

# Landscape Development Trends of Central Lika in Interrelation to Demographic Inter-Census Changes

Marta HAMZIĆ

Ericsson Nikola Tesla d.d., Krapinska 45, 10 000 Zagreb, Croatia  
marta.jovanic@gmail.com

**Abstract.** This paper aims to determine the landscape development trends of Central Lika and to analyze their interrelation with observed demographic inter-census changes. For this purpose, Landsat multispectral images and census data of the Croatian Bureau of Statistics were used for both observed years, and appropriate methods of analysis were selected. In the analysis of the satellite images, an approach was used that involves the use of data sets that are related to spring and autumn. Using the ENVI 4.7 computer programme, five classes were defined for each analyzed year: *Built land*, *Forest*, *Water bodies*, *Arable land*, *Grass and shrubs*, while five landscape development trends and their surface shares were identified based on their interrelation in the observed period (1991–2011): *Unchanged* (87.7 %), *Extensification and vegetation succession* (7.6 %), *Intensification* (2.8 %), *Upbuilding* (1.5 %), *Water bodies* (0.4 %). The obtained results showed that *Upbuilding* and *Intensification* are more represented in the central area, which is in line with the least negative demographic indicators, and with the process of urbanisation of the Town of Gospić. *Extensification and vegetation succession* is more prevalent in peripheral areas, where the most negative demographic indicators are more pronounced, which was found to be in line with the process of deruralisation and deagrarianisation. By analyzing landscape development trends and the processes of the Central Lika landscape from different perspectives and aspects, this study allows for their better understanding.

**Keywords:** satellite images, demographic data, landscape change, land cover/land use, Central Lika

## 1 Introduction

The Earth's surface undergoes constant changes in the landscape as a result of natural forces and anthropogenic influences (Van der Valk 2009, Paudel and Yuan 2012), or processes such as globalisation and (sub)urbanisation (Dixon-Gough 2009), intensification of agriculture, abandonment of agriculture, reforestation, the construction of roads and the like (Chuman and Romportl 2010). It can, therefore, be said that landscapes have the common feature of constant evolution (Hernik 2009), which is why they can be considered a spatial and temporal creation of patterns, with a specific spatial distribution and change rate (Schneeberger et al. 2007).

Definitions of landscape differ depending on the context or type of application (Mücher et al. 2010), and different types of landscape classifications, i.e. landscape development, use different types of data and approaches, and they have a different primary purpose of their establishment (Chuman and Romportl 2010). This paper relies on the assumption that the concept of landscape refers to an integrated system of natural and social components (Lausch and Herzog 2002, Lang and Blaschke 2010, according to Bastian 2001, Yuan and Paudel 2012), and that landscape development is observed through the concept of land cover change/land use change, which in today's global, regional and local frameworks can be monitored through the use of

# Razvojni trendovi krajolika Srednje Like u međuodnosu s demografskim međupopisnim promjenama

Marta HAMZIĆ

Ericsson Nikola Tesla d.d., Krapinska 45, 10 000 Zagreb, Hrvatska  
marta.jovanic@gmail.com

**Sažetak.** Cilj je ovoga rada ustanoviti razvojne trendove krajolika Srednje Like te analizirati međuodnos s promatranim demografskim međupopisnim promjenama. U tu su svrhu za obje promatrane godine upotrijebljene multispektralne snimke Landsata i popisni podatci Državnog zavoda za statistiku, kao i odabrane metode analize. Pri analizi satelitskih snimki upotrijebljeni su skupovi podataka koji se odnose na proljeće i jesen. Uporabom računalnog programa ENVI 4.7 za svaku je analiziranu godinu definirano pet klasa: *Izgrađeno*, *Šuma*, *Vodna tijela*, *Ratarsko zemljište*, *Trava i grmlje*, dok je temeljem njihovog međuodnosa u promatranom razdoblju (1991–2011) utvrđeno pet razvojnih trendova krajolika i njihovi površinski udjeli: *Nepromijenjeno* (87,7 %), *Ekstenzifikacija i degradacija vegetacije* (7,6 %), *Intenzifikacija* (2,8 %), *Izgradnja* (1,5 %), *Vodna tijela* (0,4 %). Dobiveni su rezultati pokazali da su *Izgradnja* i *Intenzifikacija* zastupljenije na središnjem prostoru, što je sukladno s najmanje negativnim demografskim pokazateljima te s procesom urbanizacije grada Gospića. *Ekstenzifikacija i degradacija vegetacije* je zastupljenija na rubnim područjima gdje su izraženiji najnegativniji demografski pokazatelji, za što je u radu utvrđeno da je sukladno s procesom deruralizacije i deagrarizacije. Ovo je istraživanje zbog analiza iz različitih perspektiva, odnosno aspekata, omogućilo bolje razumijevanje generalnih razvojnih trendova, odnosno procesa krajolika Srednje Like.

**Ključne riječi:** satelitske snimke, demografski podatci, promjena krajolika, zemljišni pokrov/način korištenja zemljišta, Srednja Lika

## 1. Uvod

Površina Zemlje prolazi kroz konstantne promjene krajolika koje nastaju kao rezultat prirodnih sila i antropogenih utjecaja (Van der Valk 2009, Paudel i Yuan 2012), odnosno procesa kao što su, na primjer, globalizacija i (sub)urbanizacija (Dixon-Gough 2009), intenzifikacija poljoprivrede, napuštanje poljoprivrede, reforestacija, izgradnja prometnica i slično (Chuman i Romportl 2010). Time se za krajolike može reći da im je zajedničko obilježje konstantna evolucija (Hernik 2009), zbog čega ih se može smatrati prostorno-vremenskom tvorevinom uzoraka, sa specifičnom prostornom raspoređenosti i stopom promjena (Schneeberger i dr. 2007).

Definicije krajolika razlikuju se ovisno o kontekstu ili vrsti primjene (Mücher i dr. 2010), a pri različitim vrstama klasifikacija krajolika, odnosno razvoja krajolika koriste se različite vrste podataka i pristupi, kao i primarna svrha njihove uspostave (Chuman i Romportl 2010). Polazišna točka ovog rada je da se pod pojmom krajolika podrazumijeva integrirani sustav prirodne i socijalne komponente (Lausch i Herzog 2002, Lang i Blaschke 2010 prema Bastian 2001, Yuan i Paudel 2012) te da se razvoj krajolika promatra kroz koncept promjene zemljišnog pokrova/načina korištenja zemljišta, što je u današnje vrijeme u globalnim, regionalnim i lokalnim okvirima omogućeno i upotrebom podataka satelitskih snimaka (Kolios i Stylios 2013), koje se dodatno može kombinirati s drugim podatcima.

satellite image data (Kolios and Stylios 2013), which can be further combined with other data.

This paper aims to determine landscape development trends of Central Lika and to analyze their interrelation with observed demographic inter-census changes, such as trends in the total population and agrarian population. For this purpose, Landsat multispectral satellite images and official census data from the Croatian Bureau of Statistics (CBS) were used<sup>1</sup>, and appropriate research methods were selected. These satellite images were analyzed using the ENVI computer program, version 4.7. The census data were analyzed by using the ArcGIS computer program, version 10.0. In addition, data obtained by field research were used as complementary and corrective data<sup>2</sup>.

### 1.1 Previous Studies

In recent studies of parts of landscapes for certain areas of the Republic of Croatia, GIS technology has been predominantly used (e.g. Durbešić 2012, Blaće 2015, Durbešić and Fuerst-Bjeliš 2016, Morić-Španić and Fuerst-Bjeliš 2017; Mirović 2020, Hamzić and Fuerst-Bjeliš 2021, Hamzić 2021b), but also on an equal footing in combination with other methods (e.g. Fuerst-Bjeliš et al. 2000, Fuerst-Bjeliš et al. 2011, Čuka 2010, Jovanić, 2017, Vrkić 2020, Hamzić 2021a). However, due to the specifics in the methodologies of and approaches to the preparation of the data used, studies of landscapes in which satellite images are used stand out from the above.

The use of satellite images in the study of the landscape is represented in domestic and foreign literature. It is necessary to distinguish between studies analyzing the current state of the landscape and those analyzing changes and developments.

Studies analyzing the current state, which use satellite imagery data for one point in time, are less represented and were mostly used in combination with other

types of data for the purpose of determining types or classes of the landscape. In order to determine landscape types for Belgium, van Eetvelde and Antrop (2009), in addition to satellite imagery data, used three other types of data, each published at a temporal reference point: digital relief model, land cover/land use and soil composition. Isidoro et al. (2012) determined erosion risk classes for the landscape of the coastal area of southern Portugal by using two types of data, satellite imagery data and data obtained by a digital relief model, each published at a temporal reference point.

Studies on the analysis of changes or developments of the landscape are more numerous and necessarily require the use of data for two or more temporal points, and may relate to a shorter or longer period of time. Studies on changes and developments of landscapes that refer to a shorter time span (up to 30 years), which use satellite imagery data, mostly refer only to the analysis of changes in surface areas of the landscape, i.e. without determining development trends or trends of change. Valozić and Cvitanović (2011) used Landsat satellite imagery data to investigate surface changes in the forest cover of the Medvenica Nature Park from 1978 to 2007. Kolios and Stylios (2013) studied changes in land cover/land use of the Preveza Peninsula in Greece using Landsat satellite images for 2000 and 2009. Cvitanović (2014a) studied changes in the land cover/land use in Krapina-Zagorje County from 1991 to 2011 by using satellite imagery data - mostly Landsat data, with SPOT-2 and SPOT-5 data used additionally for the correction of individual results. Jogun et al. (2017) also studies land cover changes in northern Croatia in the 1981–2011 period by using Landsat satellite imagery. On the other hand, when analyzing a greater time span (more than 30 years), differences in the quality/resolution of satellite images for the observed time span need to be taken into account. In some papers, the same sources of satellite imagery data are used for all observed years, with a note on the difference in the resolution of images for individual years. When analyzing changes in the land cover/land use in Krapina-Zagorje County, Cvitanović (2014b) used Landsat satellite images for all temporal reference points in 1978, 1991, 2011, as did Šetka et al. (2021) in their analysis of the Lower Neretva region for 1990, 2005 and 2020. Also, Paudel and F. Yuan (2012) used Landsat satellite images for all observed years (1975, 1986, 1998, and 2006) when analyzing changes in the Minnesota metropolitan area (USA). However, in some papers, combinations of data from different sources are often used for older dates in order to obtain the highest quality data. In their study of changes in land cover/land use in the Drava valley of

<sup>1</sup> The study of the landscape development trends took several years and was conducted for the years 1991 and 2011, and was completed before more recent relevant data (obtained by Landsat 8 satellite images) were available. Data were supplemented and corrected by field research. Given that landscape changes are subject to a much longer time frame than several years, a difference of several years cannot significantly affect the results obtained. In the study of inter-census changes, data from all official censuses were used, and at the time of writing, only the first results of the 2021 census were published and available, which only included data on the total population.

<sup>2</sup> The study was conducted over several years, and the data were supplemented and corrected by field research.

Cilj je ovoga rada ustanoviti razvojne trendove krajolika Srednje Like te analizirati njihov međuodnos s promatranim demografskim međupopisnim promjenama, kao što su kretanja ukupnog broja stanovnika te poljoprivrednog stanovništva. Pri tome su upotrijebljene multispektralne satelitske snimke Landsata i službeni popisni podatci Državnog zavoda za statistiku (DZS),<sup>1</sup> kao i odgovarajuće metode istraživanja. Navedene satelitske snimke su u ovom radu analizirane uporabom računalnog programa ENVI verzije 4.7. Popisni su podatci analizirani računalnim programom ArcGIS verzije 10.0. Uz navedeno, podatci dobiveni terenskim istraživanjem imali su dopunski i korektivni karakter.<sup>2</sup>

### 1.1. Dosadašnja istraživanja

U recentnim je istraživanjima (dijelova) krajolika za pojedina područja Republike Hrvatske GIS tehnologija korištena kao prevladavajuća (npr. Durbešić 2012, Blaće 2015, Durbešić i Fuerst-Bjeliš 2016, Morić-Španić i Fuerst-Bjeliš 2017, Mirović 2020, Hamzić i Fuerst-Bjeliš 2021, Hamzić 2021b), ali i kao ravnopravna u kombinaciji s ostalim metodama (npr. Fuerst-Bjeliš i dr. 2000, Fuerst-Bjeliš i dr. 2011, Čuka 2010, Jovanić, 2017, Vrkić 2020, Hamzić 2021a). Međutim, zbog specifičnosti u metodologijama i pristupima pripreme podataka, istraživanja krajolika u kojima se koriste satelitske snimke se izdvajaju od navedenih.

Upotreba satelitskih snimaka u istraživanju krajolika opisana je u domaćoj i stranoj literaturi. Pri tome je potrebno razlikovati istraživanja u kojima se analizira trenutno stanje krajolika od onih istraživanja u kojima se analiziraju promjene, odnosno razvoj.

Istraživanja u kojima se analizira trenutno stanje, odnosno u kojima se koriste podatci satelitskih snimki za jednu vremensku točku, slabije su zastupljena te su u svrhu uspostave tipova, odnosno klasa krajolika pretežno korištena u kombinaciji s drugim vrstama podataka. Eetvelde i Antrop (2009) su u svrhu uspostave tipova

krajolika za Belgiju, uz podatke satelitskih snimki, koristili još tri vrste podataka od kojih je svaki objavljen u vremenski referentnoj točki: digitalni model reljefa, zemljišni pokrov/način korištenja zemljišta i sastav tla. Isidoro i dr. (2012) su utvrdili klase rizika od erozije za krajolik priobalnog područja južnog Portugala upotrebom dviju vrsti podataka, satelitske snimke i digitalni model reljefa, svaki objavljen u vremenski referentnoj točki.

Istraživanja analize promjena, odnosno razvoja krajolika su brojnija i nužno zahtijevaju podatke za dvije ili više vremenskih točaka, a mogu se odnositi na kraće ili duže vremensko razdoblje. Tako se istraživanja promjena, odnosno razvoja krajolika manjeg vremenskog raspona (do 30 godina) u kojima se koriste podatci satelitskih snimaka većinom odnose samo na analizu promjena površina krajolika, dakle bez uspostave razvojnih trendova, odnosno trendova promjene. Valozić i Cvitanović (2011) su upotrijebili podatke satelitskih snimki Landsata pri istraživanju površinskih promjena šumskog pokrova na području Parka prirode Medvenica 1978–2007. Kolios i Stylios (2013) proučavali su promjenu zemljišnog pokrova/načina upotrebe zemljišta poluotoka Preveza u Grčkoj upotrebom satelitskih snimaka Landsata za godine 2000. i 2009. Cvitanović (2014a) je istražio promjene zemljišnog pokrova/načina upotrebe zemljišta u Krapinsko-zagorskoj županiji 1991–2011. upotrebom podataka satelitskih snimaka – najviše Landsata, a dodatno u korekciji pojedinih rezultata korišteni su SPOT-2 i SPOT-5. Jogun i dr. (2017) također su korištenjem satelitskih snimki Landsata istražili promjene zemljišnog pokrova na području sjeverne Hrvatske u razdoblju 1981–2011. S druge strane, pri analizi većeg vremenskog raspona (više od 30 godina) potrebno je uzeti u obzir razlike u kvaliteti/rezoluciji satelitskih snimki promatranog vremenskog raspona. U pojedinim radovima, uz napomene u razlici rezolucije snimki pojedinih godina, za sve promatrane godine koriste se isti izvori podataka satelitskih snimki. Cvitanović (2014b) je pri analizi promjena zemljišnog pokrova/načina korištenja zemljišta Krapinsko-zagorske županije koristio satelitske snimke Landsata za sve vremenske točke 1978, 1991, 2011, kao i Šetka i dr. (2021) Donjone-retvanskog kraja za 1990, 2005, 2020. Također su Paudel i Yuan (2012) pri analizi promjena metropolitanskog područja Minnesote (SAD) koristili satelitske snimke Landsata za sve promatrane godine (1975, 1986, 1998 i 2006). Međutim, u pojedinim radovima se u cilju dobivanja što kvalitetnijih podataka, za starije datume često koriste kombinacije podataka iz različitih izvora. Lončar i Cvitanović (2012) u istraživanju promjena zemljišnog pokrova/načina korištenja zemljišta Pridravske nizine

<sup>1</sup> Istraživanje razvojnih trendova krajolika trajalo je nekoliko godina i provedeno je za godine 1991. i 2011., a završeno je prije nego što su bili dostupni noviji odgovarajući podatci (vezano uz satelit Landsat 8). Podatci su dopunjeni i korigirani terenskim istraživanjem. S obzirom na to da promjene krajolika podliježu mnogo duljoj vremenskoj skali nego što je to nekoliko godina, razlika od nekoliko godina ne može bitno utjecati na dobivene rezultate. Pri istraživanju međupopisnih promjena korišteni su podatci svih službenih popisa stanovništva, a u trenutku pisanja rada su bili objavljeni i dostupni samo prvi rezultati popisa stanovništva iz 2021. godine u kojima su objavljeni samo podatci o ukupnom broju stanovnika.

