprivredne površine, zauzima najveći dio područja istraživanja. U ovome su se, dakle razredu našle promjene iz *Niskih biljnih zajednica* u *Ostalo* te obrnuto. Sljedeći razred obuhvaća područja ništičnih vrijednosti pri izradi razlike dvaju klasifikacijskih rastera, odnosno područja bez promjena u zemljišnome pokrove u danome periodu. Posljednji podatkovni razred čine područja porasta šumske vegetacije, odnosno u tome se razredu nalaze sljedeće promjene među klasama: iz *Prorjeđene šumske vegetacije* u *Gustu šumsku vegetaciju*, iz *Niskih biljnih zajednica* u *Prorjeđenu šumsku vegetaciju*, iz *Niskih biljnih zajednica* u *Gustu šumsku vegetaciju*, iz *Ostalo* u *Prorjeđenu šumsku vegetaciju*, iz *Ostalo* u *Gustu šumsku vegetaciju*.



Sl. 17. Promjena zemljišnog pokrova 1976.-1991. godine

Izvor: Earth Explorer USGS, 2022.; Hrvatske šume 2022.

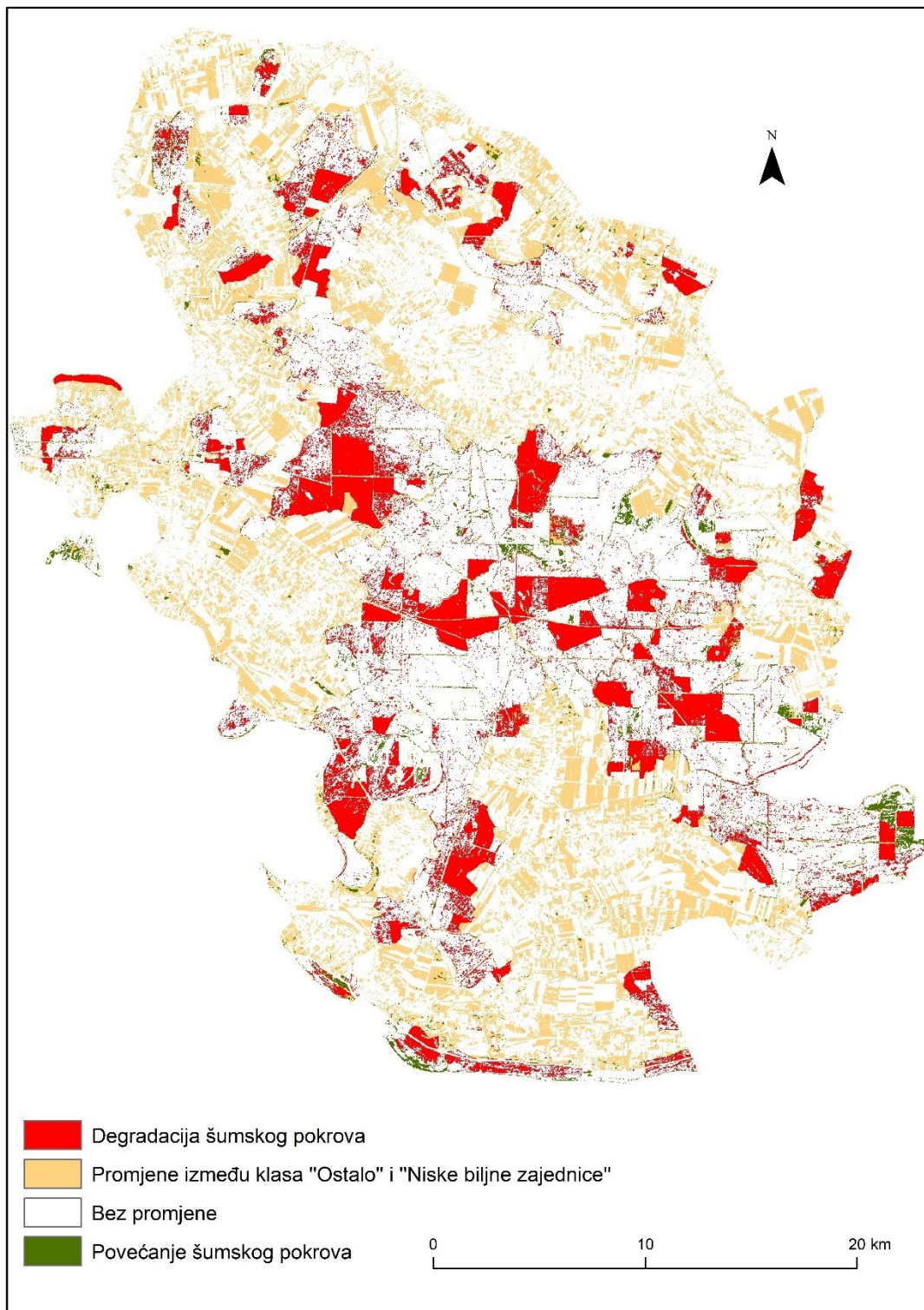
4.5. Promjena između 1976. i 1991. godine

U periodu od 1976. do 1991. godine najviše se istaknuo, svojim prostornim razmjerima i utjecajima proces degradacije šumske vegetacije kao i deforestacije, odnosno krčenja šume. Degradacija šume u ovome je periodu zahvaćala 239 km² područja istraživanja, odnosno 19,5 % njegove površine, a oko 64 % toga procesa činila je promjena iz guste u prorijeđenu šumsku vegetaciju, odnosno, kao što je rečeno degradacija vegetacije, dok se ostatak promjene odnosi na krčenje, odnosno nestanak šumske vegetacije s određenog prostora, a najčešće je to pretvaranje u područja prekrivena niskom vegetacijom. S druge pak strane, 10,5 % područja istraživanja, odnosno 124 km², bilo je zahvaćeno procesom porasta ili obnavljanja šumske vegetacije, a najveći dio toga, odnosno 77 %, odnosio se na dodatno obrastanje područja klase *Prorijeđena šumska vegetacija*, ponajviše u istočnome dijelu istočnome i jugoistočnome dijelu područja, gdje su se umjerenim uređenjem močvarnih područja tokova Biđa, Bosuta i Studve optimizirali uvjeti za rast šumske vegetacije, a poglavito hrasta (Marinčić, 2021.). Najveći, zapravo, dio područja, kad se govori o bitemporalnim razlikama i promjenama, bio je upravo onaj bez promjena pokrova, s udjelom od 52 %.

