



Co-funded by  
the European Union

# Primjena geografskih informacijskih sustava u agrošumarstvu

Aleksandar Baumgertel  
Predrag Miljković



Aleksandar Baumgertel  
Predrag Miljković

**Primjena geografskih informacijskih  
sustava u agrošumarstvu**

Aleksandar Baumgertel  
Predrag Miljković

**PRIMJENA GEOGRAFSKIH INFORMACIJSKIH SUSTAVA U AGROŠUMARSTVU**  
Praktikum

Autori XI poglavlja su Martina Kičić, Aleksandar Baumgertel i Predrag Miljković

IZDAVAČ

Hrvatski šumarski institut, Cvjetno naselje 41, 10450 Jastrebarsko, Hrvatska

RECENZENTI

Dr. Dragan Borota, docent  
Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet

Dr. Atila Bezdan, izvanredni profesor  
Univerzitet u Novom Sadu Poljoprivredni fakultet

GRAFIČKO OBLIKOVANJE

Marko Cerovac

NASLOVNA FOTOGRAFIJA

Dr. Predrag Miljković, docent  
Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet

TISAK

Planeta print, Beograd, Srbija

NAKLADA

100 primjeraka

Praktikum Primjena geografskih informacijskih sustava u agrošumarstvu odobren je od strane Univerziteta u Beogradu Šumarskog fakulteta odlukom broj 01-2/104 od 26.06.2024. godine.

Praktikum Primjena geografskih informacijskih sustava u agrošumarstvu rezultat je projekta Prakse agrošumarstva na Zapadnom Balkanu za održivi razvoj: slabosti i prednosti – AGFORWEB (Agroforestry practices in West Balkan for sustainable development: weaknesses and strengths) koji je sufinanciran od strane Europske Unije u okviru ERASMUS+ programa KA220-HED broj 2022-1-RS01-KA220-HED-000089900

Ova knjiga nije namijenjena za prodaju.

ISBN 978-953-7909-16-1 (tisak)  
ISBN 978-953-7909-17-8 (online)

Bibliografske informacije:

Autori poglavlja 11. Procjena usluga ekosustava su Martina Kičić, Aleksandar Baumgertel i Predrag Miljković

Izrada ovog materijala podržana je od strane **ERASMUS+** programa, kroz financiranje projekta Prakse agrošumarstva za održivi razvoj Zapadnog Balkana: slabosti i snage (**Agroforestry practices in West Balkan for sustainable development: weaknesses and strengths – AGFORWEB**).

Na projektu sudjeluju Univerzitet u Beogradu (Srbija) kao vodeći partner uz partnerske institucije: Univerzitet za šumarstvo iz Sofije (Bugarska), Hrvatski šumarski institut (Hrvatska), Univerzitet Crne Gore iz Podgorice (Crna Gora) i Fakultet agrobiotehničkih znanosti Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku (Hrvatska).



**AGRO FORESTRY PRACTICES IN WEST BALKAN  
FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT:  
WEAKNESSES AND STRENGTHS**



Co-funded by  
the European Union

## PREDGOVOR

Publikacija „**Primjena geografskih informacijskih sustava u agrošumarstvu**“ prvenstveno je namijenjena studentima diplomskih studija kao pomoć prilikom prostornih analiza praksi agrošumarstva na temelju digitalne baze podataka nastale u sklopu AGFORWEB projekta. Publikacija obuhvaća i prikazuje primjenu više platformi i alata u GIS okruženju.

Kroz različite primjere kojima se demonstriraju mogućnosti korištenja AGFORWEB baze podataka, studentima će biti predstavljeno nekoliko platformi (*ArcMap, ArcGIS Pro, Google Earth Engine (GEE), Digitalni atlas klime, InVEST*) kao i metode daljinskih istraživanja (*remote sensing*). Time ova publikacija može biti korisna za ostale studente na različitim godinama studija koji se susreću s analizama prostornih podataka.

Ovaj priručnik je sastavljen u više poglavlja kroz koje se studenti (ali i drugi zainteresirani korisnici) upoznaju s osnovnim praksama agrošumarstva, teoretskim i praktičnim osnovama geografskih informacijskih sustava (GIS) i daljinskih istraživanja te praktičnim primjerima koji se temelje na podacima iz digitalne baze podataka o najčešće korištenim praksama agrošumarstva na Zapadnom Balkanu.