<sup>2</sup> Istraživanje je provedeno kroz nekoliko godina, te su podatci dopunjeni i korigirani terenskim istraživanjem.



Osijek, Lončar and Cvitanović (2012) used topographic maps from 1956 and satellite images of Google Earth from 2011, while the specific feature of the study lies in its additional demo(geo)graphic analysis of the entire observed period. Cvitanović and Fuerst-Bjeliš (2018) also used a combined methodological approach, which includes quantitative and qualitative data and analyzes, as well as descriptive-analytical, spatial-statistical (GIS), inferential-statistical and empirical research methods, to analyze the landscape development of the Croatian Zagorje. Also, the study of Jogun et al. (2018) should be pointed out, which, by using Landsat satellite images, provides an analysis of the changes in land cover/land use of Požega-Slavonia County in the 1985–2013 period and models future changes until 2027.

As is evident, in studies of the current state or the development of the landscape, satellite imagery data for one or more temporal points are used, from one or a combination of several different data sources. Analytically, they are mainly focused on changes in land cover/land use without determining development trends or trends of change. On the other hand, only a very small share of the studies performs an additional demo(geo)graphic analysis using census data on top of the analysis of landscape development using satellite imagery data. This means that the study presented in this paper differs from previous studies using satellite imagery: in its approach to the preparation and analysis of satellite imagery data, in determining development trends and in its study of the interrelation of multispectral satellite data and census data by using the selected appropriate research methods.

## 1.2 Research Area

The research area of this paper, Central Lika, although located almost in the central part of the Republic of Croatia, is considered a region of rural, marginal and border characteristics. Namely, Central Lika is an example of a sparsely populated mountainous rural area of the Republic of Croatia, as well as of Central and Eastern Europe, which at the turn of the century is characterized primarily by demographic problems such as depopulation and aging. Also, related to this, there are significant problems of reduced socio-economic activity and, consequently, the extensification of land use as, for example, is the abandonment of the agricultural landscape, which leads to vegetation succession. Vegetation succession refers to changes in the land cover/land use through three stages. In the first stage, low vegetation grows on the agricultural land – grassy land, such as meadows and pastures. Further neglect leads to

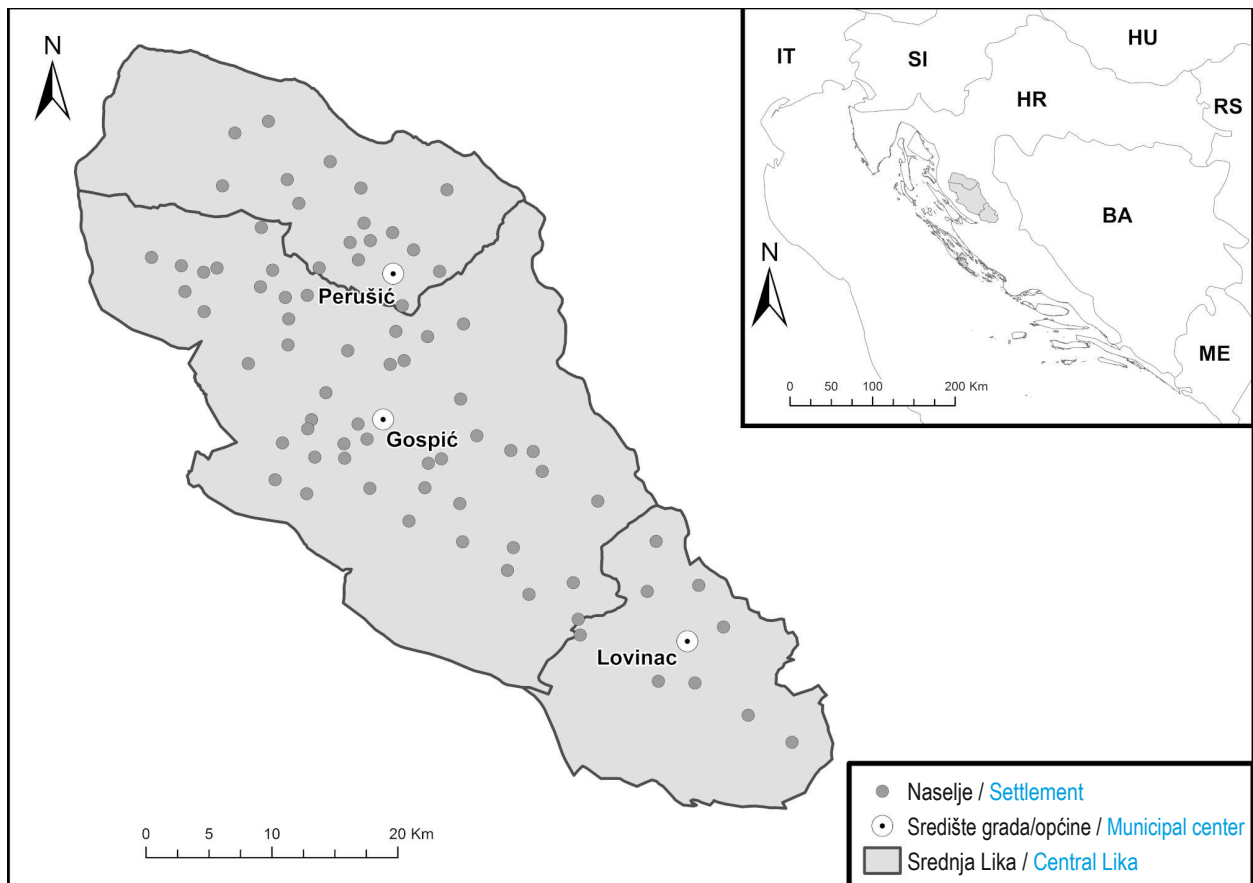
the second stage of succession and medium-high vegetation, such as shrubs or forest succession, develops on the grassy land. In the final, third stage of vegetation succession, from such medium-high vegetation high vegetation gradually develops – forest land (Hamzić et al. 2020).

In terms of the current administrative and territorial organization, the area of Central Lika covers three units of local self-government: the Town of Gospić, the Municipality of Lovinac and the Municipality of Perušić<sup>3</sup>, which is a total surface area of about 1,690 km<sup>2</sup>, and a total of 78 settlements (Figure 1).

When observing the trends in the number of the total population of this area from all general official censuses so far, two intervals have been observed: 1) an interval of an almost continuous increase in the total number of inhabitants (1857–1900) and 2) the interval of almost continuous decrease in the total number of inhabitants (1900–2021).<sup>4</sup> The decline in total population since the beginning of the 20th century is the result of several negative factors: in addition to direct and indirect demographic losses and consequences associated with wars (World War I and II and the Homeland War), the population decline is also a result of long-term emigration as well as lack of serious policies considering rural areas. In addition to previous emigration to overseas countries, further emigration followed the end of World War II. Namely, in the mid 20th century, the basic structure for the industrialization of the

<sup>3</sup> The coverage of the Central Lika area analyzed in this paper differs from the coverage in the papers of other authors, such as, for example, Pejnović (1985) and Magaš (2013), who view the Municipality of Lovinac as part of Southern Lika. Namely, the administrative-territorial division, according to which today's Town of Gospić and the Municipality of Perušić were separated from the former Municipality of Gospić, was established in 1993, and in the same year, the Municipality of Lovinac was established after being separated from the former Municipality of Gračac. The Municipality of Lovinac was annexed to the Lika-Senj County in 1997, and due to this administrative-territorial organization, the population of the Municipality of Lovinac gravitates towards the City of Gospić. This is why the spatial coverage of Central Lika has been extended to this unit of local self-government in this paper, which is also in line with the spatial coverage of some recent physical planning documents (e.g. the Lika-Senj County Regional Operational Program, Lika-Senj County Physical Plan) and scientific papers (e.g. Jovanić 2017, Hamzić et al. 2020, Hamzić and Fuerst-Bjeliš 2021, Hamzić 2021a, Hamzić and Turk 2021).

<sup>4</sup> In the 1857–1900 interval, in the census year of 1880, a decrease in the number of inhabitants was recorded, while in the 1900–2011 interval, due to the construction of the Lika railway (in 1925) an increase in the number of inhabitants was recorded in the 1931 census.



Slika 1. Srednja Lika – područje istraživanja.

Fig. 1 Central Lika – research area.

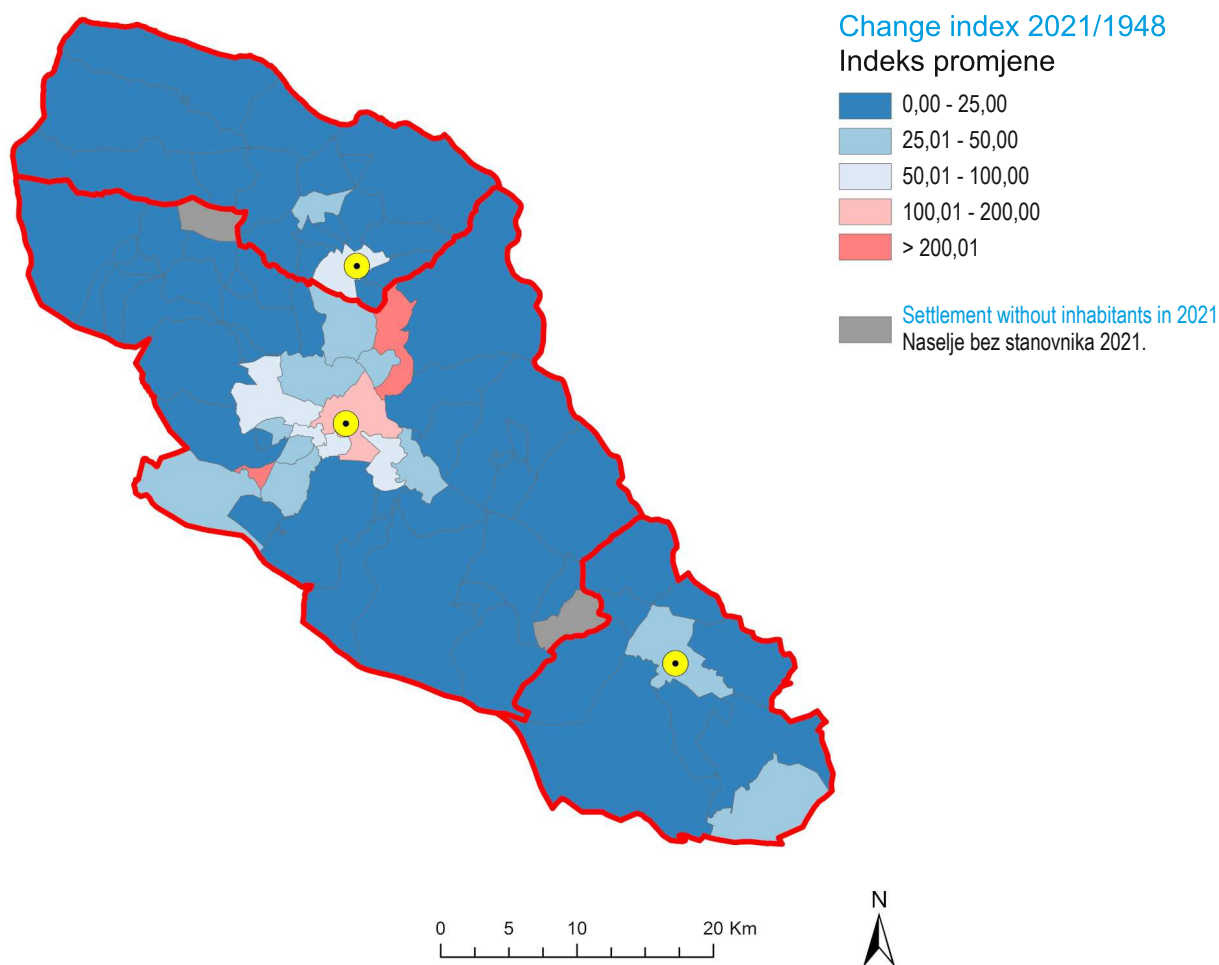
Osijeka koristili su topografske karte iz 1956. i satelitske snimke Google Eartha iz 2011., a posebnost istraživanja je u dodatnoj demo(geo)grafskoj analizi za cijelo promatrano razdoblje. Cvitanović i Fuerst-Bjeliš (2018) također su kombiniranim metodološkim pristupom, koji uključuje kvantitativne i kvalitativne podatke i analize te deskriptivno-analitičke, prostorno-statističke (GIS), inferencijalno-statističke i empirijske metode istraživanja, analizirali razvoj krajolika Hrvatskog zagorja. Dodatno je potrebno izdvojiti istraživanje Joguna i dr. (2018) u kojem je, korištenjem satelitskih snimki Landsata, provedena analiza promjena zemljišnog pokrova/načina korištenja zemljišta Požeško-slavonske županije u razdoblju 1985–2013 te modeliranje promjena u budućnosti, do 2027. godine.

U istraživanjima stanja, odnosno razvoja krajolika, kako je vidljivo, koriste se podatci satelitskih snimki za jednu, odnosno više vremenskih točki, iz jednog ili kombinacijom iz više različitih izvora podataka. Analitički su uglavnom usmjerena na promjene površina zemljišnog pokrova/načina korištenja zemljišta bez uspostave razvojnih trendova, odnosno trendova promjene. S druge strane, u vrlo malom udjelu istraživanja, uz analizu razvoja krajolika korištenjem podataka satelitskih

snimaka, dodatno se provodi i demo(geo)grafska analiza korištenjem popisnih podataka. Dakle, istraživanje predstavljeno u ovom radu se od dosadašnjih istraživanja u kojima se koriste satelitske snimke izdvaja u: pristupu pripreme i analize podataka satelitskih snimki, uspostavi razvojnih trendova te u istraživanju međudnosa koji podrazumijeva multispektralne satelitske podatke i popisne podatke uz odgovarajuće istraživačke metode.

## 1.2. Područje istraživanja

Područje istraživanja ovoga rada, Srednja Lika, premda smještena gotovo u središnjem dijelu Republike Hrvatske smatra se regijom ruralnih, marginalnih i graničnih obilježja. Naime, Srednja Lika, primjer je rijetko naseljenog gorsko-planinskog seoskog/ruralnog područja Republike Hrvatske te ujedno srednje i istočne Europe, kojeg na prijelazu stoljeća obilježavaju prvenstveno demografski problemi kao što su depopulacija i starenje stanovništva. Također, povezano s tim, značajni su problemi smanjene društveno-gospodarske aktivnosti te posljedično ekstenzifikacije korištenja zemljišta kao što je, na primjer, zapuštanje poljoprivrednog krajolika pri



**Fig. 2** Population change index of settlements in Central Lika (2021/1948). Source: DZS (2020a, 2022).  
**Slika 2.** Indeks promjene broja stanovnika naselja Srednje Like (2021/1948) Izvor: DZS (2020a, 2022).

region was created and its initial stage was implemented. This led to agrarian overpopulation (Pejnović 1985), which led to organized emigration to agrarian areas, mostly in Slavonia and Vojvodina, as well as to larger cities in Croatia (Fajdić 2009). Then, in the 1960s, due to strong deagrarianisation on the one hand and the slower development of non-agricultural activities on the other, the population began to emigrate to so-called temporary work in Western European countries, especially Germany and Austria (Akrap and Gelo 2009). The construction of roads during the 1960s and 1970s, and particularly the transfer of the route of the busiest main road outside Central Lika, led to new spatial relations within the Lika region. The construction of a new network of reconstructed and modernized roads, and especially the new main transit route Plitvice - Korenica - Udbina - Gračac - Prezid, has led to a significant reduction in traffic on the former main

route Žuta Lokva - Otočac - Gračac (Rogić 1975). This has led to a slowing down of the economic growth of the Central Lika area and the intensification of emigration (Rogić 1975, Pejnović 2004). It can consequently be said that emigration is the main reason for the continuous decline in the total population of most areas of Central Lika (Table 1).