4.6. Promjena između 1991. i 2022. godine

Znatno manjim intenzitetom u odnosu na prethodni period, proces degradacije šumske vegetacije Spačve nastavio se i u periodu između 1991. i 2022. godine pa je tako u posljednjih 31 godinu 144 km² područja istraživanja bilo zahvaćeno nekim od oblika degradacije šume. Postoji, međutim, jedna ključna razlika u dinamici i načinu promjene, odnosno degradacije vegetacije, a to je da je u ovome periodu, za razliku od onoga između 1976. i 1991., dominirao proces deforestacije s 64 % degradirajućih vegetacijskih promjena, dok se 36 % odnosilo na prijelaz iz Guste šumske vegetacije u *Prorijeđenu*, što predstavlja intenzifikaciju ovoga procesa u odnosu na prošli period. Još je i značajnije, oslabio proces obnove šumske vegetacije, odnosno znatno je manji dio područja istraživanja bio zahvaćen povećanjem ili regeneracijom šumske vegetacije, tek 23 km², odnosno samo 1,8%. Najveći dio obnove vegetacije odnosio na promjenu iz klase *Ostalo* u *Prorijeđenu šumsku vegetaciju* (56 %) te iz klase *Niske biljne zajednice* u *Gusta šumska vegetacija* (34 %), što se može povezati ponajviše s mogućim zarastanjem određenih napuštenih poljoprivrednih površina uslijed procesa depopulacije i deruralizacije koji su intenzivni na području istraživanja ali i s planski provođenim pošumljavanjem potrebnih područja radi zakonski propisanoga odgovornoga upravljanja šumskim resursima, o čemu je već bilo riječi. Valja istaknuti i značajno povećanje udjela

područja na kojemu se nisu dogodile nikakve promjene zemljišnoga pokrova, a zauzimala su čak 818 km² područja istraživanja, odnosno 67 % prostora.



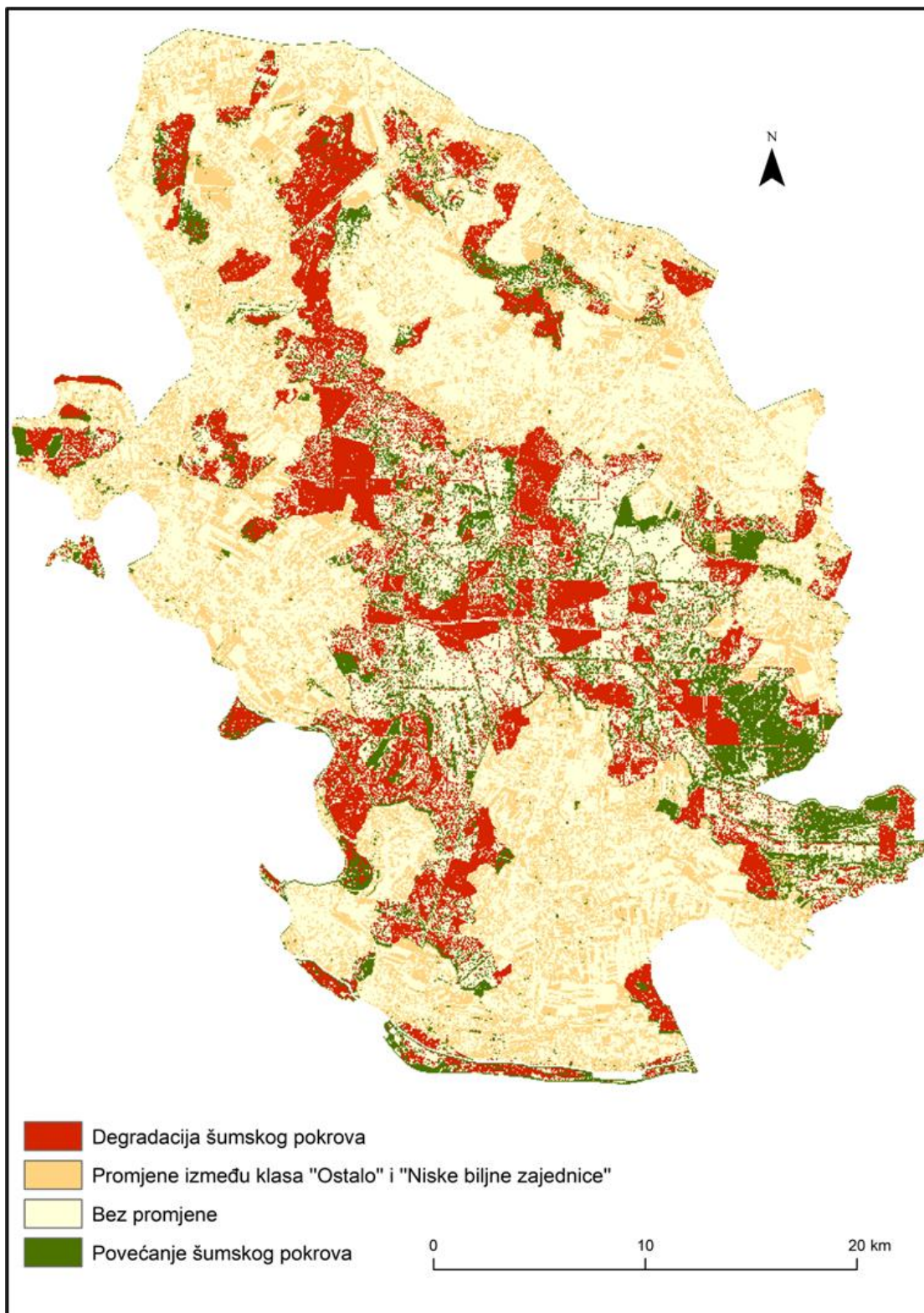
Sl. 18. Promjena zemljišnoga pokrova 1991. - 2022. godine

Izvor: Earth Explorer USGS, 2022.; Hrvatske šume, 2022.

4.7. Promjena između 1976. i 2022. godine

Slika 19 na određeni način predstavlja kulminaciju analize ovoga rada, odnosno predstavlja konačnu promjenu pokrova u danom istraživanom vremenskom periodu. Naravno, za mogućnost shvaćanja dinamike procesa promjene koji zahvaćaju šumsku masu Spačve, bilo je važno sagledati promjene i po međuperiodima (1976. - 1991.; 1991. - 2022.), odnosno između triju referentnih godina, a ne samo kompletno za cijelo razdoblje istraživanja.