Autori

## Publikacija kroz poglavlja:

Br.	Naziv poglavlja	Opis poglavlja
1	Prakse agrošumarstva	Prikazane su najčešće primjenjivane prakse agrošumarstva u zemljama Zapdnog Balkana (Srbija, Crna Gora, Hrvatska i Bugarska).
2	GIS tehnologija i njena primjena	U poglavlju je dan teorijski prikaz GIS tehnologije i njene primjene.
3	Daljinska istraživanja	Objašnjen je koncept daljinskih istraživanja i njihove primjene u agrošumarstvu s fokusom na multispektralne snimke i stvaranje digitalnog modela terena.
4	Druge baze podataka i softveri	Prikazane su najčešće korištene baze prostornih podataka koje sadrže prostorne informacije vezane za okolišne uvjete (tlo, klima, prirodna potencijalna vegetacija itd.) kao i softveri za manipulaciju prostornim podacima.
5	Osnovne postavke i funkcije u ArcMap-u	Prikazana su osnovne postavke u ArcMap softveru za potrebe prostorne analitike
6	Google Earth Engine	Opisana je Google Earth Engine platforma te način funkcioniranja Java Script programskog jezika s ciljem pisanja kodova (upita) na osnovu kojih platforma odrađuje zadane zadatke. Obradene su osnovne postavke na platformi, prikazani alati i funkcije koji su korišteni za pisanje kodova potrebnih za manipulaciju bazama podataka. Dani su primjeri za analize vezane uz tlo, način korištenja zemljišta, digitalni model terena, satelitske snimke i NDVI vegetacijski indeks.
7	Digitalni atlas klime	Prikazana je platforma s opcijama grafičkog prikaza promjene klimatskih pokazatelja kao i postupak preuzimanja klimatskih pokazatelja u .nc ekstenziji.
8	Digitalna baza podataka	Detaljno je opisana AGFORWEB GIS baza prostornih podataka o sustavima agrošumarstva kao i metodologija za njeno stvaranje.
9	Primjeri rada s digitalnom bazom podataka	Prikazani su različiti primjeri korištenja AGFORWEB GIS baze podataka.
10	Procjena usluga ekosustava	Prikazani su alati za procjenu usluga ekosustava s posebnim osvrtom na uslugu skladištenja ugljika u InVEST modelu.
11	Korišteni alati	Prikaz i opis svih korištenih alata i funkcija u ovom priručniku.
12	Zadatci	Zadani su zadaci koje bi korisnici trebali moći samostalno odraditi na osnovu svega prikazanog u publikaciji, ali i samostalnim istraživanjem i proširivanjem svog znanja i vještina u primjeni GIS alata i softvera u agrošumarstvu

# Sadržaj

<b>1. Uvod</b>	<b>9</b>
<b>2. Agrošumarske prakse</b>	<b>11</b>
2.1. Šumski zaštitni pojasevi	11
2.2. Konsocijacija šumskog drveća i poljoprivrednih kultura	12
2.3. Šumski uzgoj bilja, gljiva i pčela	13
2.4. Silvopastoralni sustavi	14
<b>3. GIS tehnologija i njena primjena</b>	<b>15</b>
<b>4. Daljinska istraživanja</b>	<b>17</b>
4.1. Daljinska istraživanja i agrošumarstvo	19
4.1.1. Analiza multispektralnih snimaka	19
4.1.2. Digitalni model površine	20
<b>5. Druge baze podataka i softveri</b>	<b>23</b>
<b>6. Osnovne postavke i funkcije u ArcMap-u</b>	<b>25</b>
<b>7. Google Earth Engine</b>	<b>37</b>
7.1. Princip rada	38
7.2. Izgled platforme i osnovne postavke	39
7.3. Pretraga baza podataka na GEE platformi	40
7.4. Područje istraživanja	43
7.4.1. Crtanje poligona u GEE	43
7.4.2. Učitavanje shapefile podataka	44
7.5. Manipulacija podacima iz drugih baza podataka	45
7.5.1. Soil Grid	46
7.5.2. Digitalni model nadmorskih visina (DEM)	51
7.5.3. CORINE baza podataka	53
7.5.4. Oborine	54
7.5.5. Vegetacijski indeksi	55
<b>8. Digitalni Atlas Klime</b>	<b>59</b>