The emigration of a predominantly young population had immediate consequences (population decline) and long-term consequences (population aging and a low rate of natural change that had turned negative as early as in the mid-1970s) (Pejnović 1985). Thus, in the 1948-2021 period, in almost all settlements of Central Lika a decrease in the total number of inhabitants was recorded. To be more precise, a population increase was recorded in only three settlements (Lički Osik, Gospić and Novoselo Trnovačko, all three in the area of the Town of Gospić) (Figure 2).

**Tablica 1.** Kretanje broja stanovnika Srednje Like u razdoblju 1948–2021. Izvor: DZS (2020a, 2020b, 2022).  
**Table 1** Population trends in Central Lika in the 1948–2021 period. Source: DZS (2020a, 2020b, 2022).

GRAD / OPĆINA / Naselje	1948	1953	1961	1971	1981	1991	2001	2011	2021	2011 / 1948	2021 / 1948
TOWN / MUNICIPALITY / Settlement	1948	1953	1961	1971	1981	1991	2001	2011	2021	2011 / 1948	2021 / 1948
GRAD / TOWN GOSPIĆ	26 920	26 285	27 390	26 683	23 285	22 026	12 980	12 745	11 464	47.3	42.6
Gospić	4204	5127	6767	8046	8725	9025	6088	6575	6339	156.4	150.8
OPĆINA / MUNICIPALITY LOVINAC	6750	6450	5911	4929	3721	3054	1096	1007	957	14.9	14.2
Lovinac	929	954	869	869	640	533	288	257	246	27.7	26.5
OPĆINA / MUNICIPALITY PERUŠIĆ	11 674	10 958	9952	8607	6379	5648	3494	2638	1987	22.6	17.0
Perušić	1003	1159	1290	1343	1218	1316	957	852	769	85.0	76.7
Srednja Lika ukupno / Central Lika sum	45 344	43 693	43 253	40 219	33 385	30 728	17 570	16 390	14408	36.2	31.8

čemu dolazi do sukcesije vegetacije. Sukcesija vegetacije odnosi se na promjenu zemljišnog pokrova/načina korištenja zemljišta kroz tri faze. U prvoj fazi na poljoprivrednom zemljištu izrasta nisko raslinje – travnato zemljište, na primjer, livade i pašnjaci. Daljnjim zapuštanjem, dolazi do druge faze sukcesije te se na travnatom zemljištu razvija srednje visoko raslinje – grmlje, odnosno sukcesija šume. Iz takvog srednje visokog raslinja se u završnoj, trećoj fazi sukcesije vegetacije postepeno razvija visoko raslinje – šumsko zemljište (Hamzić i dr. 2020).

Gledajući aktualnu administrativno-teritorijalnu organizaciju, područje Srednje Like okuplja tri jedinice lokalne samouprave: Grad Gospić, Općinu Lovinac i Općinu Perušić,<sup>3</sup> što je područje ukupne površine od oko 1690 km<sup>2</sup>, s ukupno 78 naselja (slika 1).

<sup>3</sup> Obuhvat područja Srednje Like analiziran u ovom radu razlikuje se od obuhvata u radovima drugih autora, kao što su, na primjer, Pejnović (1985) i Magaš (2013) koji Općinu Lovinac ubrajaju u Južnu Liku. Naime, upravno-teritorijalna podjela, na temelju koje su današnji Grad Gospić i Općina Perušić izdvojeni iz nekadašnje Općine Gospić, ustrojena je 1993., a iste je te godine, izdvajanjem iz nekadašnje Općine Gračac, ustrojena i Općina Lovinac. Općina Lovinac je Ličko-senjskoj županiji pripojena 1997., a uslijed te upravno-teritorijalne organizacije, stanovništvo Općine Lovinac gravitira prema Gradu Gospiću. Time je u ovom radu prostorni obuhvat Srednje Like proširen i za tu jedinicu lokalne samouprave, a što je također usklađeno i s prostornim obuhvatom pojedinih recentnih prostorno-razvojnih dokumenata (npr. Regionalnim operativnim programom Ličko-senjske županije, Prostornim planom Ličko-senjske županije) i znanstvenih radova (npr. Jovanić 2017, Hamzić i dr. 2020, Hamzić i Fuerst-Bjelić 2021, Hamzić 2021a, Hamzić i Turk 2021).

Pri promatranju kretanja ukupnog broja stanovnika svih općih, odnosno službenih popisa stanovništva do sada, uočena su dva intervala: 1) interval gotovo kontinuiranog porasta ukupnog broja stanovnika (1857–1900) i 2) interval gotovo kontinuiranog pada ukupnog broja stanovnika (1900–2021).<sup>4</sup> Pad ukupnog broja stanovnika, koji je prisutan od početka 20. stoljeća, rezultat je više negativnih čimbenika: uz izravne i neizravne demografske gubitke i posljedice povezane s ratovima (Prvi i Drugi svjetski rat te Domovinski rat), pad broja stanovnika je uvjetovan i dugotrajnim iseljavanjem stanovništva, kao i nedostatkom ozbiljnih politika usmjerenih prema ruralnim područjima. Uz prethodna iseljavanja u prekomorske zemlje, daljnja iseljavanja uslijedila su završetkom Drugog svjetskog rata. Naime, sredinom 20. stoljeća stvorena je temeljna struktura i inicirana industrijalizacija regije te je zbog agrarne prenaseljenosti (Pejnović 1985) došlo do organiziranih iseljavanja u agrarna područja, ponajviše u Slavoniju i Vojvodinu, kao i u veće gradove na području Hrvatske (Fajdić 2009). Zatim se šezdesetih godina 20. stoljeća na tzv. privremeni rad u zapadnoeuropske zemlje, pogotovo u Njemačku i Austriju, stanovništvo iseljavalo zbog snažne deagrarizacije s jedne strane i sporijeg razvoja nepoljoprivrednih djelatnosti s druge (Akrap i Gelo 2009). Izgradnjom cestovnih prometnica tijekom šezdesetih i sedamdesetih godina 20. stoljeća, a posebno prenošenjem trase najfrekventnije magistralne

<sup>4</sup> U intervalu 1857–1900. popisne je godine 1880. zabilježen pad broja stanovnika, dok je u intervalu 1900–2011. zbog izgradnje Ličke pruge (1925. godine) popisne godine 1931. zabilježen porast broja stanovnika.



**Table 2** Data on the images used. Source: GloVis (USGS).  
**Tablica 2.** Podatci o upotrijebljenim snimkama. Izvor: GloVis (USGS 2013).

Recording date Datum snimka	Spatial resolution Prostorna rezolucija	Satellite and instrument Satelit i instrument	No. of channels Broj kanala	Scene identifier Identifikator scene
15 June 1991 15. lipnja 1991.	30 m	Landsat -5 (Thematic Mapper)	7	LT51890291991166XXX01
19 September 1991 19. rujna 1991.	30 m	Landsat -5 (Thematic Mapper)	7	LT51890291991262XXX02
22 June 2011 22. lipnja 2011.	30 m	Landsat -5 (Thematic Mapper)	7	LT51890292011173MOR00
10 September 2011 10. rujna 2011.	30 m	Landsat -5 (Thematic Mapper)	7	LT51890292011253MOR00

## 2 Methodological Notes

### 2.1 Methodological Notes on the Use of Landsat Multispectral Data

Satellite images are one of the fundamental sources of data in studies that rely on remote sensing. This paper uses Landsat multispectral data selected and downloaded from the "GloVis" Internet portal, which is under the authority of *United States Geological Survey (USGS)* and *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* and is part of the archive entitled *Global Land Survey (GLS)*, which is a rich source of Landsat multispectral data. Apart from the fact that no fee is charged for the satellite images of this archive, their use has multiple other advantages, because they are already georeferenced, field corrected, designed, and only images with a low degree of cloud coverage are used (Valozić and Cvitanović 2011). However, it should be noted that due to the differences in satellite characteristics among Landsat satellite images, there are differences in grid size, resolution, number and differences of channels and the like.

This study uses images from 1991 and 2011, and all the data used were recorded with the Thematic Mapper (TM), a sensor for recording the Earth's surface located on the Landsat 5 satellite. This means that the satellite images used in this paper are mutually harmonized in terms of spatial resolution, satellite, instrument and number of channels (Table 2). In this paper, in order to analyze the landscape development of Central Lika, the analysis of satellite images was performed using the computer program ENVI, version 4.7.

When using satellite image data, it should be noted that there are difficulties related to the size of the grid, which is why it is difficult to define what the image is

showing for individual objects in space. Namely, in this study, Landsat multispectral data with a spatial resolution of 30 m were used, which is why not all objects in space are shown on the images, and it is difficult to distinguish between certain types of land cover/land use (e.g. Jogun 2017, Šetka et al. 2021). However, the indicated data were prepared according to the procedures described in the paper and were analyzed as such. Evaluation of the accuracy (success) of the classification was performed using a confusion matrix and kappa coefficient (e.g. Cvitanović 2014a, Jogun et al. 2017, Šetka et al. 2020).

### 2.2 Methodological Notes on the Approach to the Preparation of Landsat Multispectral Data

In this paper, Landsat multispectral data, more precisely data sets related to spring and autumn, for the years 1991 and 2011 were used. Namely, data sets for spring/autumn were used because the approach of this study was as follows: individual objects in space that have vegetation periods and change during the year (e.g. forest, cultivated land, low vegetation, etc.) are defined in more detail using procedures that involve two data sets (spring and autumn) for both observed years.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> In this study, two sets of data were used for each observed year, regardless of the fact that individual objects in space that do not have vegetation periods and do not change during the year (e.g. road, settlement, water body, etc.) could be defined by procedures for each year, i.e. by using only one set of data (e.g. for autumn). The approach used was applied because it allows for a better differentiation of arable land (for which one part of the data, which refers to autumn, is visible as dug/plowed land) from, for example, grassland (where all data would be visible as vegetation).

ceste izvan prostora Srednje Like, došlo je do novih prostornih odnosa unutar regije Like. Izgradnjom nove mreže rekonstruiranih i moderniziranih cesta, a osobito novoga glavnog tranzitnog pravca Plitvice – Korenica – Udbina – Gračac – Prezid došlo je do prenošenja težišta cestovnog prometa s prijašnjeg Žuta Lokva – Otočac – Gračac (Rogić 1975). Time je došlo do zaostajanja područja Srednje Like i intenziviranja iseljavanja (Rogić 1975, Pejnović 2004). Slijedom navedenoga, može se reći da je iseljavanje osnovni razlog kontinuiranog pada ukupnog broja stanovnika većine područja Srednje Like (tablica 1).

Iseljavanje pretežno mladog stanovništva imalo je trenutne (smanjenje broja stanovnika) te dugoročne posljedice (starenje stanovništva i niska stopa prirodne promjene koja je već od sredine sedamdesetih godina prešla u negativnu) (Pejnović 1985). Time je u razdoblju 1948–2021. kod većine naselja Srednje Like zabilježen pad ukupnog broja stanovnika. Samo je za tri naselja (Lički Osik, Gospić i Novoselo Trnovačko, sva tri s područja Grada Gospića) zabilježen porast (slika 2).

## 2. Metodološke napomene

### 2.1. Metodološke napomene uz multispektralne podatke Landsata

Satelitske snimke jedan su od temeljnih izvora podataka u daljinskim istraživanjima. U ovom radu korišteni su multispektralni podatci Landsata koji su izabrani i preuzeti s internetskog portala „GloVis“ koji je u nadležnosti *United States Geological Survey* (USGS) i *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), a dio je arhive engleskog naziva *Global Land Survey* (GLS) koja je bogati izvor multispektralnih podataka Landsata. Osim oslobođenja od naplate, korištenje satelitskih snimaka ove arhive ima višestruke prednosti, jer su već georeferencirane, terenski ispravljene i izdvojene one s niskim stupnjem pokrivenosti oblacima (Valozić i Cvitanović 2011). Međutim, potrebno je napomenuti kako zbog različitosti obilježja satelita, među Landsatovim satelitskim snimkama postoje razlike u veličinama rešetke, odnosno rezoluciji, zatim broju i različitosti kanala i slično.

U ovom istraživanju koriste se snimke za 1991. i 2011. godinu, pri čemu su svi korišteni podatci snimljeni Thematic Mapperom (TM), senzorom za snimanje Zemljine površine koji se nalazi na satelitu Landsat 5. Time su satelitske snimke korištene u ovom radu međusobno usklađene što se tiče prostorne rezolucije, satelita, instrumenta i broja kanala (tablica 2). U ovom radu je u svrhu analize razvoja krajolika Srednje Like provedena analiza satelitskih snimki uporabom računalnog programa ENVI verzije 4.7.

Pri upotrebi podataka satelitskih snimki potrebno je napomenuti kako postoje poteškoće koje se odnose na veličinu rešetke. Time je kod pojedinih objekata u prostoru teško definirati što je na snimci. Naime, u ovom istraživanju korišteni su multispektralni podatci Landsata prostorne rezolucije od 30 m zbog čega na snimkama nisu prikazani svi objekti u prostoru, a otežano je i razlikovanje pojedinih vrsta zemljišnog pokrova/načina korištenja zemljišta (npr. Jogun 2017, Šetka i dr. 2021). Međutim, navedeni podatci su pripremljeni prema procedurama opisanim u radu i kao takvi su analizirani. Evaluacija točnosti (uspješnosti) klasifikacije provedena je s pomoću matrice konfuzije i kappa koeficijenta (npr. Cvitanović 2014a, Jogun i dr. 2017, Šetka i dr. 2020).

### 2.2. Metodološke napomene uz pristup pripreme multispektralnih podataka Landsata

U ovom istraživanju korišteni su multispektralni podatci Landsata i to skupovi podataka koji se odnose na proljeće i jesen za godine 1991. i 2011. Naime, pristup ovoga istraživanja bio je sljedeći: pojedine objekte u prostoru koji imaju vegetacijska razdoblja i mijenjaju se tijekom godine (npr. šuma, kultivirano zemljište, nisko raslinje i dr.), detaljnije definirati s pomoću dva skupa podataka (proljeće i jesen) za obje promatrane godine.<sup>5</sup>

Svaki od skupova podataka snimljen je u spektralnoj rezoluciji od sedam kanala<sup>6</sup> te je prilikom pripreme sva četiri skupa podataka bilo potrebno izdvojiti šesti kanal, kojim se snima termalni infracrveni (engl. *Thermal-Infrared*, *TIR*) dio elektromagnetskog spektra. Nakon izdvajanja šestog kanala, preostali kanali su spojeni u zaseban skup podataka i na takvim su skupovima podataka izvršeni daljnji postupci, koje je moguće rasporediti u tri faze (slika 3).

<sup>5</sup> U ovom istraživanju su za pojedinu promatranu godinu korištena dva skupa podataka bez obzira na to što bi se pojedini objekti u prostoru koji nemaju vegetacijske periode i ne mijenjaju se tijekom godine (npr. prometnica, naselje, vodno tijelo i dr.) moglo definirati za pojedinu godinu, odnosno korištenjem samo jednog skupa podataka (npr. za jesen). Primijenjeni pristup omogućuje bolje razlikovanje ratarskog zemljišta (kod kojeg je jedan dio podataka, jesen, vidljiv kao prekopano/preorano zemljište) od npr. travnjaka (kod kojih bi svi podatci bili vidljivi kao vegetacija).

<sup>6</sup> Svaki kanal snima dio elektromagnetskog spektra: 1. kanal snima vidljivi, plavi (0,45 do 0,52  $\mu\text{m}$ ); 2. kanal snima vidljivi, tj. zeleni (0,52 do 0,60  $\mu\text{m}$ ); 3. kanal snima vidljivi, crveni (0,63 do 0,69  $\mu\text{m}$ ); 4. kanal snima nevidljivi, približno infracrveni (engl. *Near-Infrared*, *NIR*) (0,76 do 0,90  $\mu\text{m}$ ); 5. kanal snima nevidljivi, kratkovalni infracrveni (engl. *Shortwave-Infrared*, *SWIR*) (1,55 do 1,75  $\mu\text{m}$ ); 6. kanal snima nevidljivi, termalni infracrveni (engl. *Thermal-Infrared*, *TIR*) (10,40 do 12,50  $\mu\text{m}$ ); 7. kanal snima nevidljivi, srednjevalni infracrveni (engl. *Mid-Infrared*, *MIR*) (2,08 do 2,35  $\mu\text{m}$ ). Pri tome je samo 6. kanal rezolucije 120 m, dok su ostali kanali rezolucije 30 m.