Sveukupan je intenzitet tako promjene zemljišnog, odnosno šumskog pokrova na području Spačve bio sličan onome iz razdoblja od 1976. do 1991. godine. Procesima degradacije šumske vegetacije bilo je zahvaćeno tako 210,3 km² područja istraživanja, odnosno oko 17 %. Sve područje koje je bilo zahvaćeno procesima degradacije u periodu od 1976. do 2022. zapravo se odnosilo na pretvaranje obje klase šumskoga zemljišta u područja klase *Niske biljne zajednice*, odnosno odnosilo se na krčenje šumske vegetacije. S druge pak strane, procesima obnavljanja šumske vegetacije bilo je obuhvaćeno 120 km² područja istraživanja, odnosno gotovo pa dvostruko manje nego li prvom skupinom procesa. Najviše od toga, odnosno 49,8 % promjene odnosilo se na prijelaz iz *Prorjeđene* u *Gustu šumsku vegetaciju*, to jest, *zgušnjivanje*, ili obnovu postojeće šumske vegetacije. 32,5 % ove promjene odnosilo se na *povratak* šumske vegetacije, odnosno na prijelaz zemljišta iz klase *Niske biljne zajednice* u *Gustu* ili *Prorjeđenu šumsku vegetaciju*, što bi se dalo protumačiti nekim reforestacijskim zahvatima u danome periodu.



Sl. 19. Promjena zemljišnog pokrova 1976. - 2022. godine

Izvor: Earth Explorer USGS, 2022.; Hrvatske šume, 2022.

5. PROVJERA TOČNOSTI KLASIFIKACIJE SNIMAKA

Kod istraživanja iz sfere i domene daljinskih istraživanja u kojima se kao jedna od metoda rada za dobivanje novih spoznaja koristi klasifikacija snimaka te kod kojih kao produkt klasifikacije snimke nastaje tematska karta, uobičajen je postupak provjere točnosti klasifikacije, odnosno procjene točnosti klasifikacije (engl. accuracy assesment) (Lunetta i Lyon, 2004; Stehman i Czaplewski, 1998). Kao što je već ranije rečeno, klasifikacija podrazumijeva, ukratko, identifikaciju objekata u prostoru te njihovo svrstavanje u odgovarajuće unaprijed određene klase, a provjera, ili procjena točnosti klasifikacije u tome bi slučaju, zapravo, bila ocjenjivanje stupnja točnosti svrstavanja objekata u odgovarajuće klase (Campbell i Wynne, 2011). Procjena točnosti može se podijeliti na tri glavna dijela ili koraka: 1) odabir načina uzorkovanja u svrhu određivanja referentnoga uzorka, 2) određivanje referentnih podataka za provjeru, 3) proces analize i procjene (Stehman i Czaplewski, 1998).

Pri određivanju referentnoga uzorka procjene, određuju mu se veličina i oblik, odnosno raspored točaka. Veličina uzorka točaka za procjenu točnosti ovisi prije svega o priželjkivanoj autorovoj točnosti klasifikaciji, pa se ona tako određuje prema formuli: $N=(Z^2(p)(q))/E^2$, gdje su: N- broj točaka; Z- vrijednost 2; p- očekivana postotna točnost; q- razlika 100-vrijednost p; E- dopuštena pogreška (postotak). Uzorak prema rasporedu točaka može biti: 1) slučajan, 2) sustavni, 3) stratificirani slučajni, 4) stratificirani slučajni, 5) grupirani, u ovisnosti, dakle, kakav je prostorni odnos i raspored točaka u stvarnome prostoru koji tematska karta proizašla iz klasifikacije prikazuje. Isto tako, prema udjelu točaka uzorka u pojedinim klasama tematske karte, odnosno klasifikacije, uzorak može biti: 1) slučajan, 2) stratificirani, 3) ujednačen; odnosno, slučajan podrazumijeva da se broj točaka po klasama pokrova određuje slučajno, kod stratificiranoga broj točaka određen je veličinom površine koju određena klasa pokrova zauzima u području istraživanja, dok ujednačeni podrazumijeva jednak broj točaka uzorka u svakoj od klasa pokrova tematske karte. Referentni, pak, podaci predstavljaju snimke prostora od interesa, poželjno visoke kvalitete i rezolucije, prema kojima će se provoditi kontrola referentnih točaka. Kontrola podrazumijeva provjeru podudarnosti pripadnosti točaka istoj klasi na tematskoj karti, odnosno produktu klasifikacije i referentnoj kontrolnoj snimci. Za ovu svrhu najčešće se koriste zračne snimke nastale metodom aerofotogrametrije, npr. hrvatski digitalni ortofoto snimak, ali mogu se koristiti i, primjerice, bespilotne letjelice i sl. (Stehman i Czaplewski, 1998).

Sama provedba analize točnosti najčešće se provodi pomoću matrice konfuzije, ili matrice pogreške (engl. error matrix). Ona je, zapravo, tablica koja sadržava svaku od klasa

pokrova korištenih pri klasifikaciji, odnosno izradi tematske karte te u koju se upisuje koliko je referentnih kontrolnih točaka po svakoj klasi na referentnoj snimci ujedno i završilo u odgovarajućoj klasi na tematskoj karti, ili obrnuto. Prema podacima i stanju te tablice, mogu se potom izračunati pokazatelji točnosti klasifikacije: ukupna, proizvođačeva i korisnička točnost te kappa koeficijent. Ukupna točnost govori koliko je ukupno kontrolnih točaka završilo u odgovarajućoj klasi na obje snimke (tematskoj karti i referentnoj snimci) u odnosu na ukupni broj referentnih točaka, proizvođačeva točnost kolika je vjerojatnost da je referentna točka ispravno klasificirana na tematskoj karti te naposljetku korisnička točnost vjerojatnost da točka na tematskoj karti predstavlja odgovarajuću klasu pokrova u stvarnosti, odnosno na referentnoj kontrolnoj snimci. Kappa koeficijent izražava mogućnost pogreške određene izrađene klasifikacije u usporedbi s potpuno slučajno provedeno klasifikacijom, odnosno automatiziranim procesom. Primjerice, kappa koeficijent od 0.85 govori kako je 85 % mogućih pogrešaka slučajne klasifikacije izbjegnuto. Klasifikacije vrijednosti kappe od 0.8 naviše smatraju se kvalitetnima, dok se sve klasifikacije vrijednosti kappe manjih od 0.4 smatraju lošima (Cvitanović, 2014).