<b>9. Digitalna baza podataka – AGFORWEB</b> . . . . .	<b>63</b>
9.1. Metodologija za izradu baze podataka . . . . .	63
9.1.1. Postupak stvaranja baze podataka i atributna tablica . . . . .	64
9.1.1.1. Atributna tablica . . . . .	64
9.2. Preliminarna identifikacija praksi agrošumarstva . . . . .	71
9.2.1. Primjena QField aplikacije . . . . .	73
<b>10. Primjeri rada s digitalnom bazom podataka</b> . . . . .	<b>77</b>
10.1. Primjer 1. Analiza prisustva ŠZP na razini općine (površina pod šumskim zaštitnim pojasevima) . . . . .	78
10.2. Primjer 2. Analiza geometrijskih parametara ŠZP na razini općina (površina pod šumskim zaštitnim pojasevima) . . . . .	81
10.3. Primjer 3. Analiza dominantnih drvenastih vrsta u ŠZP na području AP Vojvodine . . . . .	84
10.4. Primjer 4. Analiza zdravstvenog stanja i mjera održavanja na području AP Vojvodine . . . . .	87
10.5. Primjer 5. Prisustvo ŠZP na površinama ugroženim eolskom erozijom. . . . .	90
10.6. Primjer 6. Prisustvo ŠZP na površinama u blizini putne mreže. . . . .	93
10.7. Primjer 7. Analiza podignutih ŠZP u odnosu na pravac dominantnog vjetra . . . . .	95
10.8. Primjer 8. Određivanje optičke poroznosti . . . . .	97
10.9. Primjer 9. Analiza vegetacijskog indeksa NDVI na ŠZP u ArcMap-u . . . . .	98
10.10. Primjer 10. Određivanje visine ŠZP na osnovu DSM-a . . . . .	100
<b>11. Procjena usluga ekosustava</b> . . . . .	<b>107</b>
<b>12. Zadatci</b> . . . . .	<b>117</b>
<b>13. Korištene funkcije i alati</b> . . . . .	<b>121</b>
<b>14. Literatura</b> . . . . .	<b>125</b>



# 1. Uvod

Agrošumarstvo (AŠ) predstavlja ekološki prihvatljiv način korištenja zemljišnog prostora. Ono obuhvaća integraciju drvenaste komponente (drveće i grmlje) s poljoprivrednom proizvodnjom na istoj površini. Unošenjem drvenaste komponente, agrošumarski sustavi donose čovjeku značajne benefite, koji se mogu promatrati kroz koncept usluga ekosustava (ES). Šuma pruža veliki broj usluga ekosustava, kao što su: proizvodnja hrane, filtracija zraka i vode, zaštita od erozije i poplava, povećanje bioraznolikosti i genetskih resursa, te nudi mogućnosti za rekreaciju, edukaciju i kulturno obogaćivanje.

Donositelji odluka na različitim razinama, od poljoprivrednih proizvođača kao krajnjih korisnika agrošumarskih praksi, preko donositelja odluka na višim razinama (lokalna vlast) često nisu informirani o navedenim benefitima. Zbog toga je implementacija AŠ praksi često otežana, čak i na razini Europske Unije. Međutim, kroz implementaciju brojnih projekata koji za cilj imaju podizanje svijesti o benefitima agrošumarstva, očekuju se pozitivne promjene iskazane kroz veću implementaciju AŠ praksi. Kako bi se osigurala veća implementacija i stvorile odgovarajuće strategije, jedan od prvih koraka je identifikacija i kartiranje svih postojećih AŠ praksi koje se nalaze na određenom prostoru. Iz tog je razloga, kroz međunarodni projekt **AGFORWEB** stvorena digitalna baza podataka u GIS-u s točnim lokacijama detektiranih praksi agrošumarstva i pratećom atributnom tablicom (*Attribute Table*) koja pruža detaljne informacije o definiranim praksama i sustavima koji se nalaze na području jugoistočne Europe (Bugarska, Crna Gora, Hrvatska i Srbija).