Each of the used data sets was recorded in a spectral resolution of seven channels<sup>6</sup>, and during the preparation of all four data sets it was necessary to isolate the sixth channel that records the Thermal-Infrared (TIR) part of the electromagnetic spectrum. After isolating the sixth channel, the remaining channels were merged into a separate data set and further procedures were performed on such data sets (from which the sixth channel was separated), which can be compiled in three stages (Figure 3).

**The first stage** is the calculation of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for each of the previously described four data sets used (from which the sixth channel was separated). Namely, since in this study it is crucial to discover the state of the vegetation, a calculation of the vegetation is required for each of the four data sets used. In this research, the NDVI indicator is used, which is based on red and infrared light channels and provides insight into the density and condition of the vegetation cover (Isidoro et al. 2012).

The NDVI is expressed by the following expression (e.g. Francis and Klopatek 2000, Campbell and Wynne 2011):

$$NDVI = \frac{(NIR - VIS)}{(NIR + VIS)}; \quad -1 \leq NDVI \leq 1$$

NIR – infrared light

VIS – visible light

It can be seen that the value of the NDVI indicator takes the form of values from a closed interval ranging from -1.0 to +1.0. Namely, the NDVI indicator is based on the fact that different substrates reflect different types of light in different ways. This means that a substrate that is free of vegetation, for instance water, absorbs and reflects the same types of light and the NDVI value is approximately 0 (between -0.1 and +0.1). On the other hand, photosynthetically active vegetation absorbs most of the red light and reflects a lot of infrared light and the value of the NDVI indicator is greater than 0.4, while values closer to 1.0 indicate the existence of

photosynthetic vegetation of higher density (e.g. Francis and Klopatek 2000, Campbell and Wynne 2011).

**The second stage** refers to the merging of separate channels and, for each of the years, the differentiation of channels for spring and channels for autumn. Namely, the computer program used in this study, ENVI version 4.7, calculates whether there is a difference or change between the observed channels (spring/autumn) within the observed year.

**The third stage** involves the use of a Research of Interest (ROI) within the uncontrolled classification. This study defines the following classes:

*Built land* (e.g. roads/motorways, settlements, constructed facilities)

*Forest* (e.g. open, closed)

*Water bodies* (e.g. rivers, lakes)

*Arable land* (e.g. plough-land<sup>7</sup>)

*Grass and shrubs* (e.g. pastures, abandoned/overgrown land plots).

## 2.3 Methodological Notes on Determining Landscape Development Trends

Landscape development trends in this paper are determined based on a comparison of previously determined classes for the years 1991 and 2011 (Figure 4).

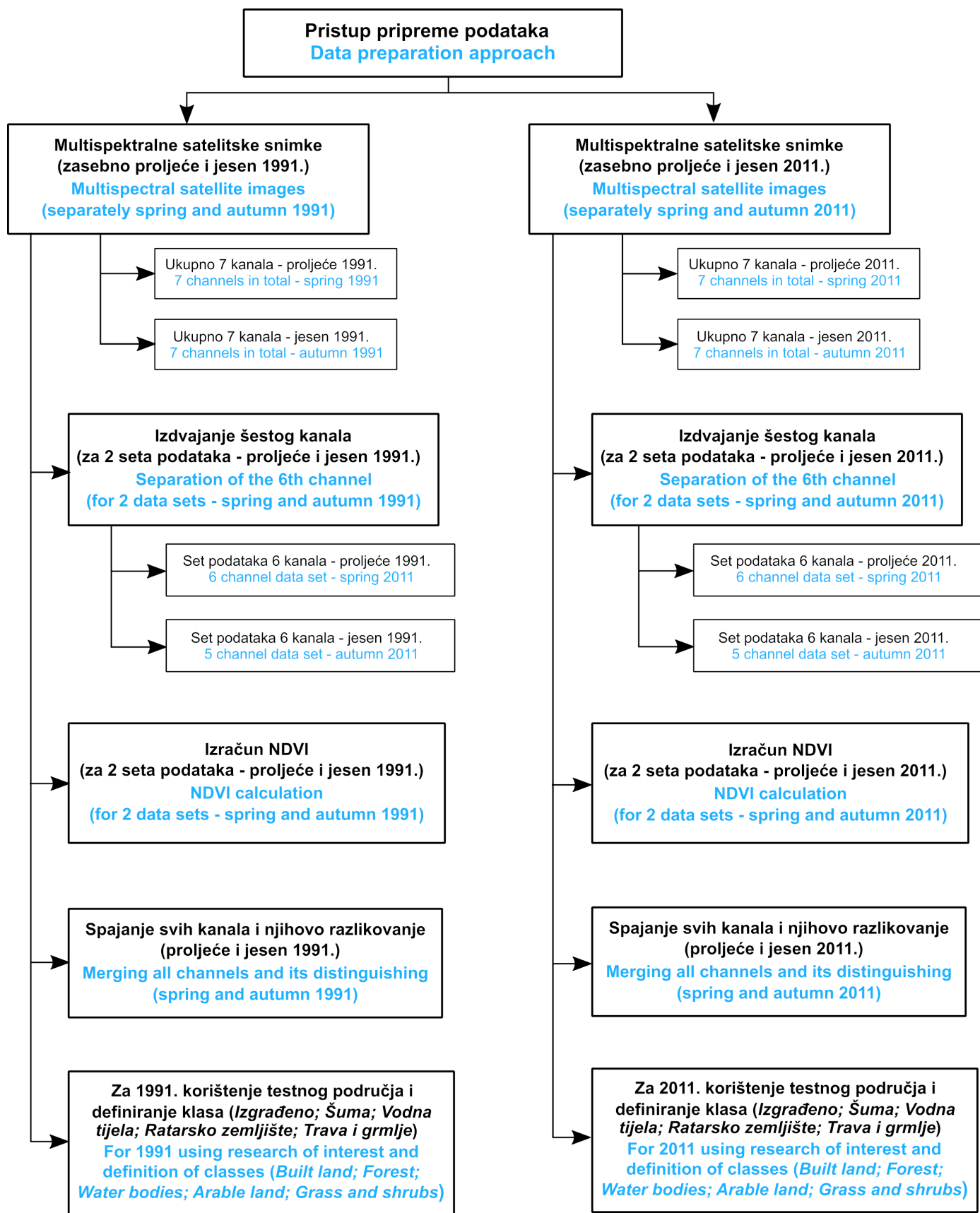
The landscape development trends of Central Lika are defined according to the following conditions:

- 1) *Extensification and vegetation succession* (e.g. land that was arable land or grass and shrubs in 1991, and was changed to grass and shrubs or forest in 2011)
- 2) *Upbuilding* (land that was not a built land in 1991 and was changed to a built land in 2011)
- 3) *Intensification* (land that was grass and shrubs or forest in 1991, and was changed to arable land in 2011)
- 4) *Unchanged* (the same class in 1991 and 2011)
- 5) *Water bodies* (water bodies in 1991 and/or 2011)

The conceptual model of landscape development trends used in this paper in interrelation to demographic

<sup>6</sup> Each channel records one part of the electromagnetic spectrum: The 1st channel records the visible blue range (0.45 to 0.52  $\mu\text{m}$ ); the 2nd channel records the visible green range (0.52 to 0.60  $\mu\text{m}$ ); the 3rd channel records the visible red range (0.63 to 0.69  $\mu\text{m}$ ); the 4th channel records the invisible near-infrared range (NIR) (0.76 to 0.90  $\mu\text{m}$ ); the 5th channel records the invisible shortwave-infrared range (SWIR) (1.55 to 1.75  $\mu\text{m}$ ); the 6th channel records the invisible thermal-infrared range (TIR) (10.40 to 12.50  $\mu\text{m}$ ); the 7th channel records the invisible mid-infrared range (MIR) (2.08 to 2.35  $\mu\text{m}$ ). Only the 6th channel has a resolution of 120 m, while the other channels have a resolution of 30 m.

<sup>7</sup> Land used for agricultural purposes was observed within the *Arable land* class due to the approach of defining land cover/land use, by using two data sets for each observed year (spring and autumn). In autumn this land is visible as dug/plowed land, i.e. without vegetation. The reason for this is the agricultural crops grown in the area of Central Lika. In gardens that are located next to a house, vegetable crops (potatoes, cabbage, beans, onions and less often tomatoes and peppers) are most often grown, while cereals (barley, oats, rye, wheat, etc.), vegetable crops (potatoes, seed potatoes, cabbage, beans, onions, etc.), as well as fodder and livestock plants are most often grown on arable land (Jovanić 2017), which means that in early autumn the gardens were mostly dug and the fields plowed.



Slika 3. Konceptualni model pristupa pripreme multispektralnih podataka Landsata.  
Fig. 3 Conceptual model of the Landsat multispectral data preparation approach used in the paper.



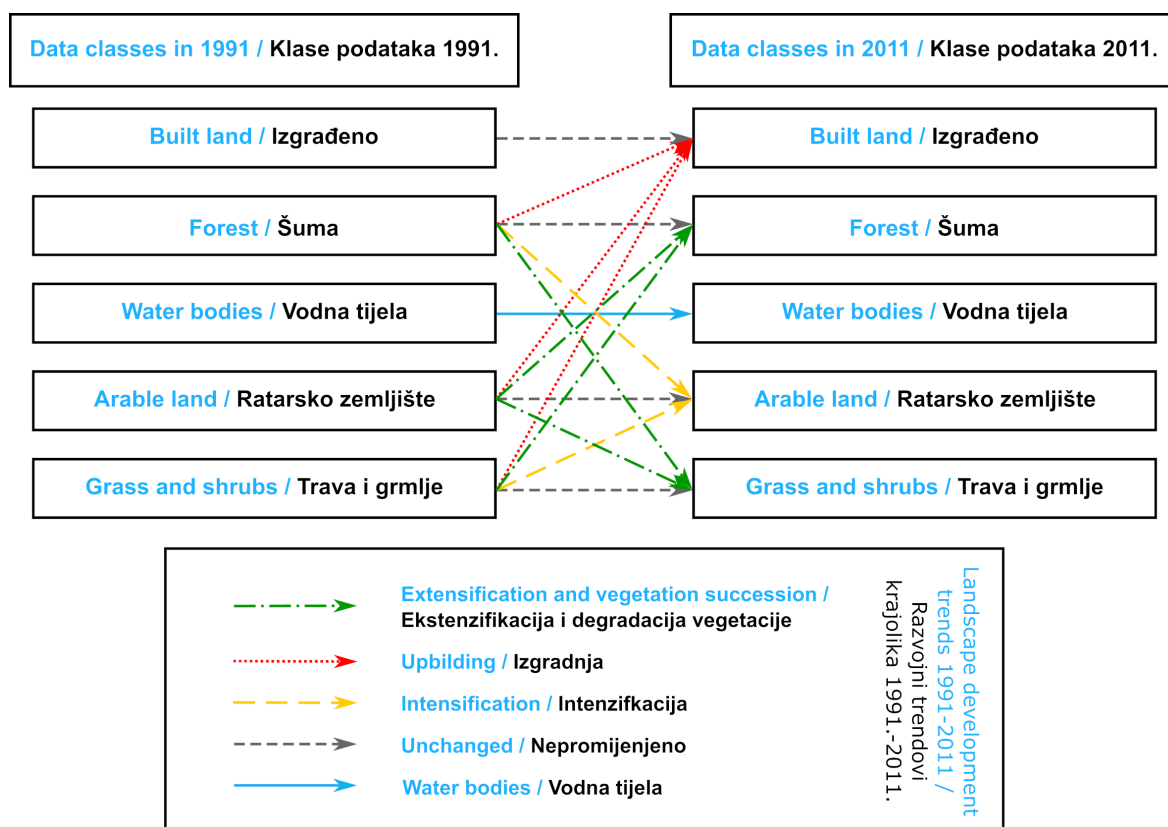


Fig. 4 Conceptual model of landscape development trends for the 1991–2011 period used in this paper.

Slika 4. Konceptualni model razvojnih trendova krajolika 1991–2011.

inter-census changes is presented graphically (Figure 5). The development trends determined on the basis of satellite images by using the computer program ENVI version 4.7 were analyzed, while the spatial analysis of census data, with inter-census changes detected for the observed period, was supported by the use of the program ArcGIS 10.0.

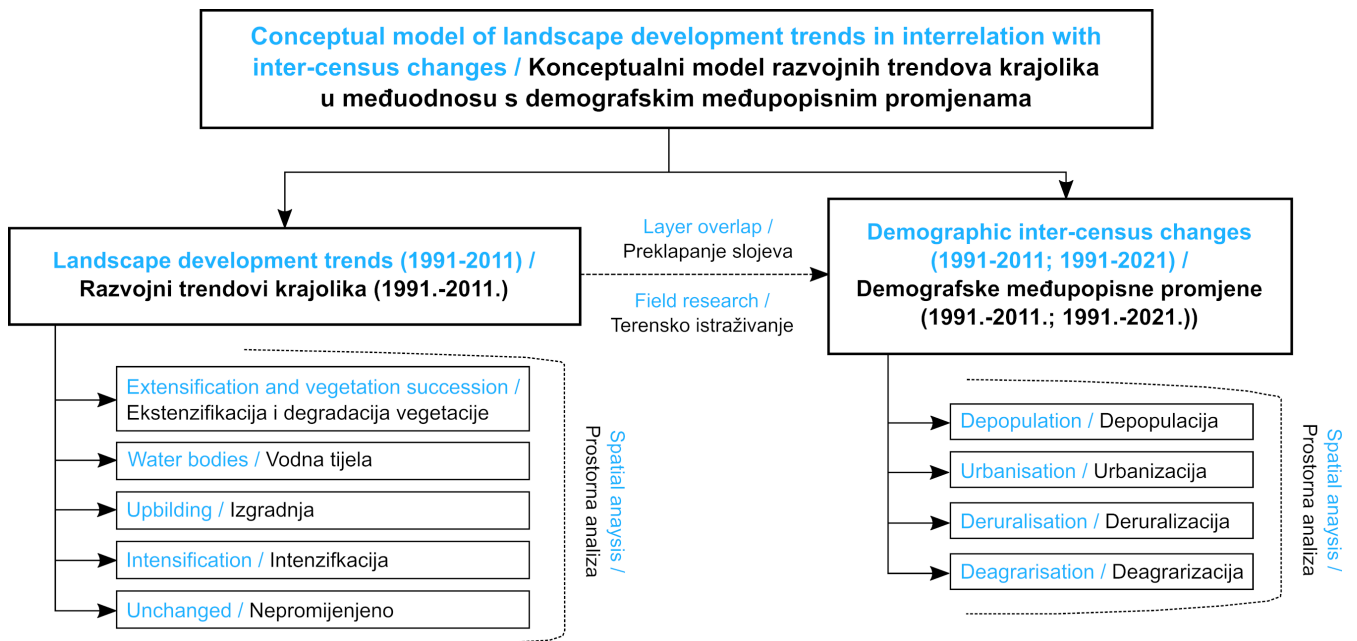
#### 2.4 Methodological Notes on the Use of Census Data

In this study, only the census data that refer to the total number of inhabitants and the number of agrarian population are used. All official censuses (1857–2021) were observed in order to gain insight into the longevity of certain demo(geo)graphic processes, and when using these censuses it is necessary to keep in mind their methodological differences that were the result of different census concepts and definitions. The censuses from 1857, 1948, 1953, 1961, 1971, 1981 and 1991 were conducted according to the concept of permanent population (so-called *de jure* population). The censuses from 1869, 1880, 1890, 1900, 1910, 1921 and 1931 were conducted according to the concept of the present population (so-called *de facto* population) (Nejašmić 1991, Lajić and Nejašmić 1994), whereas the last three censuses

(2001, 2011, 2021) were conducted according to the adapted concept of a usual place of residence. Taking into account the shortcomings of the incomplete harmonization due to these methodological differences (Pokos 2003, Lajić and Mišetić 2013), and in order to present general trends as accurately as possible, the official census results published on the official CBS website were used as factual.

The agrarian population was observed for each census year in the period (1991–2011)<sup>8</sup>. It should be noted that the available data from the CBS for 1991 and 2001 show data relating to the total agrarian population, which means that the data for these years are comparable. On the other hand, the data published by the CBS for 2011 refer to employees in agriculture, forestry and the fisheries. Since data on the agrarian population as such do not exist for 2011, this paper uses the indicated data used to gain insight into change trends, and analyzes them entirely at the level of the city/municipality

<sup>8</sup> At the time of writing, only the first results of the 2021 census were published and available, which refer to the total population, but data on the agrarian population or employees in agriculture, forestry and the fisheries were not published.