Provjera točnosti klasifikacije za ovaj rad izrađena je koristeći se DOF (digitalni ortofoto) snimkom Državne geodetske uprave iz 2021. godine, na temelju slučajnog ujednačenog uzorka od 76 točaka (po 19 točaka u 4 klase) te matricom konfuzije. Postavljena očekivana točnost klasifikacije iznosila je 75 %, s dopuštenom pogreškom od 10 %, a uvrštavanjem ovih vrijednosti u ranije iznesenu jednadžbu jest i dobivena potrebna brojka kontrolnih točaka. Očekivan iznos kappa koeficijenta postavljen je na 0,7. Provjera je izvršena samo za klasifikacijski raster za 2022. godinu, u nedostatku javno dostupnih referentnih podataka za klasifikaciju 1991. godine, dok je jedini postojeći referentni podatak dostupan za klasifikaciju 1976. godine, zračni snimak Hrvatske iz 1968. godine, izrađen od strane jugoslavenske vojske, međutim, za područje Spačve nepotpun je te kao takav nije dostatan poslužiti svrsi provjere klasifikacije.

5.1. Točnost klasifikacije za 2022.

Tab. 6. Matrica konfuzije za procjenu točnosti klasifikacijskog rastera za 2022. godinu

	Gusta šumka veg.	Prorijeđena šumska veg.	Ostalo	Niske biljne zajednice	Ukupno	Proizvođačeva točnost
Gusta šumska veg.	17	2	0	0	19	89,5%
Prorijeđena šumska veg.	8	11	0	2	21	52%
Ostalo	0	0	18	5	23	78%
Niske biljne zajednice	0	2	5	12	19	63%
Ukupno	25	15	23	19	82	-
Korisnička točnost	68%	73%	78%	63%	-	-
Ukupna točnost	71%	-	-	-	-	-

Izvor: ArcMap 10.8., ESRI GIS

Tablica 6 prikazuje matricu konfuzije pomoću koje je izrađena procjena točnosti klasifikacije za 2022. godinu. Jednostavno rečeno u matricu konfuzije upisuje se koliko je referentnih točaka pojedine klase iz klasifikacijskog rastera "završilo" u nekoj klasi na referentnoj snimci, odnosno u stvarnosti. Na primjeru prvoga retka tablice 6: 17 točaka iz klase Gusta šumska vegetacija pri klasifikaciji i na referentnoj je snimci bilo na području koje odgovara klasi Gusta šumska vegetacija, 2 točke klase Gusta šumska vegetacija na referentnoj je snimci zapravo bilo u Prorijeđenoj šumskoj vegetaciji te se zapravo radi o pogrešci u klasifikaciji, dok u usporedbi s preostalim dvjema klasama nije bilo podudarnosti. Ukupna je tako točnost klasifikacije bila ipak nešto manja od očekivane razine od 75 %, a iznosila je 70,7 %. Najviše je grešaka pri klasifikaciji prilikom izrade matrice uočeno između klasa Gusta šumska vegetacija i Prorijeđena šumska vegetacija te između klasa Niske biljne zajednice i Ostalo. U prvom spomenutom odnosu klasa greške su se javljale prvenstveno na svojevrsnim prijelaznim područjima između guste i prorijeđene vegetacije, što se u velikoj mjeri može pripisati i ograničenjima prostorne rezolucije snimaka na temelju kojih je i izrađivana klasifikacija (za 2022. 30 x 30 metara), a sama se ta prijelazna područja znatno lakše uočavaju na referentnome DOF-u. Greške u svrstavanju između klasa Niske biljne zajednice i Ostalo pripisuju se najviše onome što je već spomenuto ranije u ovome radu, a to je otežano razlučivanje računala pri klasifikaciji između pripadnosti neke površine oranicama ili vegetacijski obraslome području, bez obzira na broj danih uzoraka za treniranje.

Proizvođačeva je pak točnost klasifikacije iznosila 89,5 %, što podrazumijeva vjerojatnost da je referentna točka ispravno klasificirana u tome iznosu, a korisnička točnost, odnosno vjerojatnost da točka na tematskoj karti klasifikacije predstavlja istu klasu i u stvarnosti, iznosila je 68 %. Najvažniji pak pokazatelj ispravnosti i kredibilnosti klasifikacije jest kappa koeficijent. Kappa koeficijent za ovu klasifikaciju iznosi 0,61 (ili 61 %), što je nešto niže od očekivane razine, a konkretno znači da je 61 % mogućih pogrešaka pri istovrsnom slučajnom procesu izbjegnuto. Iako je koeficijent niži od očekivanih razina, klasifikaciju kappa koeficijenta 0,61 može se smatrati upotrebljivom.

6. RASPRAVA

Analizirane i u radu iznesene promjene i stanja zemljišnog pokrova prema određenim klasama u najvećoj su mjeri bile prema unaprijed postavljenim očekivanjima prije provedbe analize. Valjanima su se pokazale teze Cvitanovića i suradnika u radu iz 2016. (*Characteristics and drivers of forest cover change in the post-socialist era in Croatia: evidence from a mixed-methods approach*) u kojemu se analizira promjena šumskoga pokrova u ovisnosti o vrsti vlasništva određenog šumskoga posjeda (državno ili privatno). Osim vrste vlasništva, autori navode još neke značajnije faktore promjene šumskoga pokrova nekoga područja, a neki od njih su: ekonomska struktura stanovništva, demografska kretanja i drugi. Rad i njegove teze spominju se ovaj put u kontekstu činjenice da su analizirane promjene u prostoru u dobroj mjeri objašnjive upravo pomoću tih nekoliko pokazatelja, odnosno faktora. O sličnim pojavama i međuodnosima pisali su i drugi autori, primjerice, isto tako već spomenuti Baumann i suradnici (2012) te Jogun i suradnici (2016) koji u svojim radovima u vezu dovode promjene zemljišnoga pokrova i promjene u određenim aspektima socio-ekonomskih kretanja.