Korištenje podataka iz navedene baze od velikog je značaja kada je u pitanju digitalna pismenost budućih stručnjaka koji će kao donositelji odluka implementirati različite prakse agrošumarstva. Također, korištenje drugih baza koje su povezane ili čije komponente mogu biti djelomično integrirane sa sustavima agrošumarskih praksi kroz analize okolišnih prilika (karakteristike tla, topografija, klima, način korištenja zemljišta, i slično) mogu biti od značaja budućim stručnjacima iz grane agrošumarstva.



## 2. Agrošumarske prakse

### 2.1. Šumski zaštitni pojasevi

Šumski zaštitni pojasevi (ŠZP) (engl. *Shelterbelts, Windbreaks or Protective Forest Belts*) su linijski objekti sastavljeni od više redova drveća i grmlja te predstavljaju jednu od najčešće primjenjivanih praksi agrošumarstva (Slika 1). Iako su primarno namijenjeni za zaštitu od vjetra i eolske erozije, šumski zaštitni pojasevi su multifunkcionalni objekte, koji mogu pružati različite usluge ekosustava (Tablica 1).



Slika 1. Šumski zaštitni pojasevi

Tablica 1. Usluge ekosustava koje pružaju ŠZP (Lukić, 2019)

Usluga ekosustava	Usluge opskrbe	Usluge regulacije	Kulturološke usluge	Usluge podrške
Opis	<i>Proizvodi dobiveni iz ekosustava</i>	<i>Benefiti od regulacije različitih procesa u ekosustavu</i>	<i>Nematerijalne koristi od ekosustava</i>	<i>Usluge neophodne za stvaranje drugih usluga ekosustava</i>

Usluga ekosustava	Usluge opskrbe	Usluge regulacije	Kulturološke usluge	Usluge podrške
Usluga	Hrana*	Regulacija klime	Spiritualne i religijske usluge	Stvaranje tla
	Voda	Kontrola bolesti	Rekreacija i ekoturizam	Kruženje hranjiva u ekosustavu
	Biomasa (gorivo)	Regulacija kvalitete voda	Estetska funkcija	Primarna proizvodnja
	Vlakna	Pročišćavanje vode	Edukativna funkcija	
	Genetski materijal	Oprašivanje**	Kulturno nasljeđe	

\* ukoliko se koriste odgovarajuće drvenaste vrste koje proizvode hranu (nedrvne proizvode)

\*\* ukoliko se koriste odgovarajuće medonosne vrste

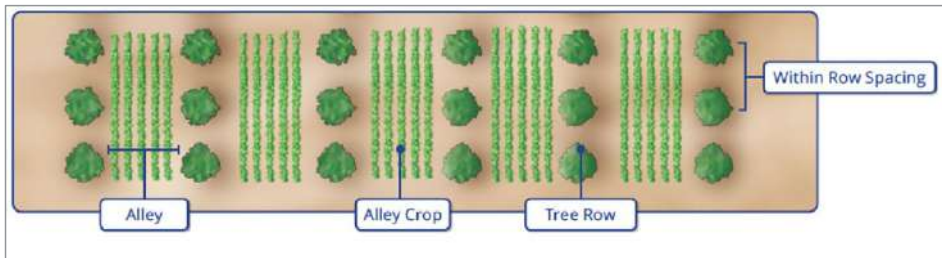
## 2.2. Konsocijacija šumskog drveća i poljoprivrednih kultura

Konsocijacija šumskog drveća i poljoprivrednih kultura (engl. Alley cropping) su praksa slična šumskim zaštitnim pojasevima koja predstavlja usijavanje poljoprivrednih kultura između redova drveća (Slika 2 i Slika 3). Za razliku od ŠZP kod konsocijacija šumskog drveća i poljoprivrednih kultura linijska komponenta drveća može biti sastavljena od samo jednog reda stabala (kod ŠZP moraju biti barem dva reda), ili u više redova koji se postavljaju na manjem razmaku. U ovom sustavu biljni ostaci drveća i grmlja mogu se koristiti kao malč, što doprinosi stvaranju povoljnih mikroklimatskih uvjeta.