**Slika 5.** Konceptualni model razvojnih trendova krajolika u međuodnosu s demografskim međupopisnim promjenama.  
**Fig. 5** Conceptual model of landscape development trends used in this paper in interrelation to demographic inter-census changes.

**Prva faza** je računanje pokazatelja vegetacijskog indeksa normalizirane razlike (engl. *Normalized Difference Vegetation Index*, dalje u tekstu *NDVI*) za svaki od prethodno opisana četiri skupa podataka. Naime, s obzirom na to da je u ovom istraživanju ključan uvid u vegetaciju, potrebno je računanje vegetacije za svaki od četiri skupa podataka. U ovom se istraživanju koristi pokazatelj *NDVI* koji se temelji na kanalima crvenog i infracrvenog svjetla te omogućuje uvid u gustoću i stanje vegetacijskog pokrova (Isidoro i dr. 2012).

*NDVI* je dan izrazom (npr. Francis i Klopatek 2000, Campbell i Wynne 2011):

$$NDVI = \frac{(NIR - VIS)}{(NIR + VIS)}; \quad -1 \leq NDVI \leq 1$$

*NIR* – infracrveno svjetlo

*VIS* – vidljivo svjetlo

Vidljivo je da vrijednost pokazatelja *NDVI* poprima vrijednosti iz zatvorenog intervala od  $-1,0$  do  $+1,0$ . Naime, pokazatelj *NDVI* temelji se na činjenici da različite podloge reflektiraju različite vrste svjetla na različiti način. Time podloga koja je bez vegetacije, na primjer voda, apsorbira i reflektira podjednake vrste svjetla i vrijednost *NDVI* je približno  $0$  (od  $-0,1$  do  $+0,1$ ). S druge strane, fotosintetski aktivna vegetacija apsorbira većinu crvenog svjetla i reflektira puno infracrvenog svjetla i vrijednost pokazatelja *NDVI* veća je od  $0,4$ , a vrijednosti bliže  $1,0$  ukazuju na

postojanje fotosintetske vegetacije veće gustoće (npr. Francis i Klopatek 2000, Campbell i Wynne 2011).

**Druga faza** odnosi se na spajanje izdvojenih kanala te, za svaku od godina, razlikovanje kanala za proljeće i kanala za jesen. Naime, u ovom istraživanju upotrijebljenim računalnim programom, *ENVI* verzije 4.7, ispituje se postoji li razlika, odnosno promjena između promatranih kanala (proljeće/jesen) unutar promatrane godine.

**Treća faza** podrazumijeva testno područje (engl. *Research of Interest, ROI*) u sklopu nenadzirane klasifikacije. Pri tome su u ovom istraživanju definirane klase:

*Izgrađeno* (npr. prometnice/autocesta, naselja, izgrađeni objekti)

*Šuma* (npr. otvorena, zatvorena)

*Vodna tijela* (npr. rijeke, jezera)

*Ratarsko zemljište* (npr. oranice<sup>7</sup>)

*Trava i grmlje* (npr. pašnjaci, napuštena zemljišta/zemljišta u zarastanju).

<sup>7</sup> Zemljišta koja se koriste u ratarske svrhe su promatrana unutar klase *Ratarsko zemljište* zbog pristupa definiranja zemljišnog pokrova/načina korištenja zemljišta, pri čemu se za pojedinu promatrano godinu koriste dva skupa podataka (proljeće i jesen). Time je u jesen ovo zemljište vidljivo kao prekopano/preorano zemljište, odnosno bez vegetacije. Razlog tome su poljoprivredne kulture koje se uzgajaju na području Srednje Like. U vrtovima uz kuću najčešće se uzgajaju povrtni kulture (krumpir, kupus, grah, luk te rjeđe rajčica i paprika), a na oranicama se najčešće uzgajaju žitarice (jari ječam, zob, raž, pšenica i dr.), povrtni kulture (krumpir, sjemenski krumpir, kupus, grah, luk i dr.), te krmno i stočno bilje (Jovanić 2017), pa su u ranu jesen uglavnom vrtovi prekopani i njive preorane.

**Table 3** Data classes and changes for the observed period (1991–2011).  
**Tablica 3.** Klase podataka i promjena za promatrano razdoblje (1991–2011).

Data class / Klasa	1991	2011	Change / Promjena 1991-2011
Built land / Izgrađeno	0.8 %	2.7 %	+1.9 %
Forest / Šuma	41.1 %	42.2 %	+1.1 %
Water bodies / Vodna tijela	0.4 %	0.4 %	0.0 %
Arable land / Ratarsko zemljište	7.0 %	5.7 %	-1.3 %
Grass and shrubs / Trava i grmlje	50.6 %	49.0 %	-1.6 %

and Central Lika and compares them with data for 1991 and 2001. It should be noted that this is not observed in detail at the settlement level, because the data for 2011 for employees in agriculture, forestry and the fisheries in 54 settlements of Central Lika are marked "Z", which means that these employees are protected, i.e. that less than three inhabitants of the settlement are employed in these activities.

### 3 Results of the Study

According to the procedures described above, data classes were determined for the observed years (1991, 2011), and based on their interrelation, landscape development trends in the observed period were determined. Spatial analysis further determined their surface areas and spatial distribution. Demographic inter-census changes were also identified for the observed period. A synthesis of the obtained results provided insight into their interrelation, which contributed to a better understanding of the landscape development of Central Lika.

#### 3.1 Spatial Analysis of Landscape Development Trends

According to the procedure described above, data classes and their surface shares were determined for the observed years (1991, 2011) (Table 3), and shown cartographically (Figure 6). It is important to note that for the area of Central Lika in 1991 the total accuracy of classification was measured at 84.1%, and the value of the kappa coefficient at 0.79. For 2011, the total accuracy of classification was measured at 86.2% the value of the kappa coefficient at 0.81. Given the high values of these indicators, the accuracy levels are acceptable (e.g. Cvitanović 2014b, Jogun et al. 2017, Šetka et al. 2021).

In this paper, built land refer, for example, to settlements, roads/motorways, built land along the motorway and the like. However, as indicated above (Section

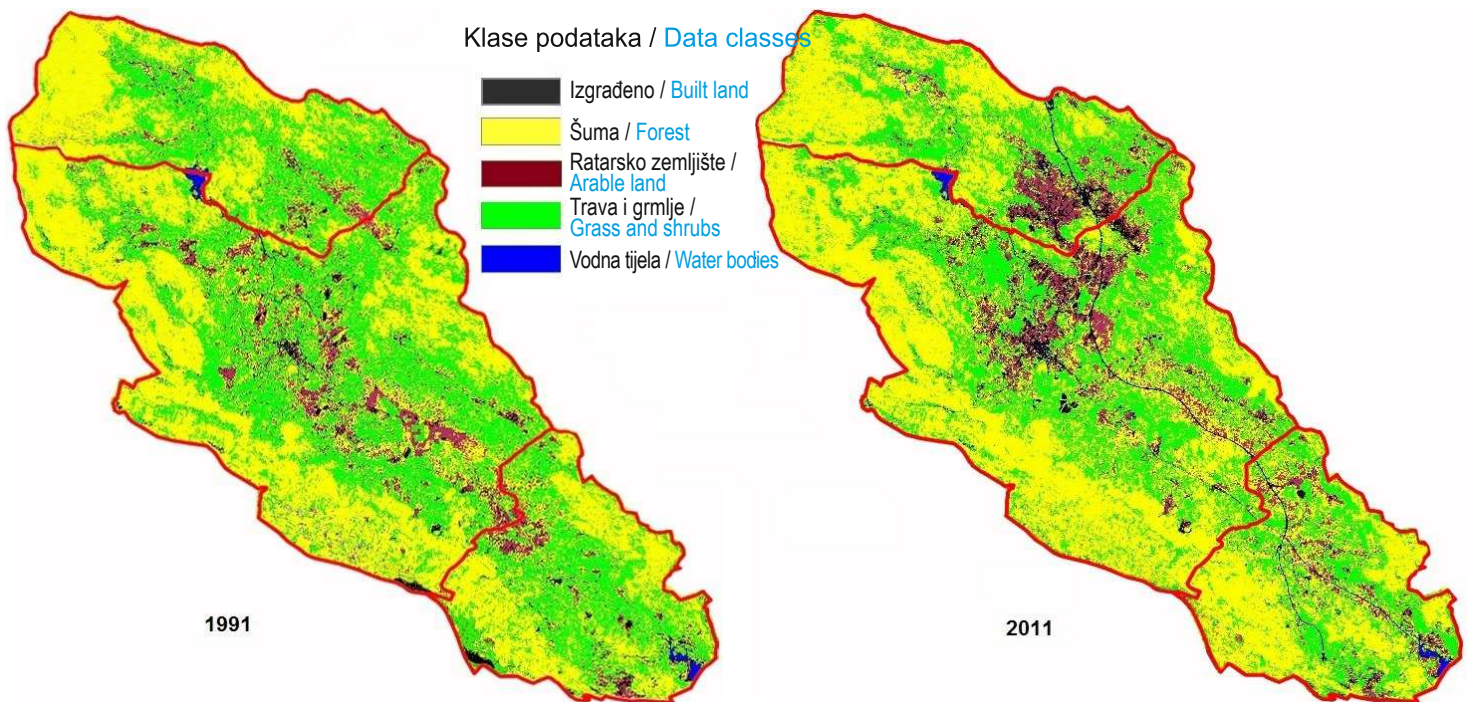
2.1), it should be taken into account that due to the resolution of the data used, not all objects are visible, but objects determined by the approach used in this study are considered factual. With the construction of the Zagreb – Split motorway, the built land is mostly located in the central area, closer to the Town of Gospić. The results of this research showed that in the observed period in the area of Central Lika the share of built land increased (from 0.8% in 1991 to 2.7% in 2011). According to the procedure used (described in Section 2.3), the landscape development trends were determined, and in this study the change of an area into built land is related to the development trend *Upbuilding*.

In both observed years, the class Forest, along with the class Grass and Shrubs, is the largest class in the area of Central Lika, with a tendency of an increasing surface share (from 41.1% in 1991 to 42.2% in 2011). Deciduous, coniferous and mixed forests are represented, and they are mostly located on the outskirts of Central Lika. For example, deciduous forests that are the natural vegetation cover of this area have been preserved on the slopes of Velebit and in higher, less accessible parts of the Ličko sredogorje mountain range (Hamzić 2021b according to Pejnović 1985). Also, in the third stage of vegetation succession, due to the reduction in agricultural activities and the neglect of agricultural land over a longer period of time, forest areas are developing (Jovanić 2017, Hamzić 2021b).

As previously stated (Section 2.2), arable land is the name of the class that in this study refers to land (e.g. plough-land) on which mostly vegetable crops and cereals are grown. One of the smallest surface areas was determined for this class, and in the observed period a decrease in the surface share was determined (from 7.0% in 1991 to 5.7% in 2011). In the area of Central Lika, this type of land is located closer to its central area.

Grass and shrubs in this study refer to pastures, abandoned land, overgrown land (shrubs) and the like. Due to a reduction in agricultural activities over a longer





**Slika 6.** Srednja Lika prema klasama podataka (1991–2011).  
**Fig. 6** Central Lika observed by data classes (1991–2011).

### 2.3. Metodološke napomene uz uspostavu razvojnih trendova krajolika

Razvojni trendovi krajolika u ovom su radu uspostavljeni temeljem usporedbe prethodno uspostavljenih klasa za godine 1991. i 2011. (slika 4). Razvojni trendovi krajolika Srednje Like definirani su prema sljedećim uvjetima:

- 1) *Ekstenzifikacija i degradacija vegetacije* (npr. zemljište koje je 1991. ratarsko zemljište ili trava i grmlje, a 2011. je promijenjeno u travu i grmlje ili šumu)
- 2) *Izgradnja* (zemljište koje 1991. nije izgrađeno, a 2011. je promijenjeno u izgrađeno)
- 3) *Intenzifikacija* (zemljište koje 1991. je trava i grmlje ili šuma, a 2011. je promijenjeno u ratarsko zemljište)
- 4) *Nepromijenjeno* (1991. i 2011. su iste klase)
- 5) *Vodna tijela* (vodna tijela 1991. i/ili 2011.)

Korišteni konceptualni model razvojnih trendova krajolika u međuodnosu s demografskim međupopisnim promjenama grafički je prikazan na slici 5. Pri tome su analizirani razvojni trendovi koji su uspostavljeni iz satelitskih snimki uporabom računalnog programa ENVI verzije 4.7, dok je prostorna analiza popisnih podataka, pri čemu su za promatrano razdoblje uočene međupopisne promjene, potpomognuta uporabom programa ArcGIS 10.0.

### 2.4. Metodološke napomene uz upotrebu popisnih podataka

U ovom istraživanju se koriste podatci koji se odnose na ukupni broj stanovnika te na broj poljoprivrednog stanovništva. Promatrani su svi službeni popisi (1857–2021) kako bi se takvom temeljnom analizom dobio uvid u dugotrajnost pojedinih demografskih procesa, a pri upotrebi navedenih popisa stanovništva potrebno je imati u vidu metodološke razlike zbog različitih popisnih koncepcija i definicija. Prema koncepciji stalnog stanovništva (tzv. *de iure* stanovništvo) provedeni su popisi 1857., 1948., 1953., 1961., 1971., 1981. i 1991. godine. Prema koncepciji prisutnog stanovništva (tzv. *de facto* stanovništvo) provedeni su popisi 1869., 1880., 1890., 1900., 1910., 1921. i 1931. godine (Nejašmić 1991, Lajić i Nejašmić 1994), a posljednja tri popisa (2001., 2011., 2021.) provedena su prema prilagođenoj koncepciji uobičajenog mjesta stanovanja. Uzimajući u obzir nedostatke nepotpune usklađenosti zbog metodoloških razlika (Pokos 2003, Lajić i Mišetić 2013), a u namjeri što vjernijega prikaza općih trendova, kao činjenični su korišteni službeni popisni rezultati objavljeni na službenim stranicama DZS-a.



period of time, arable land is neglected, and in the first stage of vegetation succession grassland develops, while in the second stage medium-tall vegetation (shrubs) develops. It can be said that in the area of Central Lika they are predominantly located between agricultural areas and forests, and the results showed that in the observed period there is a decrease in their surface share (from 50.6% in 1991 to 49.0% in 2011).

Related to the classes Forest, Arable Land and Grass and Shrubs, in this paper the development trends *Extensification and Succession of Vegetation* and *Intensification* have been determined. The development trend *Extensification and succession of vegetation* actually comprises the trend related to deforestation, i.e. the succession of vegetation (change of forest into grass and shrubs) as well as trends related to reforestation (change of arable land into forest; and of grass and shrubs into forest) and the succession of vegetation of the first stage (change of arable land into grass and shrubs). The results showed that this development trend is present in 7.6% of the area of Central Lika, mostly on the outskirts. The high representation of this development trend is in line with the processes that are characteristic of Croatian rural karst areas in the hinterland (Fuerst-Bjeliš et al. 2011).

In this paper, the development trend *Intensification* refers to the change of forest and grass and shrubs into arable land, i.e. more intensive use of land for agricultural purposes. It was found that this development trend accounts for 2.8% of the area of Central Lika, mainly in the central area. *Unchanged* (87.7% of the area) is the largest development trend in terms of surface area, and is present in the entire area of Central Lika.

Although the area of Central Lika abounds in various water bodies, due to the characteristics of the data used, water bodies in this study refer only to Krušičko Lake, Štikada Lake with the Ričice Lake and a retention basin at the Obsenica sinking river. Thus, in both observed years, this class is the smallest in terms of surface area (0.4% in 1991, 0.4% in 2011). Namely, there were no significant projects related to water bodies in the observed period, and any changes in the observed period would be related to the water level.

### 3.2 Spatial Analysis of Demographic Trends

The basic analysis of demographic trends, which included a review of the published data of all general and official censuses so far (1857–2021), was presented earlier in the paper (Section 1.2). This provided a comprehensive overview of the numerical dynamics, i.e. demographic trends of Central Lika in the wider time

frame, and a better understanding of current demographic changes and processes in the landscape. What should be pointed out is that the depopulation of Central Lika area began in the early 20th century, and that a continuous decrease in total population has been recorded since 1931, and that the consequences of such a reduction in the total population number since the 20th century are visible in the landscape through natural succession and slight reforestation (Fuerst-Bjeliš et al. 2000).