Prema odnosu vrste vlasništva šumskih posjeda, Hrvatska se u europskim razmjerima svrstava među zemlje s vrlo niskim udjelom privatnih šumskih posjeda- oko 24 % šumskih posjeda. Privatni šumski posjedi uz to su i prostorno, na državnoj razini, izrazito neravnomjerno raspoređeni, pa je tako, primjerice, u Krapinsko-zagorskoj županiji 50 % privatnih šumskih posjeda, a s druge strane, što je i ključno za ovu misao, u Vukovarsko-srijemskoj županiji 1,4 %, odnosno nešto više od 98 % šume područja istraživanja Spačve u državnom je vlasništvu. Dihotomija privatnog i državnog vlasništva šumskih posjeda ogleda se prije svega u diferenciranosti gospodarenja tim posjedima. Naime, obilježje državnih šumskih posjeda jest gospodarenje temeljem unaprijed određenih i donesenih planova s obvezom provođenja u zadanome roku, koji se donose u Šumskogospodarskim osnovama, pri čemu riječ može biti o sječi, obnovi, sadnji ili održavanju postojećeg vegetacijskog stanja. Ono što je ključno jest da su te promjene dinamične te se događaju, imajući u vidu spomenuti udio posjeda u vlasništvu države, na relativno velikim prostornim razmjerima u odnosu na privatne posjede. S druge pak strane, privatnim posjedima upravlja se najčešće bez unaprijed određene strategije upravljanja šumoposjednika, a upravljanje posjedom, odnosno uživanje resursa najčešće je u službi zadovoljenja nekakvih osobnih potreba ili potreba određene manje lokalne razmjene i prodaje resursa. Treća mogućnost, koja isto tako nije velika rijetkost, jest zapravo zapuštanje šumskog posjeda, odnosno njegovo neobrađivanje i neiskorištavanje. Za razliku, dakle, od državnoga posjeda, promjene na privatnim posjedima znatno su manjega opsega i dinamike (Teslak i dr.,

2018). Uzevši u obzir rečeno, može se interpretirati dinamika i vrsta promjena šumskoga pokrova koje zahvaćaju Spačvanski bazen. Gotovo svi šumski posjedi u Spačvi u državnom su vlasništvu, a vrlo je važno u obzir uzeti i prisutnost poduzeća Spačva d.d., koje se bavi obradom, preradom i prodajom drvene sirovine. Spačva d.d. je vodeće poduzeće drvene industrije u Hrvatskoj koje u bližoj budućnosti planira i širiti i povećavati proizvodnju, izvoz i broj radne snage (novosti.hr, 2022). Navedeni planovi itekako bi se mogli odraziti na mjeru i razmjere sječe drvene mase u Spačvanskome bazenu. Osim planski provođenoga gospodarenja šumskom masom, na smanjenje šumskoga pokrova u Spačvi znatan utjecaj imaju i prirodni faktori degradacije šumske vegetacije, a na prostoru istraživanja prije svega ističu se gljivične bolesti vegetacije, ali ponajviše sušenje hrasta lužnjaka koje se javlja još od početka 20. stoljeća (Dubravac i Dekanić, 2006). U prošlosti su uzroci sušenja prvenstveno bili meliorativni zahvati na području Spačvanskoga bazena, ne bi li se određena močvarna područja u određenoj mjeri uredila što je dovelo do smanjenja vodnih zaliha jedinki hrasta, a u recentnijoj prošlosti može se izdvojiti izgradnja savskoga nasipa na jugu Vukovarsko-srijemske županije koji je dodatno smanjio razinu podzemnih voda koje bi dotjecale do potrebitih područja (agroklub.com, 2014). Na području Spačve, u istraživanim gospodarskim šumskim odsjecima, udio odumirućih jedinki znao je iznositi i po 30 % ukupne istraživane šumske mase (Tikvić i dr., 2011). Sušci (osušene i odumiruće jedinke hrasta) u takvo stanje mogu prelaziti i radi velike starosti, nerijetko i gotovo po dva stoljeća starosti te zapravo predstavljaju tada sirovinu neiskorištenoga potencijala i kvalitete (Dubravac i Dekanić, 2006).

Na promjene u korištenju zemljišta, odnosno promjene zemljišnoga pokrova, utjecaja također može imati i demografski aspekt prostora kod kojega prvenstveno u obzir treba uzeti kretanje broja stanovništva područja kao i ekonomsku strukturu istoga. Prostor Spačvanskoga bazena izrazito je depopulacijski prostor, a osim depopulacije, demografski je problem i starenje stanovništva područja. Međutim, iako je to veliki ekonomski i demografski problem ovoga prostora, kada je riječ o odgovornome gospodarenju šumom i šumskim zemljištem, navedeno stanje zapravo i ne predstavlja ugrozu pojavom negativnih degradacijskih promjena po šumsku vegetaciju kroz određeni ljudski pritisak na prostor, pogotovo ako se u obzir uzme spomenuti udio državnoga vlasništva šumskoga zemljišta. Pritisak na prostor u geografiji je relativno dobro istraživana tematika, pogotovo u svojstvu istraživanja održivosti pojedinih pristupa u gospodarenju određenim područjem kao i davanja predviđanja budućih potreba u gospodarenju uz razvoj određenih integralnih modela i pokazatelja za istraživanje, primjerice model DPSIR (*driving forces- pressures- states- impacts- responses*) (Bidone i Lacerda, 2004;

Lončar, 2009). Unatoč tome što je agrarnost ovoga područja izražena u ekonomskoj strukturi stanovništva, rezultati ove analize pokazali su kako u periodu od 1976. do 2022. kako je deforestacija za potrebe povećanja agrarnih površina bila zanemariva ili je uopće nije bilo te se zapravo veličina površine koju je zauzimala klasa koja je obuhvaćala poljoprivredne površine (Ostalo) nije značajnije mijenjala, za razliku od dviju klasa pokrova koje su obuhvaćale šumska zemljišta i vegetaciju, kao i klase Niske biljne zajednice. Isto tako, imajući u vidu demografska kretanja prostora, jasno je kako ne dolazi niti prostornoga širenja naselja, odnosno značajnoga povećanja izgrađenih površina nauštrb, primjerice, obrađivanih površina, ili šumskoga zemljišta. Tako je zapravo potvrđena jedna od postavljenih hipoteza pred provedbu ove analize - hipoteza H4 prema kojoj je bilo pretpostavljeno kako promjene šumskoga pokrova neće biti uzrokovane povećanjem poljoprivrednih ili izgrađenih površina. Promjene šumskoga pokrova tako su zapravo ponajviše rezultat planiranoga gospodarenja drvnim resursom, a mogu se izdvojiti dva glavna razloga sječe - potreba za sječom uzrokovana bolestima i sušenjem jedinki hrasta te industrijske potrebe za sirovinom, najviše poduzeća Spačva d.d.