Konsocijacije šumskog drveća i poljoprivrednih kultura doprinose većoj fiksaciji dušika, poboljšanju osobina tla, smanjenju erozijskih procesa i povećanju bioraznolikosti. Uspostavljanjem konsocijacija šumskog drveća i poljoprivrednih kultura, moguće je ostvarivanje prihoda od proizvodnje i uzgoja drvenastih vrsta (voće, orašasti plodovi), drvne mase kao i od poljoprivrednih kultura koje se uzgajaju u međuprostorima.



Slika 2. Primjer konsocijacije šumskog drveća i poljoprivrednih kultura



**Slika 3.** Shema konsocijacije šumskog drveća i poljoprivrednih kultura  
(izvor: <https://www.greener.land/index.php/product/alley-cropping/>)

### 2.3. Šumski uzgoj bilja, gljiva i pčela

Šumski uzgoj bilja, gljiva i pčela (engl. *Forest Farming*) obuhvaća proizvodnju nedravnih proizvoda u poboljšanim uvjetima koje stvara šuma (npr. hlad i/ili optimalne temperature) (Slika 4). Pored pozitivnog utjecaja šume na rast nedravnih proizvoda, u ovakvom sustavu poboljšava se i zdravstveno stanje šume što ujedno pozitivno utječe na njenu ekonomsku vrijednost. Šumski uzgoj bilja, gljiva i pčela se može primijeniti na veoma malim površinama (manje od pola hektara) ali i na znatno većim (više od 50 ha). Ovakvi sustavi podrazumijevaju minimalnu destrukciju šumskog sklopa uz mogućnost proizvodnje visoko vrijednih kultura (npr. ljekovito bilje ili gljive poput tartufa). Šumski uzgoj bilja, gljiva i pčela doprinosi povećanju bioraznolikosti, povećava kvalitetu tla i pruža mogućnost za diversifikaciju prihoda kroz nedrvne šumske proizvode.



**Slika 4.** Šumski uzgoj bilja, gljiva i pčela  
(izvor: <https://forest-farming.extension.org/>)

## 2.4. Silvopastoralni sustavi

Za razliku od prethodna tri navedena sustava, silvopastoralni sustavi (engl. *Silvopastoral Systems*) uključuju uzgoj stoke u kombinaciji s drvenastom komponentom i pašnjacima (Slika 5). Iako se silvopastoralni sustavi često pronalaze na višim nadmorskim visinama gdje stoka ima mogućnost neometane ispaše, u ravninarskim predjelima ovaj sustav također ima mogućnost primjene i to u kombinaciji s prva dva opisana agrošumska sustava (ŠZP i konsocijacije šumskog drveća i poljoprivrednih kultura). U njima se pašnjaci uspostavljaju u međuprostorima. Kombinacija drvenaste komponente i stočne proizvodnje osigurava veliki broj koristi kao što su: poboljšani rast visoko kvalitetnih stabala, smanjen stres i poboljšana produktivnost životinja, poboljšani ciklus hranjivih tvari i unaprijeđeni stanišni uvjeti za divlje životinje.

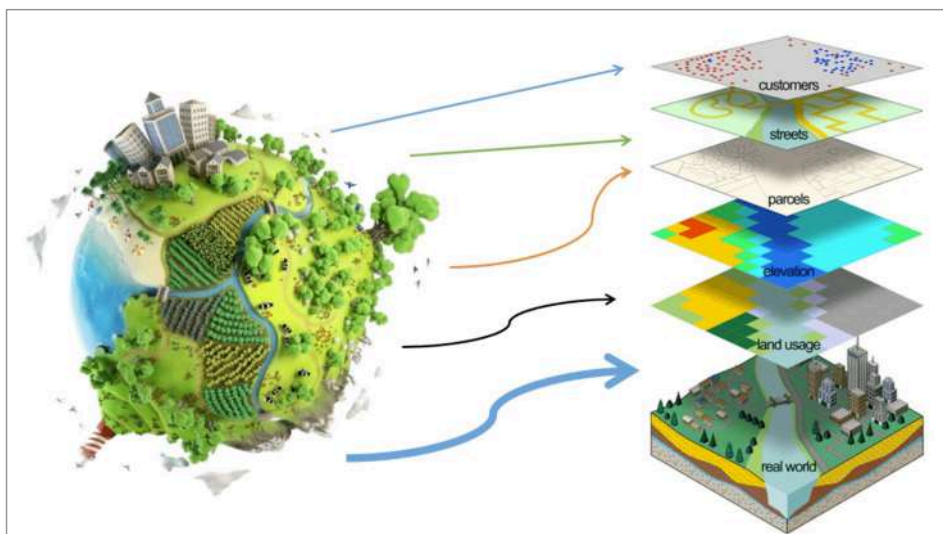


**Slika 5.** Silvopastoralni sustavi

(izvor: <https://www.agroforestry.ac.uk/agroforestry-systems/pastoral>)