A more detailed demographic analysis of Central Lika was conducted for the 1991–2021 time frame, whereat differences at the level of local self-government units and settlements were observed. The observed thirty-year period is marked by further emigration of the population and demographic losses and consequences of the Homeland War (1991–1995), which additionally aggravated the current economic and demographic processes (e.g. Štambuk 1998, Pejnović 2004, Turk 2009, Živić 2009, Krištofić, 2010, Turk et al. 2015). However, somewhat more positive trends have also been recorded, such as the return of a part of the population who emigrated to other parts of the Republic of Croatia and abroad due to the Homeland War (Hamzić 2021a), and significant immigration from other neighboring countries, mostly Bosnia and Herzegovina (Turk et al. 2015). It is a positive trend that with the construction of the Zagreb – Split motorway in 2004, the area of Central Lika came to the fore again<sup>9</sup>. This created the conditions for higher employment levels, the opening of entrepreneurial zones and a faster development of tourism, small business and agriculture (Sić 2009). As part of this, in the 2001–2011 inter-census period a slight increase in the population of individual settlements was recorded. However, migration to other centers of work from local self-government units in Central Lika to other areas continued, and in the 2001–2011 period in 62.82% of settlements one of the emigration types of general population trends was recorded (Hamzić 2021a). As a result, the number of inhabitants in all settlements decreased (Figure 7). Since the official censuses exist, the last census (2021) recorded the lowest population (14,408) and population density (8.5 inhabitants/km<sup>2</sup>) for the total area of Central Lika as well as for all local government units: the Town of Gospić (11,464 inhabitants; 11.9 inh./km<sup>2</sup>), the Municipality of Perušić (1,987 inhabitants; 5.2 inh./km<sup>2</sup>) and the Municipality of Lovinac (957 inhabitants; 2.8 inh./km<sup>2</sup>) (DZS 2022).

Consequently, at the level of settlements in the observed period (1991–2021), only the intensity of the

<sup>9</sup> Namely, it is noticeable that areas with poorer transport accessibility often have less favorable demographic indicators (Turk and Šimunić 2016).

Poljoprivredno stanovništvo je promatrano za svaku popisnu godinu u razdoblju (1991.–2011.).<sup>8</sup> Pri tome je potrebno napomenuti da su u dostupnim podacima DZS-a za 1991. i 2001. prikazani podatci koji se odnose na ukupno poljoprivredno stanovništvo i time su podatci za navedene godine međusobno usporedivi. S druge strane, podatci koje je objavio DZS za 2011. odnose se na zaposlene u poljoprivredi, šumarstvu i ribarstvu. S obzirom na to da podatci o samom poljoprivrednom stanovništvu za 2011. ne postoje, u ovom radu su navedeni podatci korišteni u namjeri dobivanja uvida u trendove promjene te su kao takvi na razini grada/općine i Srednje Like u cjelini analizirani i uspoređivani s podacima za 1991. i 2001. Potrebno je napomenuti da navedeno nije detaljno promatrano na razini naselja, jer podatci za 2011. za zaposlene u poljoprivredi, šumarstvu i ribarstvu su kod 54 naselja Srednje Like pod oznakom Z, što znači da su zaštićeni, odnosno da se tim djelatnostima bavi manje od tri stanovnika tog naselja.

### 3. Rezultati istraživanja

Prema prethodno opisanim postupcima za promatrane godine 1991. i 2011. utvrđene su klase podataka te su temeljem njihovog međuodnosa utvrđeni razvojni trendovi krajolika u promatranom razdoblju. Prostornom analizom su utvrđene njihove površine i prostorna raspoređenost. Također su u promatranom razdoblju utvrđene demografske međupopisne promjene. Sintezom dobivenih rezultata dobiven je uvid u njihove međuodnose što je doprinijelo boljem razumijevanju razvoja krajolika Srednje Like.

#### 3.1. Prostorna analiza razvojnih trendova krajolika

Prema prethodno opisanom postupku su za promatrane godine 1991. i 2011. uspostavljene klase podataka i njihovi površinski udjeli (tablica 3) uz kartografski prikaz (slika 6). Pri tome je važno napomenuti da je za područje Srednje Like za 1991. godinu ukupno izmjerena točnost klasifikacije 84,1 %, a vrijednost kapa koeficijenta 0,79. Promatrajući za 2011. godinu, ukupno je bila izmjerena točnost klasifikacije od 86,2 % i vrijednost kapa koeficijenta 0,81 te se s obzirom na visoke vrijednosti navedenih pokazatelja može reći da su prihvatljive točnosti (npr. Cvitanović 2014b, Jogan i dr. 2017, Šetka i dr. 2021).

<sup>8</sup> U trenutku pisanja rada bili su objavljeni i dostupni samo prvi rezultati popisa stanovništva iz 2021. godine u kojima su objavljeni podatci o ukupnom broju stanovnika, a nisu objavljeni podatci o poljoprivrednom stanovništvu, odnosno zaposlenim u poljoprivredi, šumarstvu i ribarstvu.

Izgrađeno područje u ovom istraživanju se odnosi, na primjer, na naselja, prometnice/autocestu, izgrađeno zemljište uz autocestu i slično. Međutim, kako je prethodno navedeno (poglavlje 2.1), potrebno je uzeti u obzir da zbog rezolucije podataka nisu vidljivi svi objekti, ali se objekti promatraju kao činjenični. Uz izgradnju autoceste Zagreb – Split, izgrađeno područje pretežno je smješteno u središnjem području, bliže gradu Gospiću. Rezultati ovoga istraživanja su pokazali da se u promatranom razdoblju na području Srednje Like povećao udio izgrađenog područja (sa 0,8 % 1991., na 2,7 % 2011.). Prema (u poglavlju 2.3) opisanom postupku uspostavljeni su razvojni trendovi krajolika te je u ovom istraživanju promjena u izgrađeno zemljište povezana s razvojnim trendom *Izgradnja*.

U obje promatrane godine Šuma je, uz klasu Trava i grmlje, površinski najveća klasa na području Srednje Like, s tendencijom povećanja površinskog udjela (sa 41,1% 1991., na 42,2 % 2011.). Zastupljene su bjelogorične, crnogorične i mješovite šume, a pretežno su smještene na rubnim područjima Srednje Like. Na primjer, bjelogorične šume koje su prirodni vegetacijski pokrov tog područja sačuvane su na padinama Velebita i na višim, slabije pristupačnim dijelovima Ličkog sredogorja (Hamzić 2021b prema Pejnović 1985). Također, u trećoj fazi vegetacijske sukcesije se, zbog smanjenja bavljenja poljoprivredom i zapuštanjem poljoprivrednog zemljišta kroz duže vremensko razdoblje, razvijaju šumska područja (Jovanić 2017, Hamzić 2021b).

Ratarsko zemljište je, kako je prethodno navedeno (poglavlje 2.2.), naziv klase koja se u ovom istraživanju odnosi na zemljišta (npr. oranice) na kojima se uzgajaju pretežno povrtne kulture i žitarice. Za tu klasu utvrđena je jedna od najmanjih površina te je u promatranom razdoblju utvrđeno smanjenje površinskog udjela (sa 7,0 % 1991., na 5,7 % 2011.). Na području Srednje Like su ta zemljišta smještena bliže središnjem području.

Trava i grmlje se u ovom istraživanju odnosi na pašnjake, napuštena zemljišta, zemljišta u zarastanju (grmlje) i slično. Zbog smanjenja bavljenja poljoprivredom kroz duže vremensko razdoblje se zapuštanjem ratarskog zemljišta, u prvoj fazi vegetacijske sukcesije razvija travnato zemljište, dok se u drugoj fazi razvija srednje visoko raslinje (grmlje). Može se reći da se na području Srednje Like položajno pretežno nalaze područja između poljoprivrednog i šuma, a rezultati su pokazali da u promatranom razdoblju dolazi do smanjenja njihovog površinskog udjela (sa 50,6 % 1991., na 49,0 % 2011.).

Povezano s klasama Šuma, Ratarsko zemljište te Trava i grmlje, u ovom su radu uspostavljeni razvojni trendovi *Ekstenzifikacija i degradacija vegetacije* te *Intenzifikacija*. Pri tome je razvojni trend *Ekstenzifikacija* i





*degradacija vegetacije* zapravo sadržan od trenda koji se odnosi na deforestaciju, odnosno degradaciju vegetacije (promjenu šume u travu i grmlje) te od trendova koji se odnose na reforestaciju (promjenu ratarskog zemljišta u šumu, trave i grmlja u šumu) i sukcesiju vegetacije prve faze (promjenu ratarskog zemljišta u travu i grmlje). Rezultati su pokazali da je taj razvojni trend zastupljen na 7,6 % područja Srednje Like, pretežno na rubnim područjima. Visoka zastupljenost tog razvojnog trenda je sukladna procesima koji su karakteristični za hrvatska ruralna krška područja u zaleđu (Fuerst-Bjeliš i dr. 2011).

Razvojni trend *Intenzifikacija* u ovom se radu odnosi na promjenu šume te trave i grmlja u ratarsko zemljište, odnosno intenzivnije korištenje zemljišta u poljodjelske svrhe. Utvrđeno je da se na taj razvojni trend odnosi 2,8% površine Srednje Like, uglavnom na središnjem području. *Nepromijenjeno* (87,7 % površine) je površinski najveći razvojni trend koji je zastupljen na cijelom području Srednje Like.

Premda područje Srednje Like obiluje različitim vodnim objektima, zbog karakteristika korištenih podataka, vodna tijela u ovom istraživanju odnose se samo na Krušičko jezero, jezero Štikada s jezerom Ričice te retenciju na ponornici Obsenica. Time je u obje promatrane godine ta klasa površinski najmanja (0,4 % 1991., 0,4 % 2011.). Naime, u promatranom razdoblju nije došlo do značajnih vodnih zahvata te bi se promjene u promatranom razdoblju odnosile na visinu vodostaja.

### 3.2. Prostorna analiza demografskih kretanja

Temeljna analiza demografske dinamike koja podrazumijeva uvid u objavljene podatke svih općih, odnosno službenih popisa stanovništva do sada (1857–2021), prikazana je prethodno u radu (poglavlje 1.2). Time se dobio sveobuhvatni pogled na brojčanu dinamiku, odnosno demografska kretanja Srednje Like u širem vremenskom okviru te bolje razumijevanje trenutnih demografskih promjena i procesa u krajoliku. Značajno je da je depopulacija područja Srednje Like počela već početkom 20. stoljeća te da se kontinuirano smanjenje ukupnog broja stanovnika bilježi od 1931. godine, a posljedice takvog smanjenja ukupnog broja stanovnika od 20. stoljeća su vidljive i u krajoliku kroz prepuštanje zemlje prirodnoj sukcesiji i laganoj reforestaciji (Fuerst-Bjeliš i dr. 2000).

Detaljnija demografska analiza Srednje Like provedena je za vremenski okvir 1991–2021 pri čemu su promatrane razlike na razini jedinice lokalne samouprave te naselja. Promatrano tridesetogodišnje razdoblje obilježavaju daljnja iseljavanja stanovništva te demografski gubitci i posljedice Domovinskog rata (1991–1995) čime

su pogoršani prisutni gospodarski i demografski procesi (npr. Štambuk 1998, Pejnović 2004, Turk 2009, Živić 2009, Krištofić, 2010, Turk i dr. 2015). Međutim, nešto pozitivniji trendovi kao što su povratak dijela stanovništva, koji su iseljeni u druga područja Republike Hrvatske i u inozemstvo zbog Domovinskog rata (Hamzić, 2021a) te značajno useljavanje stanovništva iz drugih susjednih zemalja, ponajviše iz Bosne i Hercegovine (Turk i dr. 2015). Dobro je što je izgradnjom autoceste Zagreb – Split 2004. godine ponovno u prvi plan došlo i područje Srednje Like.<sup>9</sup> Pri tome su stvoreni i uvjeti za veću zaposlenost, zatim otvaranje poduzetničkih zona te brži razvoj turizma, malog poduzetništva i poljoprivrede (Sić 2009). Tako je u međupopisnom razdoblju 2001–2011 došlo do laganog porasta broja stanovnika pojedinih naselja. Međutim, nastavljene su migracije prema drugim središtima rada izvan granica svojih jedinica lokalne samouprave, odnosno okvira Srednje Like, pa je u razdoblju 2001–2011 u 62,82 % naselja zabilježen jedan od emigracijskih tipova općeg kretanja stanovništva (Hamzić 2021a). Kao rezultat navedenog, u svim je naseljima došlo do pada broja stanovnika (slika 7). Time je, od kada postoje službeni popisi stanovništva, u posljednjem popisu (2021.) za ukupno područje Srednje Like zabilježen najmanji broj stanovnika (14 408) i gustoća naseljenosti (8,5 st/km<sup>2</sup>), kao i za sve jedinice lokalne samouprave: Grad Gospić (11 464 stanovnika; 11,9 st/km<sup>2</sup>), Općina Perušić (1 987 stanovnika; 5,2 st/km<sup>2</sup>) i Općina Lovinac (957 stanovnika; 2,8 st/km<sup>2</sup>) (DZS 2022).

Posljedično se na razini naselja u promatranom razdoblju (1991–2021) zapravo može pratiti samo intenzitet smanjenja ukupnog broja stanovnika. S obzirom na to da trenutno Lika ima sva obilježja ruralne periferije koja ne iskorištava svoje prirodne razvojne potencijale (Šimunić i Turk 2017), u cilju poboljšanja postojećeg stanja bilo bi dobro provesti proces deperiferizacije. Pod tim se pojmom podrazumijeva uklanjanje perifernih obilježja stvaranjem novih centralnih funkcija koje bi omogućile zapošljavanje i ekonomski razvoj (Turk 2021).

Ipak, kako je vidljivo (slika 7), u najrazvijenijim dijelovima jedinica lokalne samouprave, u sjedištima, zabilježena su manja smanjenja, tj. povoljnije vrijednosti indeksa promjene broja stanovnika u odnosu na pripadajuće jedinice lokalne samouprave. Time se u promatranom razdoblju uz depopulaciju, koja se bilježi na cijelom području Srednje Like, zbog nešto povoljnije situacije u sjedištima jedinica lokalne samouprave, napose

<sup>9</sup> Naime, primjetno je da prostori s lošijom vremenskom prometnom dostupnošću nerijetko imaju nepovoljnije demografske pokazatelje (Turk i Šimunić 2016).



decrease in the total population can be monitored. Given that Lika currently has all the features of a rural periphery that does not exploit its natural development potentials (Šimunić and Turk 2017), it would be good to conduct a process of deperipheralization in order to improve the existing situation. This term implies the removal of peripheral features by creating new central functions that would enable employment and economic development (Turk 2021).

However, as evident in Figure 7, in the most developed parts of local self-government units, their seats, smaller reductions were recorded, i.e. more favorable values of the population change index compared to the corresponding local self-government units as a whole. Thus, in the observed period, in addition to depopulation, which is recorded in the entire area of Central Lika, due to a somewhat more favorable situation in the seats of local self-government units, particularly in the Town of Gospić<sup>10</sup>, deruralisation and urbanisation are actually also taking place in the area of Central Lika.

Based on the spatial analysis of census data at the settlement level, it can be stated that the decline in the total number of inhabitants is more pronounced in peripheral areas, while in settlements closer to the Town of Gospić it is less intense. Consequently, along with the settlements of Novoselo Trnovačko (change index for 1991–2011 is 75.0; and for 1991–2021 it is 83.0) and Brušane (change index 75.7; 71.2), Gospić (change index 72.9; 70.2) has the least negative indicators, i.e. the lowest decline in the total population during this period. Also, it can be seen from Figure 7 that settlements closer to Gospić recorded lower population declines, i.e. more favorable change indices, such as Lički Osik (change index for 1991–2011 is 66.3; change index for 1991–2021 is 49.6), as well as that according to the last census (from 2021) they recorded a slight increase in population (e.g. Novoselo Bilajsko recorded a change index of 71.34 for 1991–2011; and of 74.5 for 1991–2021; Smiljan 75.32; 80.0; Žabica 65.2; 75.6) (DZS 2020a, 2020b, 2022).

In addition to trends in the total population number, the observation of the development trends of the landscape was also observed in interrelation with the trends in agrarian population. Deagrarianisation has been present in the area of Central Lika since the mid 20th century (Pejnović 1985), and the analysis of census data in the 1991–2011 period found a further reduction in agricultural activity in all towns/municipalities, as well as in the area of Central Lika as a whole, from 10.4% to 2.7% (DZS 2021a, 2021b, 2021c) (Figure 8).