U periodu od 1976. do 1991. godine procesima i oblicima degradacije šumske vegetacije, bilo to, dakle, smanjenje broja stabala unutar nekoga šumskoga zemljišta ili kompletna sječa šume na nekome zemljištu, zahvaćeno je bilo 239 km² prostora istraživanja (od ukupnih 1224 km²), od čega je, kao što je već spomenuto u 4.5., 64 % toga procesa podrazumijevalo prorjeđivanje guste šumske vegetacije, odnosno 154 km², dok se ostatak, 85 km² prostora, odnosio na sječū. Procesima, pak, obnove šumske vegetacije, zahvaćeno je bilo 124 km² prostora istraživanja, od čega je najviše, 77 %, podrazumijevalo zgušnjavanje šumske vegetacije, odnosno promjenu iz *Prorijeđene šumske vegetacije* u *Gustu šumsku vegetaciju*, dok se ostalih 23 %, što predstavlja oko 28 km², odnosilo na rast šumske vegetacije na nekadašnjim zemljištima klase *Niske biljne zajednice*. U periodu, pak, od 1991. do 2022., procesima degradacije šumske vegetacije bilo je zahvaćeno 144 km² područja istraživanja, što je, dakle, manje područja istraživanja zahvaćenoga procesima smanjenja šumske vegetacije nego li u periodu od 1976. do 1991. Najveći se dio toga procesa odnosio na krčenje šumske vegetacije, 64 %, što zapravo predstavlja intenzifikaciju procesa deforestacije u odnosu na prethodni period. Tako je zapravo 92 km² zemljišta pod šumom pretvoreno u područja prekrivena niskom vegetacijom ili obradivim površinama (6 km² od 92 km²). Zaključuje se tako, dakle, kako je došlo do usporavanja procesa gubitka šumske vegetacije u periodu od 1991. do 2022. u usporedbi s prethodnim, uz ključnu razliku načina i vrste procesa na koji se gubi vegetacija. U periodu od 1976. do 1991. dominantan gubitak šume odnosio se prvenstveno na smanjenje broja

stabala unutar postojećega šumskoga zemljišta, što je predstavljalo spomenute dvije trećine procesa, dok u periodu od 1991. do 2022., otprilike jednak udio procesa odlazio je na pretvaranje šumskoga zemljišta u nekakve druge vrste zemljišta, konkretno u ovome radu to su pokrovne klase *Niske biljne zajednice* i *Ostalo* (prvenstveno oranice i obradive površine). Ovakve su promjene trenda moguće iz više razloga: promjena organizacije i načina upravljanja šumskim resursima pri osamostaljenju Hrvatske 1991. godine i nestankom socijalističkoga uređenja države (Cvitanović i dr., 2016), adresiranje bolesti i sušenja šumske vegetacije te sustavno uklanjanje bolesnih jedinki, povećanje potreba za drvnom sirovinom i drugi. Uz to smanjen je isto tako i prostorni obujam procesa obnove šumske vegetacije koji je u periodu od 1991. do 2022. obuhvaćao 23,5 km², za razliku od 124 km² u prethodnome periodu, tako da je zapravo uz smanjenje degradacije šume, došlo i do gotovo pa zaustavljanja njezine obnove. Odbacuje se tako hipoteza H2 koja je pretpostavljala intenzifikaciju procesa gubitka šume i šumske vegetacije u periodu od 1991. do 2022., uz napomenu kako je uz manju intenzivnost gubitka vegetacije, smanjena i intenzivnost obnove vegetacije. S druge, pak strane, hipoteza H1, koja je pretpostavljala gubitak šumske vegetacije u oba promatrana perioda, potvrđena je.

Hipoteza H3 koja je pretpostavljala znatno povećanje zemljišta pod pokrovom klase *Niske biljne zajednice* je potvrđena. Od 1976. do 2022., površina koju je zauzimalo zemljište pod ovom pokrovnom klasom se povećala za 171 %, odnosno porasla je sa 186 km² 1976. godine na 318 km² 2022. godine. Rečeno je već kako se važnost ove klase zemljišnoga pokrova očituje u tome kako ona zapravo u ovome istraživačkome kontekstu i okolnostima analize u najvećem broju slučajeva predstavlja iskrčeno zemljište. Treba, međutim, reći i kako nije kompletno povećanje ove pokrovne klase proizašlo iz degradacije šume, već su za to, ipak djelomično zaslužne i pogreške u klasifikaciji o čemu je već bilo riječi, pogotovo u kontekstu razlikovanja oranica s usjevima od, primjerice, livada ili pašnjaka od strane softvera. Ovo se, ipak, odnosi na manji dio promjena koje su obuhvatile ovu klasu, dok većina neosporno predstavlja prevladavajući trend promjene zemljišnoga pokrova na području istraživanja, a povećanje površina pod ovom klasom, zapravo, vrlo se lako i vizualno uočava na slikama 14 i 16 u usporedbi sa slikom 12 te daje nekakav prvi dojam pri proučavanju sječe Spačvanske šume.

7. ZAKLJUČAK

"Kad kažem hrast, pomislim na spačvanske šume", rekao je još 1888. godine, Josip Kozarac, u svome djelu „Slavonska šuma“ u kojoj je opjevao šumu spačvanskoga bazena. Međutim, u ovome djelu, osim autorove izrazito pozitivne impresije koju mu ostavlja gusta i stasita hrastova šuma, treba tražiti i neke dublje motive stvaranja, primjerice, socijalne, odnosno socio-ekonomske. Naime, djelo nastaje potkraj 19. stoljeća, u vrijeme intenzivnoga doseljavanja stranih radnika i industrijalaca u Spačvanski bazen, a poglavito u županjski kraj, privučeni velikim potencijalom drvnoga resursa i sirovine. Autor je tako, zapravo, na pisanje potaknut vjerojatno, prije svega, u svrhu isticanja važnosti spačvanske šume kako za sam prostor Spačvanskoga bazena i istočne Slavonije i Srijema, tako i za cijelu Hrvatsku u vidu važnoga nacionalnoga resursa. Kroz ovo djelo saznaje se kako spoznaja o važnosti očuvanja i odgovornoga gospodarenja šumom nije nova ili recentna ideja, već seže par stoljeća u prošlost te je lokalno stanovništvo nje itekako svjesno. Vrijednost ovoga resursa nije samo ekonomska u vidu drvne sirovine i proizvoda, već i ekološka. Naime, šumski sustav ovih prostornih razmjera, od 40 000 ha, osim je što je sam po sebi jedan veliki ekosustav i stanište biljnih i životinjskih vrsta i zajednica, svojim bioekološkim značajem utječe i na šire okolno područje.