### 3. GIS tehnologija i njena primjena

Geografski informacijski sustav (GIS), kako ga je prvi put definirao Roger Tomlinson ranih 60ih godina prošloga stoljeća, je kompjuterski sustav za prikupljanje, skladištenje, obradu i upravljanje geografskim podacima. Uloga GIS-a je da podrži koordinaciju, kontrolu, analizu i vizualizaciju različitih procesa i aktivnosti unutar određenog sustava. GIS u kombinaciji s metodama daljinskih istraživanja je od velike pomoći kako u znanosti tako i u praksi (Chamine et al. 2021; Tsiaras and Domakinis, 2023). U znanostima o okolišu GIS sustavi i podaci se koriste kao značajan i skoro nezamjenjiv dio prilikom očuvanja tla, kontrole erozijskih procesa, precizne poljoprivrede, projektiranja ili analize sustava agrošumarstva itd., pružajući dragocjenu osnovu za pomoć pri donošenju odluka i upravljanju (Tsiaras and Domakinis, 2023). U tom smislu, usluge i funkcije koje agrošumarstvo pruža, djelomično ovise o prostornim i vremenskim mjerilima u kojima su ciljevi postavljeni (Bentrup and Kellerman, 2003). Razvojem GIS tehnologija (veća dostupnost podataka i bolja prostorna i vremenska rezolucija) moguće je sa većom preciznošću analizirati sustave AŠ koji mogu biti relativno izolirani u prostoru i zauzimati male površine u odnosu na površine pod šumama pod ili konvencionalnom poljoprivredom (Sharma et al. 2022). U kontekstu agrošumskih sustava i održivog korištenja zemljišta, GIS ima ključnu ulogu u integraciji podataka iz više izvora, pružajući informacije u realnom vremenu i olakšavajući donošenje odluka temeljenih na podacima (Slika 6).