This can be confirmed at the level of settlements since in the 1991–2001 inter-census period a decrease in the share of agrarian population was recorded in 68 settlements of Central Lika (DZS 2021a, 2021c)<sup>11</sup>. The decrease in the share of agrarian population is present in most settlements in Central Lika, while the individual settlements in which there has been an increase in the share have been traditionally more focused on agriculture.

## 4 Discussion

By using Landsat multispectral data, more precisely sets of data related to spring and autumn, for the years 1991 and 2011, this paper determined data classes. Then, based on a comparison with previously established classes, i.e. by using the conceptual model of landscape development trends of Central Lika (Section 2.3), the landscape development trends of Central Lika were determined for the 1991–2011 period. Furthermore, by using the conceptual model of landscape development trends (described in Section 2.3) in interrelation to demographic inter-census changes, a better insight into the observed interrelations was obtained. The paper determined that *Unchanged* (87.7% of the area) is the largest development trend in terms of surface area, and is present in the entire area of Central Lika. However, it is somewhat less represented in the central area, closer to the Town of Gospić, but also near Lički Osik and Perušić. Namely, the development trends *Upbuilding* and *Intensification* are represented in the central area. *Upbuilding* implies a change into built land during the observed period. This can determine the connection between the construction of structures (e.g. residential buildings) and the least negative indicators related to the number of inhabitants, and the process of urbanisation. *Upbuilding* (1.5 %) is one of the least significant development trends in terms of surface area, which is in line with the presented negative demographic trends, and in the observed period there was no significant increase in constructed structures. Also, using the data from satellite images, except for the Zagreb – Split motorway and associated facilities built in 2004, other newly built roads are less visible.

<sup>11</sup> This data cannot be displayed for 2011. Namely, as explained in Section 2.4, in the census data related to this population for 2011, as many as 54 settlements in Central Lika are marked "Z", which means that they are protected, i.e. that less than three inhabitants of this settlement are engaged in these activities. Also, for this census year (2011) the data refer to the activities of agriculture, forestry and the fisheries, and are not fully comparable with the data of the two previous censuses (1991, 2001).

<sup>10</sup> In the research area, Gospić is the only urban-type settlement and has the highest level of socio-geographical functions: administrative, health-care, educational, cultural, etc.

u gradu Gospiću,<sup>10</sup> na području Srednje Like zapravo odvijaju i deruralizacija, odnosno urbanizacija.

Temeljem prostorne analize popisnih podataka na razini naselja može se ustvrditi da je pad ukupnog broja stanovnika jačeg intenziteta na rubnim područjima, dok je u naseljima bliže gradu Gospiću on ipak slabijeg intenziteta. Posljedično, uz naselja Novoselo Trnovačko (indeks promjene za 1991–2011 je 75,0; a za 1991–2021 je 83,0) i Brušane (indeks promjene 75,7; 71,2), u tom razdoblju Gospić (indeks promjene 72,9; 70,2) ima najmanje negativne pokazatelje, tj. najmanji pad ukupnog broja stanovnika. Također, na slici 7 je vidljivo da naselja bliže Gospiću bilježe manje padove broja stanovnika, odnosno povoljnije indekse promjena – Lički Osik (indeks promjene za 1991–2011 je 66,3; indeks promjene za 1991–2021 je 49,6), kao i da prema posljednjem popisu stanovništva (iz 2021.) bilježe blagi porast stanovnika (npr. Novoselo Bilajsko indeks promjene za 1991–2011 je 71,34; a za 1991–2021 je 74,5; Smiljan 75,32; 80,0; Žabica 65,2; 75,6) (DZS 2020a, 2020b, 2022).

Uz kretanje ukupnog broja stanovnika, razvojni trendovi krajolika promatrani su i u međuodnosu s kretanjem poljoprivrednog stanovništva. Deagrarijacija je na području Srednje Like prisutna od sredine 20. stoljeća (Pejnović 1985), a analizom popisnih podataka je u razdoblju 1991–2011 utvrđeno daljnje smanjenje bavljena poljoprivrednom djelatnosti u svim gradovima/općinama, kao i na području Srednje Like u cjelini – sa 10,4 %, na 2,7 % (DZS 2021a, 2021b, 2021c) (slika 8).

Navedeno se može potvrditi i na razini naselja, pri čemu je u međupopisnom razdoblju 1991–2001 došlo do smanjenja udjela poljoprivrednog stanovništva u 68 naselja Srednje Like (DZS 2021a, 2021c).<sup>11</sup> Smanjenje udjela poljoprivrednog stanovništva prisutno je kod većine naselja Srednje Like, dok su pojedina naselja u kojima je došlo do povećanja udjela tradicionalno (od ranije) više usmjerena na poljoprivredu.

#### 4. Rasprava

Upotrebom multispektralnih podataka Landsata, točnije skupova podataka koji se odnose na proljeće i

jesen za godine 1991. i 2011., u radu su utvrđene klase podataka. Potom su, temeljem usporedbe prethodno uspostavljenih klasa, odnosno upotrebom konceptualnog modela razvojnih trendova krajolika Srednje Like (poglavlje 2.3), uspostavljeni razvojni trendovi krajolika Srednje Like u razdoblju 1991–2011. Nadalje, s pomoću (u poglavlju 2.3) opisanog konceptualnog modela razvojnih trendova krajolika u međuodnosu s demografskim međupopisnim promjenama dobio se bolji uvid u promatrane međuodnose. U radu je utvrđeno da je *Nepromijenjeno* (87,7 % površine) površinski najveći razvojni trend koji je zastupljen na cijelom području Srednje Like. Ipak je nešto manje zastupljen u središnjem području, bliže gradu Gospiću, ali i Ličkom Osiku te Perušiću. Naime, na središnjem području je zastupljen razvojni trend *Izgradnja* te *Intenzifikacija*. *Izgradnja* podrazumijeva u promatranom razdoblju promjenu u izgrađeno zemljište. Time se može utvrditi povezanost izgradnje objekata (npr. stambeni objekti) i najmanje negativnih pokazatelja vezanih za broj stanovnika te procesa urbanizacije. *Izgradnja* (1,5 %) je jedan od površinski najmanjih razvojnih trendova, što je sukladno prikazanim negativnim demografskim kretanjima te u promatranom razdoblju nije došlo do značajnijeg povećanja izgrađenih objekata. Također, na satelitskim snimkama, osim autoceste Zagreb – Split i pripadajućih objekata izgrađenih 2004. godine, ostale novoizgrađene prometnice su slabije vidljive.

Razvojni trend *Intenzifikacija* je površinski manjeg udjela (2,8 %) te podrazumijeva promjenu iz trave i grmlja ili šume u ratarsko zemljište. To se ponajviše odnosi na prenamjenu travnatog zemljišta, odnosno grmlja/sukcesije šume u zemljište koja koriste obiteljska poljoprivredna gospodarstva koja su otvorena u tom razdoblju i bave se poljodjelstvom i stočarstvom (Hamzić i Fuerst-Bjeliš 2021). Taj razvojni trend je pretežno zastupljen bliže središnjem prostoru Srednje Like, gdje su utvrđena povoljnija, odnosno najmanje negativna demografska kretanja.

Uz razvojni trend *Nepromijenjeno*, *Ekstenzifikacija* i *degradacija vegetacije* (7,6 %) je površinski najzastupljeniji razvojni trend te, kako je navedeno (poglavlje 3.1), zapravo je sadržan od procesa koji se odnose na sukcesiju vegetacije prve faze, deforestaciju i reforestaciju, odnosno treću fazu sukcesije vegetacije (Jovanić 2017, Hamzić i Fuerst-Bjeliš 2021). Značajni površinski udio toga razvojnog tipa može se, između ostalog, povezati s negativnim demografskim međupopisnim promjenama prikazanim u radu, odnosno procesom deruralizacije i deagrarijacije.

Rezultati dobiveni u ovom istraživanju sukladni su procesima većine ruralno gorsko/planinskih područja

<sup>10</sup> Gospić je na području istraživanja jedino naselje gradskog tipa i ima najviši stupanj socio-geografskih funkcija: upravno-administrativne, zdravstvene, obrazovne, kulturne i dr.

<sup>11</sup> Taj podatak se ne može prikazati za 2011. godinu. Naime, kako je pojašnjeno u poglavlju 2.4, u popisnim podacima koji se odnose na ovo stanovništvo za 2011. godinu je kod čak 54 naselja Srednje Like oznaka Z, što znači da su zaštićeni, odnosno da se tim djelatnostima bavi manje od tri stanovnika tog naselja. Također, kod te popisne godine (2011.) podatci se odnose na djelatnosti poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, te nisu u potpunosti usporedivi s podacima dva prethodna popisa (1991, 2001).

The development trend *Intensification* is of a smaller share in terms of surface area (2.8%) and implies a change from grass and shrubs or forest to arable land. This mostly refers to the conversion of grasslands and shrubs/forest succession into land used by family farms that began operating in this period and are engaged in agriculture and live-stock breeding (Hamzić and Fuerst-Bjeliš 2021). This development trend is mostly represented closer to the central area of Central Lika, where more favorable, i.e. the least negative demographic trends have been identified.

Along with the development trend *Unchanged*, the trend *Extensification and succession of vegetation* (7.6%) is the most represented development trend in terms of surface area and, as indicated above (Section 3.1), actually comprises processes related to the first stage of vegetation succession, deforestation and reforestation, and the third stage of vegetation succession (Jovanić 2017, Hamzić and Fuerst-Bjeliš 2021). The significant surface share of this development type can be related, among other things, to the negative demographic inter-census changes presented in the paper, i.e. the process of deruralisation and deagrarisation.

The results obtained in this study are consistent with the processes of most rural mountainous areas of the Republic of Croatia. Taking into account that in some studies the process of the neglect of the agricultural landscape was observed as a consequence of the negative processes of depopulation (e.g. Kladnik et al. 2009, Hamzić and Fuerst-Bjeliš 2021) and population aging (e.g. Kladnik et al. 2009), in some karst areas, vegetation succession can still be viewed as a positive process (e.g. Aničić and Perica 2003). This goes to show that processes related to landscape development can be studied from different perspectives and aspects by using different types of data, allowing for a better understanding of development trends and landscape processes.

This study used satellite images and census data, on the basis of which the relationship between landscape development trends and demographic inter-census changes was analyzed. The results obtained should be considered an important element of spatial models and spatial and environmental development plans of individual regions (for example, physical plans, environmental impact assessments, development scenarios, etc.), particularly when the vast majority of settlements can be expected to continue with their general social, particularly demographic, processes. A slightly smaller decrease in the number of inhabitants can be expected in the area of the Town of Gospić, and a more pronounced decrease in the municipalities of Perušić and Lovinac.

## 5 Conclusion

In this paper, an analysis of the relationship between the development of the Central Lika landscape and demographic indicators was carried out by using Landsat multispectral images and CBS census data, as well as selected appropriate methods of analysis. The approach to the analysis of these satellite images involved the use of data sets related to spring and autumn in order to gain a better insight into objects that have vegetation periods and change during the year, for both observed years (1991 and 2011). Using the computer program ENVI 4.7, five classes were defined for each analyzed year (*Built land, Forest, Water bodies, Arable land, Grass and shrubs*). Based on the interrelation between the classes for the 1991-2011 period, five landscape development trends were identified with the following surface shares: *Extensification and succession of vegetation* (7.6 %), *Intensification* (2.8 %), *Upbuilding* (1.5 %), *Water bodies* (0.4 %).

The final results refer to the combination of data on landscape development trends and demographic inter-census changes. It was determined that *Upbuilding* is most prevalent in the central area, which is in line with the least negative demographic indicators (changes in the number of inhabitants and the share of agrarian population), and in accordance with the urbanisation processes of the Town of Gospić. Accordingly, it was found that *Intensification* is more prevalent in the central area. On the other hand, *Extensification and succession of vegetation* is more prevalent in peripheral areas where the most negative values of demographic indicators are expressed (changes in total population and share of agrarian population), which is in accordance with the processes of deruralisation and deagrarisation.

It can be seen from the above that the census data complement the presentation and understanding of the general landscape development processes of Central Lika in the observed period. The implementation of demographic indicators, along with data obtained from satellite images, allowed for the study of the landscape development of Central Lika to include analyses from different perspectives and aspects.

## Acknowledgement

Ericsson Nikola Tesla d.d. supported the publication of the research.

The author is especially grateful to Ao.Univ.Prof.i.R. Dipl.-Ing. Dr.techn. Josef Jansa, from the Institute of Photogrammetry, Department of Geodesy and Geoinformation, University of Technology, Vienna



Republike Hrvatske. Uzimajući u obzir da je proces za- puštanja poljoprivrednog krajolika u pojedinim istraživanjima promatran kao posljedica negativnih procesa depopulacije stanovništva (npr. Kladnik i dr. 2009, Hamzić i Fuerst-Bjeliš 2021), odnosno starenja stanovništva (npr. Kladnik i dr. 2009), ipak se u pojedinim krškim područjima vegetacijska sukcesija može promatrati kao pozitivan proces (npr. Aničić i Perica 2003). Time se procesi povezani s razvojem krajolika mogu istraživati s različitih aspekata i upotrebom različitih vrsta podataka pri čemu se omogućava bolje razumijevanje razvojnih trendova, odnosno procesa krajolika.

U ovom istraživanju su korištene satelitske snimke i popisni podatci temeljem kojih je analiziran međuodnos razvojnih trendova krajolika te demografskih međupopisnih promjena. Dobiveni rezultati bi se trebali uzeti u obzir kao važan element prostornih modela te planova prostornog i okolišnog razvoja pojedinih regija (na primjer prostornih planova, procjena utjecaja na okoliš, razvojnih scenarija i sl.), osobito kada se kod velike većine naselja može očekivati nastavak općih društvenih, osobito demografskih procesa. Pri tome, nešto manje smanjenje broja stanovnika može se očekivati na području Grada Gospića, a izraženije u općinama Perušić i Lovinac.

## 5. Zaključak

U ovom je radu provedena analiza međuodnosa razvoja krajolika Srednje Like te demografskih pokazatelja pri čemu s pomoću multispektralnih snimki Landsata i popisnih podataka DZS-a te odgovarajuće metode analize. Pristup analize navedenih satelitskih snimki podrazumijevao je, u cilju dobivanja boljeg uvida u objekte koji imaju vegetacijske periode i mijenjaju se tijekom godine, za obje promatrane godine (1991 i 2011) uporabu skupova podataka koji se odnose na proljeće i jesen. Pri tome je s pomoću računalnog programa ENVI 4.7 za

svaku analiziranu godinu definirano pet klasa (*Izgrađeno, Šuma, Vodna tijela, Ratarsko zemljište, Trava i grmlje*). Temeljem međuodnosa klasa je za razdoblje 1991–2011 utvrđeno pet razvojnih trendova krajolika s površinskim udjelima: *Ekstenzifikacija i degradacija vegetacije* (7,6 %), *Intenzifikacija* (2,8 %), *Izgradnja* (1,5 %), *Nepromijenjeno* (87,7 %), *Vodna tijela* (0,4 %).

Završni rezultati odnose se na kombiniranje podataka razvojnih trendova krajolika te demografske međupopisne promjene. Pri tome je utvrđeno da je *Izgradnja* najzastupljenija na središnjem prostoru što je sukladno najmanje negativnim demografskim pokazateljima (u radu promatranih promjene broja stanovnika i udjela poljoprivrednog stanovništva), odnosno sukladno je procesima urbanizacije grada Gospića. Sukladno tome utvrđeno je da je *Intenzifikacija* zastupljenija na središnjem području. S druge strane, *Ekstenzifikacija i degradacija vegetacije* je zastupljenija na rubnim područjima gdje su izražene najnegativnije vrijednosti demografskih pokazatelja (promjena ukupnog broja stanovnika i udjela poljoprivrednog stanovništva), odnosno sukladno je procesima deruralizacije i deagrarizacije.

Iz prikazanog je vidljivo da popisni podatci nadopunjuju prikaz i razumijevanje generalnih razvojnih procesa krajolika Srednje Like u promatranom razdoblju. Time su primjenom demografskih pokazatelja, uz podatke satelitskih snimaka, pri proučavanju razvoja krajolika Srednje Like omogućene različite analize.

## Zahvala

Objava rada potpomognuta je potporom firme Ericsson Nikola Tesla d.d.