Imajući u vidu spomenuto, potreba za održivim i odgovornim gospodarenjem ovim resursom nameće se sama po sebi. Gospodarsko iskorištavanje šume Spačve traje još od sredine 19. stoljeća, što zapravo u najvećoj mjeri podrazumijeva sječú stabala hrasta, a poznato je i kako još od početka 20. stoljeća šumski ekosustav trpi biološke probleme, odnosno gubi vegetaciju kroz sušenje jedinki hrasta kao i neke biljne bolesti. Provedena analiza ovoga rada dala je općeniti pregled trendova kretanja u količini šumske i drvne mase unazad 47 godina, a rezultati govore kako se trend gubitka šumske vegetacije, odnosno šume u Spačvanskom bazenu nastavlja i dalje kombinacijom bioloških i antropoloških čimbenika. Za očuvanje ovoga resursa u budućnosti potrebno je prije svega kvalitetno adresirati biološke hazarde po šumsku vegetaciju, odnosno spomenute bolesti vegetacije, ali i neke druge ljudske zahvate u prostoru, primjerice neke meliorativne zahvate, ali isto tako i ograničiti sječú stabala na održive razmjere, pogotovo imajući u vidu kako procesi reforestacije u području istraživanja u oba perioda promatranja nisu parirali razmjerima degradacije šumske vegetacije. Opasnost po navedeno u budućnosti mogli bi predstavljati industrijski i gospodarski apetiti drvne industrije područja, ali isto tako i strani kupci primarne sirovine i ulagači.

POPIS LITERATURE

Balenović I., Jurjević L., Indir K., Seletković A., 2021.: Fotogrametrijska procjena volumena u sastojinama hrasta lužnjaka Pokupskog bazena, *Šumarski list*, 145 (11-12), 567-578

Barrett, E.C., Curtis C.F. 1976.: *Introduction to Environmental Remote Sensing*, Macmillan, New York.

Baumann M., Ozdogan M., Kuemmerle T., Wendland K.J., Esipova E., Radeloff V.C., 2012.: Using the Landsat record to detect forest-cover changes during and after the collapse of the Soviet Union in the temperate zone of European Russia, *Remote Sensing of Environment*, 124, 174-184

Bidone E.D., Lacerda L.D. 2004.: The use of DPSIR framework to evaluate sustainability in coastal areas. Case study: Guanabara Bay basin, Rio de Janeiro, Brazil, *Reg Environ Change*, 4, 5-16.

Campbell J.B., Wynne R.H., 2011.: *Introduction to Remote Sensing*, 5th Edition, The Guilford Press New York, London

Cestarić D., Škvorc Ž., Franjić J., Sever K., Krstonošić D., 2017.: Forest plant community changes in the Spačva lowland area (E Croatia), *Plant Biosystems- An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 151 (4), 584-597.

Croft H., Arabian J., Chen J.M., Shang J., Liu J., 2020.: Mapping within-field leaf chlorophyll content in agricultural crops for nitrogen management using Landsat-8 imagery, *Precision Agriculture*, 21, 856-880

Cvitanović M., 2014.: Promjene zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta u Krapinsko-zagorskoj županiji od 1991. do 2011., *Hrvatski geografski glasnik*, 76 (1), 41-59.

Cvitanović M., Blackburn G.A., Rudbeck Jepsen M., 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 (6), 1751-1763

Çakır G., Sivrikaya F., Keleş S., 2008.: Forest cover change and fragmentation using Landsat data in Maçka State Forest Enterprise in Turkey, *Environment Monitoring and Assessment*, 137 51-66.

- Dubravac T., Dekanić S., 2009.: Struktura i dinamika sječe suhих i odumirućih stabala hrasta lužnjaka u Spačvanskom bazenu od 1996. do 2006. godine, *Šumarski list*, 83 (7-8), 391-405.
- Elhag M., Boteva S., Al-Amri N., 2021.: Forest cover assessment using remote-sensing techniques in Crete Island, Greece, *Open Geosciences*, 13, 345-358.
- Enderle D.I.M., Weih Jr. R.C., 2005.: Integrating Supervised and Unsupervised Classification Methods to Develop a More Accurate Land Cover Classification, *Journal of the Arkansas Academy of Science*, 59 (10),
- Fischer W.A., Hemphill W.R., Kover A., 1976.: Progress in Remote Sensing, *Photogrammetria*, 32, 33–72.
- Gandhi G.M., Parthiban S., Thummalu N., Christy A., 2015.: NDVI: Vegetation Change Detection Using Remote Sensing and GIS- A Case Study of Vellore District, *Procedia Computer Science*, 57, 1199-1210.
- Jogun T., Pavlek K., Belić T., Buhin S., Malešić N., 2017.: Promjene zemljišnog pokrova u sjevernoj Hrvatskoj od 1981. do 2011. godine, *Hrvatski geografski glasnik*, 79 (1), 33-59
- Jogun T., Lukić A., Gašparović M., 2019.: Simulacijski model promjena zemljišnog pokrova u postsocijalističkom perifernom ruralnom području: Požeško-slavonska županija, Hrvatska, *Hrvatski geografski glasnik*, 81 (1), 31-59
- Karpatne A., Blank M., Lau M., Boriah S., Steinhauser K., Steinbach M., Kumar V., 2012.: Importance of vegetation type in forest cover estimation, u: 2012 Conference on Intelligent Data Understanding, Boulder (Colorado), SAD, 24.-26. listopada 2012., Dostupan na: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6382203> (Datum pristupa 26.11.2022.).
- Klepac D., 2000.: *Najveća cjelovita šuma hrasta lužnjaka u Hrvatskoj- Spačva*, HAZU, Zagreb
- Lintz J., Simonett D.S., 1976.: *Remote Sensing of Enviroment*, MA: Addison-Wesley, Reading.
- Lončar, N., 2010.: Analiza prostora i stanja okoliša otoka Murtera primjenom modela DPSIR, *Geoadria*, 15 (1), 49-80.
- Longley P.A, Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W., 2005.: *Geographic Information Systems and Science*, John Wiley & Sons, Ltd., Chichester.

- Marinčić I., 2021.: Melioracijsko uređenje zemljišta na području Privlake u svrhu navodnjavanja, Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
- Pernar R., Seletković A., Ančić M., 2007.: Utvrđivanje oštećenosti šuma Spačvanskog bazena primjenom infracrvenih kolornih aerosnimaka, *Šumarski list*, 81 (7-8), 315-332
- Rauš Đ., 1975.: Vegetacijski i sinekološki odnosi šuma u bazenu Spačva, *Glasnik za šumske pokuse: Annales pro experimentis foresticis*, 18, 225-346. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:295454> (Datum pristupa 24.11.2022.).
- Stehman S.V., Czaplewski R.L., 1998.: Design and Analysis for Thematic Map Accuracy Assessment: Fundamental Principles, *Remote Sensing of Enviroment*, 64, 331-344.
- Teslak K., Žunić M., Beljan K., Čavlović J., 2018.: Stanje i izazovi gospodarenja privatnim šumama u Hrvatskoj u postojećim ekološkim i sociološkim okolnostima, *Šumarski list*, 142 (9-10), 459-470.
- Tikvić I., Ugarković D., Gašpar J., 2011.: Prostorna analiza odumiranja stabala hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) za potrebe adaptivnoga gospodarenja šumskim ekosustavima u Hrvatskoj, *Croatian Journal of Forest Engineering: Časopis za teoriju i praksu šumarskoga inženjerstva*, 32 (1), 43-54.
- Valožić L., 2015.: Objektno orijentirana klasifikacija zemljišnoga pokrova pomoću multispektralnih satelitskih snimaka- primjer Grada Zagreba, Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet.
- Valožić, L., Cvitanović, M., 2011: Kartiranje promjene šumskog pokrova: analiza prostorne promjene šumskog pokrova u Parku prirode Medvednica pomoću Landsatovih snimaka, *Hrvatski geografski glasnik*, 73 (1), 245 – 255.
- Vela E., Medved I., Miljković V., 2017.: Geostatistička analiza vegetacijskih indeksa na šumskom ekosustavu Česma, *Geodetski list*, 71 (1), 25-40
- White, L. P. 1977.: *Aerial Photography and Remote Sensing for Soil Survey*, Clarendon Press, Oxford.
- Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec- Tadić, M., 2008.: Klimatski atlas Hrvatske 1961-1990., 1971–2000., Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb.

POPIS IZVORA

Agroklub.com, 2014.: <https://www.agroklub.com/sumarstvo/hrast-luznjak-u-velikim-problemima/12932/> (01.12.2022.).

Arcgis.com, 2023.:

<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=10df2279f9684e4a9f6a7f08febac2a9>
(19.02.2023.).

Državna geodetska uprava (DGU), 2016: Središnji registar prostornih jedinica Republike Hrvatske, Zagreb.

DZS, 2005: Naselja i stanovništvo Republike Hrvatske 1857. – 2001., CD-ROM, Državni zavod za statistiku, Zagreb.

DZS, 2013a: Popis stanovništva, kućanstava i stanova u Republici Hrvatskoj 2011. godine: stanovništvo prema starosti i spolu po naseljima.

DZS, 2013b: Popis stanovništva, kućanstava i stanova u Republici Hrvatskoj 2011. godine: Zaposleni prema području djelatnosti, starosti i spolu, po gradovima/općinama.

DZS, 2021.: Popis stanovništva, kućanstava i stanova 2021. – Stanovništvo po naseljima.

Earth Explorer USGS, 2022.: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (21.03.2022.)

ESA Earth Online, 2022.: <https://earth.esa.int/eogateway/missions/landsat> (14.11.2022.)

Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža 2021.:
<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=59121> (16.11.2022.).

Hrvatske šume, 2017.: Šumskogospodarska osnova- Uredajni zapisnik (2016.-2025.), Zagreb

Hrvatske šume, 2022.: Gospodarske jedinice- Spačvanski bazen, GIS *shapefileovi*, Zagreb

Humboldt State Geospatial Online, 2014.:

http://gsp.humboldt.edu/olm/Courses/GSP_216/lessons/reflectance.html (04.11.2022.).

Novosti.hr, 2022.: <https://novosti.hr/spacva-osigurala-dovoljno-sirovine-povecat-ce-broj-zaposlenih/> (26.11.2022.).

Usgs.gov., 2022a: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-1> (16.11.2022.)

Usgs.gov, 2022b: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-5> (16.11.2022.)

Usgs.gov, 2022c: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-9> (16.11.2022.)

Zakon o šumama (Narodne novine 68/2018, 115/18, 98/19, 32/20, 145/20).

PRILOZI

Popis slika

- Sl. 1. Prostorni okvir istraživanja
- Sl. 2. Satelitska snimka Spačvanskoga bazena zajedno s užom okolicom (područje istraživanja označeno žutom granicom)
- Sl. 3. Mreža naselja područja istraživanja na Landsat 9 satelitskoj snimci
- Sl. 4. Naselja područja istraživanja prema zaposlenima po sektorima djelatnosti
- Sl. 5. Scena područja istraživanja na Landsat 1 snimci (stanje 09.09.1976.)
- Sl. 6. Scena područja istraživanja na Landsat 5 satelitskoj snimci (stanje 17.06.1991.)
- Sl. 7. Scena područja istraživanja na Landsat 9 satelitskoj snimci (stanje 30.06.2022.)
- Sl. 8. Odnos reflektancije u postocima (y-os) i valne duljine u mikrometrima (x-os) za vegetaciju
- Sl. 9. False color kompozit Landsat 9 snimke (stanje 30.06.2022.)
- Sl. 10. NDVI indeks za okolicu Bordeauxa
- Sl. 11. CVI indeks za područje istraživanja za Landsat 9 snimku (stanje 30.06.2022.)
- Sl. 12. Klasifikacija zemljišnog pokrova za 1976. godinu (09.09.1976.)
- Sl. 13. Vrijednosti CVI indeksa za 1976. godinu (09.09.1976.)
- Sl. 14. Klasifikacija zemljišnog pokrova za 1991. godinu (17.06.1991.)
- Sl. 15. Vrijednosti CVI indeksa za 1991. godinu
- Sl. 16. Klasifikacija zemljišnog pokrova za 2022. godinu (30.06.2022.)
- Sl. 17. Promjena zemljišnog pokrova 1976. - 1991. godine
- Sl. 18. Promjena zemljišnog pokrova 1991. - 2022. godine
- Sl. 19. Promjena zemljišnog pokrova 1976. - 2022. godine

Popis tablica

Tab. 1. Opće kretanje broja stanovnika po naseljima područja istraživanja 1971. – 2021. godine

Tab. 2. Lančani indeks kretanja stanovništva naselja područja istraživanja 1981. – 2021. godine

Tab. 3. Površine pojedinih klasa zemljišnog pokrova 1976. godinu

Tab. 4. Površine pojedinih klasa zemljišnoga pokrova 1991. godinu

Tab. 5. Površine pojedinih klasa zemljišnoga pokrova 2022. godinu

Tab. 6. Matrica konfuzije za procjenu točnosti klasifikacijskog rastera za 2022. godinu