Autorica posebno zahvaljuje Ao.Univ.Prof.i.R. Dipl.-Ing. Dr.techn. Josefu Jansi iz Instituta za fotogrametriju, Odjela za geodeziju i geoinformacije, Tehničkog fakulteta u Beču.

## References / Literatura

- Akrap A, Gelo J (2009) Depopulacija Ličko-senjske županije tijekom 20. stoljeća s posebnim osvrtom na ekonomsko-socijalnu strukturu 1971. – 2001. In: Holjevac Ž (ed) *Identitet Like: korijeni i razvitak, knjiga 2*, Institut društvenih znanosti „Ivo Pilar“ – Područni centar Gospić, Zagreb – Gospić, 13–41
- Andlar G, Aničić B, Pereković P, Rechner Dika I, Hrdalo I (2011) *Kulturni krajobraz i legislativa – stanje u Hrvatskoj. Društvena istraživanja*, vol. 20, no. 3 (113), 813–835. doi: 10.5559/di.20.3.11
- Aničić B, Perica D (2003) *Structural features of cultural landscape in the carst area (landscape in transition)*. *Acta carstologica*, vol. 32, no. 1, 173–188. doi: 10.3986/ac.v32i1.372
- Blaće A (2015) *Razvoj i suvremena preobrazba krajolika Ravnih kotara. Doktorski rad*, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb

- Campbell J B, Wynne R H (2011) *Introduction to Remote Sensing*. The Guilford Press, New York
- Chuman T, Romportl D (2010) Multivariate classification analysis of cultural landscapes: An example from the Czech Republic. *Landscape and Urban Planning*, vol. 98, no. 3-4, 200–209. doi: 10.1016/j.landurbplan.2010.08.003
- Cvitanović M (2014a) Promjene zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta u Krapinsko-zagorskoj županiji od 1991. do 2011. *Hrvatski geografski glasnik*, vol. 76, no. 1, 41–59. doi: 10.21861/HGG.2014.76.01.03
- Cvitanović M (2014b) Promjene zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta u Krapinsko-zagorskoj županiji od 1978. do 2011. *Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb*
- Cvitanović M, Fuerst-Bjeliš B (2018) Marginalization Between Border and Metropolis: Drivers of Socio-Spatial Change in Postsocialist Croatia. In: Pelc S, Koderman M (eds) *Nature, Tourism and Ethnicity as Drivers of (De)Marginalization, Insights to Marginality from Perspective of Sustainability and Development*, Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland, 313–327. doi: 10.1007/978-3-319-59002-8\_21
- Čuka A (2010) *Preobrazba dugotočnog krajolika kao odraz suvremenih sociogeografskih procesa*. Doktorski rad, Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju, Zadar
- Dixon-Gough R (2009) Landscape evolution of the Lake District National Park: conflicts between a working and cultural landscape. In: Hernik J (ed) *Cultural landscape: across disciplines*, Oficyna Wydawnicza Branta, Bydgoszcz – Krakow, 141–172
- Durbešić A (2012) *Promjene pejzaža južne padine Svilaje – GIS pristup*. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb
- Durbešić A, Fuerst-Bjeliš B (2016) Tipovi i trendovi promjene pejzaža planine Svilaje – Ogorje. *Ekonomika i ekohistorija: časopis za gospodarsku povijest i povijest okoliša*, vol. 12, no. 12, 208–220
- DZS (2020a) Državni zavod za statistiku: Naselje i stanovništvo Republike Hrvatske 1857.–2011. In: www.dzs.hr. (Accessed 18 Dec 2020)
- DZS (2020b) Državni zavod za statistiku: Popis stanovništva, kućanstava i stanova 2011. In: www.dzs.hr. (Accessed 12 Dec 2020)
- DZS (2021a) Državni zavod za statistiku: Popis stanovništva 2001., Tablica 1.1.11. Poljoprivredno stanovništvo prema aktivnosti i spolu, po naseljima. In: www.dzs.hr. (Accessed 10 Dec 2021)
- DZS (2021b) Državni zavod za statistiku: Popis stanovništva, kućanstava i stanova 2011., Tablica 1.1.43. Zaposleni prema područjima djelatnosti. In: www.dzs.hr. (Accessed 10 Dec 2021)
- DZS (2021c) Državni zavod za statistiku: Posebna obrada popisnih podataka iz 1991. In: www.dzs.hr. (Accessed 10 Dec 2021)
- DZS (2022) Državni zavod za statistiku: Prvi rezultati Popisa 2021. In: www.dzs.hr. (Accessed 5 Mar 2022)
- Fajdić J (2009) Migracije Ličana na području Slavonije. In: Holjevac Ž (ed) *Identitet Like: korijeni i razvitak*, knjiga 2, Institut društvenih znanosti „Ivo Pilar“ – Područni centar Gospić, Zagreb – Gospić, 89–112
- Francis J M, Klopatek J M (2000) Multiscale Effects of Grain Size on Landscape Pattern Analysis. *Geographic Information Sciences*, vol. 6, no. 1, 27–37. doi: 10.1080/10824000009480531
- Fuerst-Bjeliš B, Lozić S, Perica D (2000) Man and the environment in the central Velebit area – Baške Oštarije and surroundings. *Acta geographica Croatica*, vol. 35, no. 1, 111–130
- Fuerst-Bjeliš B, Lozić S, Cvitanović M, Durbešić A (2011) Promjene okoliša središnjeg dijela Dalmatinske zagore od 18. stoljeća. In: Matas M, Faričić J (eds) *Proceedings: Zagora između stočarsko-ratarske tradicije te procesa litoralizacije i globalizacije: zbornik rado-va*, Zadar – Dugopolje, 19–21 October 2010, 117–129
- Hamzić M, Fuerst-Bjeliš B, Pahernik M (2020) Strukturne karakteristike uzoraka krajolika Srednje Like: primjena prostorne i regresijske analize. *Kartografija i geoinformacije*, vol. 34, no. 19, 14–39. doi: 10.32909/kg.20.35.1
- Hamzić M (2021a) Demografska dinamika Srednje Like u kontekstu zemljišnog pokrova/načina korištenja zemljišta. In: Bašić F, Akrap A, Feletar D, Perić Kaselj M, Jurčević K (eds) *Proceedings: Migracije i identitet: kultura, ekonomija, država*, Svezak 1 – znanstvena knjiga, Kulturni i demografski aspekti migracija, IMIN, HAZU, Zagreb, 56–81
- Hamzić M (2021b) Spatial Analysis of Forest Area Development in Central Lika (Republic of Croatia) in the Period 1980-2012. *Forestist*, vol. XX, no. XX, 1–10. doi: 10.5152/FORESTIST.2021.21024
- Hamzić M, Fuerst-Bjeliš B (2021) Razvojni tipovi krajolika Srednje Like 1980-2012 – primjena prostorno i procesno orijentiranog GIS-modela. *Kartografija i geoinformacije*, vol. 35, no. 20, 4–29. doi:10.32909/kg.20.35.1
- Hamzić M, Turk I (2021) Utjecaj starenja stanovništva na promjene zemljišnog pokrova/načina korištenja zemljišta. *Senjski zbornik*, vol. 48, no. 1, 411–428. doi: 10.31953/SZ.48.1.16
- Hernik J (2009) Activities for the protection and preservation of cultural landscapes. In: Hernik J (ed) *Cultural landscape: across disciplines*, Oficyna Wydawnicza Branta, Bydgoszcz – Krakow, 61–78
- Isidoro J M G P, Fernandez H M N P V, Martins F M G, De Lima, J L M P (2012) GIS-Based Models as Tools for Environmental Issues: Applications in the South of Portugal. In: Bateira C (ed) *Cartography – A Tool for Spatial Analysis*, InTechOpen. doi: 10.5772/48218
- 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*, vol. 79, no. 1, 33–59. doi: 10.21861/HGG.2017.79.01.02
- Jogun T, Lukić A, Gašparović M (2019) Simulation model of land cover changes in a post-socialist peripheral rural area: Požega-Slavonia County, Croatia. *Hrvatski geografski glasnik*, vol. 81, no. 1, 31–59. doi: 10.21861/HGG.2019.81.01.02
- Jovanić M (2017) *GIS analiza i razvojna tipologija krajolika Srednje Like*. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb
- Kladnik D, Perko D, Urbanc M (2009) Cultural landscapes in Slovenia from a geographical perspective. In: Hernik J (ed) *Cultural landscape: across disciplines*, Oficyna Wydawnicza Branta, Bydgoszcz – Krakow, 81–139
- Kolios S, Stylios C D (2013) Identification of land cover/land use change in the greater area of the Preveza peninsula in Greece using Landsat satellite data. *Applied Geography*, vol. 40, no. 4, 150–160

- Krištofić B (2010) Krajolik s kapitalom u pozadini: o akterima promjena u ruralnom prostoru na primjeru općine Lovinac. *Sociologija i prostor: Časopis za istraživanje prostornoga i sociokulturnog razvoja*, vol. 48, no. 2, 273–300
- Lajić I, Mišetić R (2006) Otočni logaritam, aktualno stanje i suvremeni demografski procesi na jadranskim otocima. Institut za migracije i narodnosti, Ministarstvo mora, turizma, prometa i razvitka, Zagreb
- Lajić I, Nejašmić I (1994) Metodološke osobitosti demografskog istraživanja hrvatskog otočja. *Društvena istraživanja*, vol. 3, no. 4-5, 381–396
- Lang S, Blaschke T (2010) Analiza krajolika pomoću GIS-a. *Gaudeamus d.o.o.*, Požega
- Lausch A, Herzog F (2002) Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issue of scale, resolution and interpretability. *Ecological Indicators*, vol. 2, no. 1-2, 3–15. doi: 10.1016/S1470-160X(02)00053-5
- Ličko-senjska županija, Zavod za prostorno planiranje, razvoj i zaštitu okoliša: Odluka o donošenju prostornog plana Ličko-senjske županije. In: [www.licko-senjska.hr/images/stories/ODLUKA%200%20DONOSENJU%20PPZ%20-%20PROCISCENI%20TEKS-NAKON%20VII%20IZMJENA-%202017.pdf](http://www.licko-senjska.hr/images/stories/ODLUKA%200%20DONOSENJU%20PPZ%20-%20PROCISCENI%20TEKS-NAKON%20VII%20IZMJENA-%202017.pdf). (Accessed 10 Dec 2021)
- Lončar J, Cvitanović M (2012) (Post)socijalizam i okoliš: promjena kulturnog krajobraza Pridravske nizine Osijeka u posljednjih pedeset godina. *Sociologija i prostor*, vol. 50, no. 3, 327–343. doi: 10.5673/sip.50.3.3
- Magaš D (2013) *Geografija Hrvatske. Manualia Universitatis Studiorum Iadertinae*, Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju, Biblioteka Geographica Croatica, Meridijani Samobor, Zadar – Samobor. doi: 10.5559/di.23.3.10
- Mirović A (2020) Suvremene promjene zemljišnog pokrova u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
- Morić-Španić A, Fuerst-Bjelić B (2017) The GIS-model for the revitalisation of traditional island cultures: the island of Hvar, Croatia. In: Pina H, Martin F (eds) *The Overarching Issues of the European Space: Society, Economy and Heritage in a Scenario Towards Greater Territorial Cohesion*, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Porto, 374–392
- Mücher C A, Klijn J A, Wascher D M, Schaminée J H J (2010) A new European Landscape Classification (LANMAP): A transparent, flexible and user-oriented methodology to distinguish landscapes. *Ecological Indicators*, vol. 10, no. 1, 87–103, doi: 10.1016/j.ecolind.2009.03.018
- Nejašmić I (1991) *Depopulacija u Hrvatskoj – korijeni, stanje, izgledi*. Globus, Institut za migracije i narodnosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
- Pejnović D (1985) *Srednja Lika: socijalnogeografska transformacija*, Centar za kulturu – Muzej Like, Gospić
- Pejnović D (2004) *Depopulacija županija i disparitet u regionalnom razvoju Hrvatske*. Društvena istraživanja, vol. 13, no. 4-5, 701–726
- Paudel F, Yuan S (2012) Assessing landscape changes and dynamics using patch analysis and GIS modeling. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 16, 66–76. doi: 10.1016/j.jag.2011.12.003
- Pokos N (2003) Metodološke promjene u popisima stanovništva. *Hrvatska revija*, vol. 3, no. 1, 29–35
- Regionalni operativni program Ličko-senjske županije 2005. – 2010., WYG International, Gospić, 2005
- Rogić V (1975) *Lika*. In: Crkvenčić, I (ed) *Geografija SR Hrvatske, knjiga 4, Gorska Hrvatska, Školska knjiga*, Zagreb, 7–64
- Schneeberger N, Bürger M, Kienast P D F (2007) Rates of landscape change at the northern fringe of the Swiss Alps: Historical and recent tendencies. *Landscape and Urban Planning*, vol. 80, no. 1-2, 127–136. doi: 10.1016/j.landurbplan.2006.06.006
- Sić M (2009) Utjecaj autoceste Zagreb – Split na regionalni razvoj Like. *Hrvatski geografski glasnik*, vol. 71, no. 1, 87–101. doi: 10.21861/hgg.2009.71.01.05
- Šetka J, Kaufmann Radeljak P, Valozić L (2021) Promjene zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta u Donjonekrvanskom kraju od 1990. do 2020. godine. *Hrvatski geografski glasnik*, vol. 83, no. 2, 7–31. doi: 10.21861/HGG.2021.83.02.01
- Šimunić N, Turk I (2017) Stanovništvo Grada Gospića i održivi razvoj: Izazovi budućnosti. In: Bušljeta Tonković A, Holjevac Ž, Brlić I, Šimunić N (eds) *Koga (p)održava održivi razvoj*, Institut društvenih znanosti „Ivo Pilar“, Zagreb, 29–67
- Štambuk, M. (1998): *Lika – studija slučaja*. In: Rogić I, Štambuk M (eds) *Duge sjene periferije: prinos revitalizaciji hrvatskog ruba*, Institut društvenih znanosti „Ivo Pilar“, Zagreb, 44–107
- Turk I (2009) Suvremene demografske promjene na kontaktnom prostoru Karlovačke i Ličko-senjske županije: analiza slučaja. In: Holjevac Ž, *Identitet Like: korijeni i razvitak*, knjiga 2, Institut društvenih znanosti „Ivo Pilar“, Zagreb – Gospić, 67–87
- Turk I, Šimunić N, Jovanić M (2015) Promjene u sastavu stanovništva prema narodnosti u Karlovačkoj i Ličko-senjskoj županiji od 1991. do 2011. *Migracijske i etničke teme*, vol. 31, no. 2, 275–309. doi: 10.11567/met.31.2.4
- Turk I, Šimunić N (2016) Demografski nestanak ogulinskoga kraja i njegova uvjetovanost prometnom dostupnošću. *Modruški zbornik*, vol. 9/10, no. 1, 95–120
- Turk I (2021) *Žumberak: Demografska problematika i mogućnost revitalizacije*. Institut društvenih znanosti „Ivo Pilar“, Zagreb.
- USGS (2013) *USGS Earth Explorer: USGS Global Visualization Viewer (GloVis)*. In: [www.glovis.usgs.gov](http://www.glovis.usgs.gov) (Accessed 20 Apr 2013)
- Valozić L, Cvitanović M (2011) Mapping the forest change: Using Landsat Imagery in the forest transition analysis within the Medvednica protected area. *Hrvatski geografski glasnik*, vol. 73, no. 1, 245–255. doi: 10.21861/hgg.2011.73.01.16
- Van der Valk A (2009) Multiple cultural landscape: Research and planning for living heritage in the Netherlands. In: Hernik J (ed) *Cultural landscape: across disciplines*, Oficyna Wydawnicza Branta, Bydgoszcz – Kraków, 31–60
- Van Eetvelde V, Antrop M (2009) A stepwise multi-scaled landscape typology and characterisation for trans-regional integration, applied on the federal state of Belgium. *Landscape and Urban Planning*, vol. 91, no. 3, 160–170. doi: 10.1016/j.landurbplan.2008.12.008
- Vrkić A (2020) Promjene korištenja zemljišta u Južnoj Hrvatskoj od početka 20. st. do danas. Diplomski rad, Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju, Zadar.
- Živić D (2009) Demografski gubici Ličko-senjske županije u Domovinskom ratu. In: Holjevac Ž (ed) *Identitet Like: korijeni i razvitak*, knjiga 2, Institut društvenih znanosti „Ivo Pilar“ – Područni centar Gospić, Zagreb – Gospić, 43–66