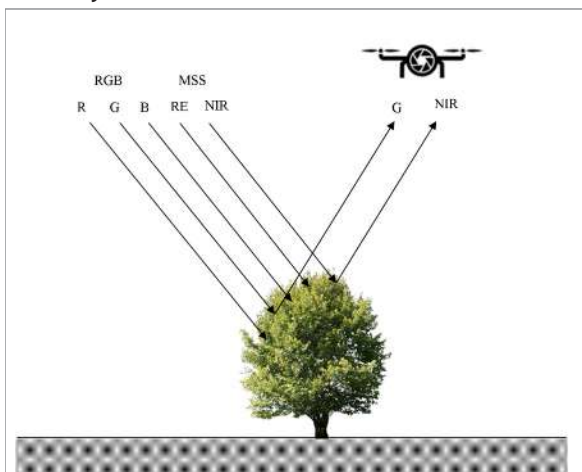


**Slika 6.** Prikaz realnih sistema u GIS okruženju  
(izvor: <https://esi.edu.sa/en/courses/gis-basics-course/>)

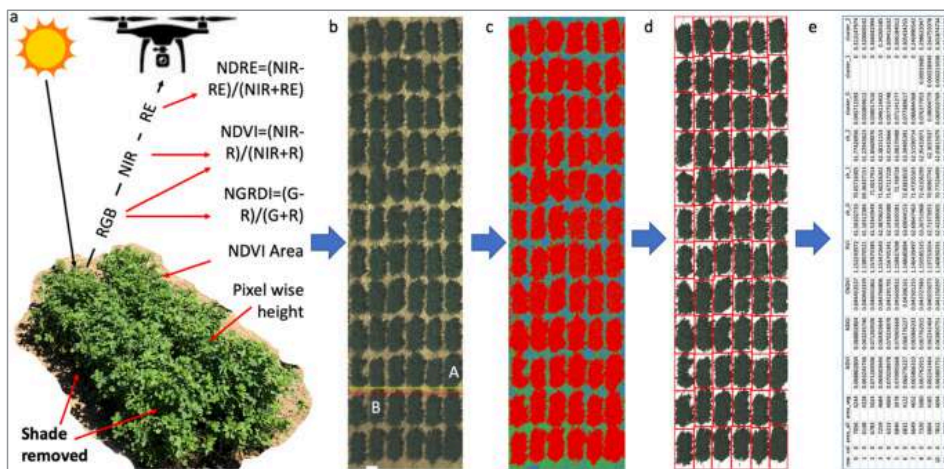


## 4. Daljinska istraživanja

Daljinska istraživanja predstavljaju način (metode i tehnike) prikupljanja i analize podataka pomoću senzora koji nisu u direktnom fizičkom kontaktu s promatranim objektom ili pojavom. Ovakav način prikupljanja podataka podrazumijeva da promatrana pojava ili objekt (npr. vegetacija) odbija (reflektira) određeni dio spektra elektromagnetskog zračenja. Posebno dizajnirani senzori (koji se mogu nalaziti na satelitima, avionima, helikopterima ili bespilotnim letjelicama) detektiraju količinu reflektiranog zračenja. Različiti materijali reflektiraju različite količine elektromagnetskog zračenja, pa ukoliko se promatra vegetacija, odnosno zdrava vegetacija koja u nadzemnoj biomasi sadrži veću količinu/koncentraciju klorofila, ona reflektira veći dio zelenog i infracrvenog dijela spektra elektromagnetskog zračenja, a manju količinu crvenog dijela spektra (Slika 7). Za primjenu u šumarstvu ili srodnim disciplinama, kada je potrebno analizirati stanje vegetacijskog pokrivača, koriste se senzori koji mogu detektirati više dijelova spektra elektromagnetskog zračenja (crveni, zeleni, plavi i infracrveni dio spektra zračenja).

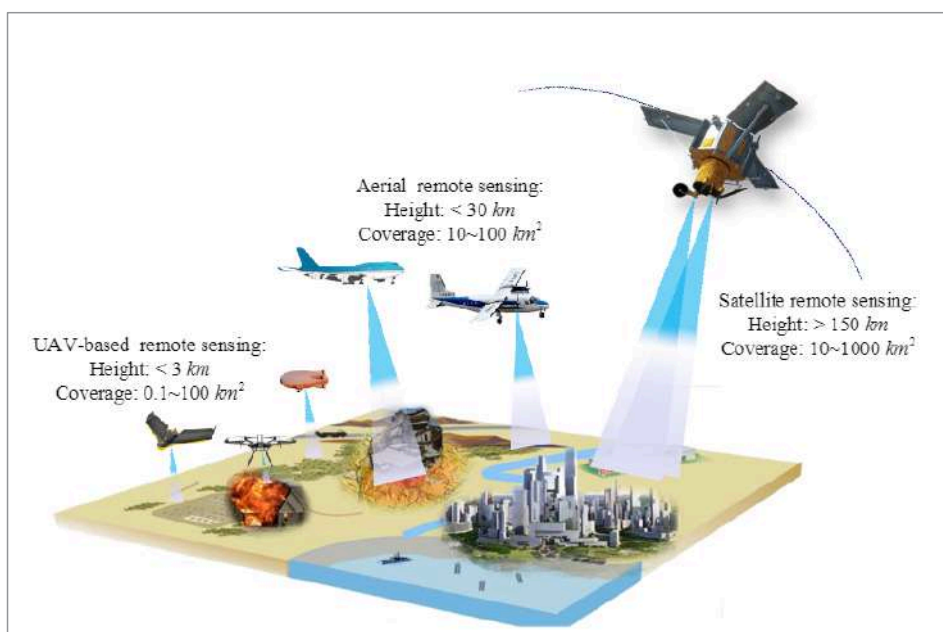


Slika 7. Način prikupljanja podataka dronom (izvor: Bhagat et al. 2019)



Na temelju obrade i analize snimljenih podataka sa senzora dobivaju se odgovarajuće slike (*rasteri*) koji pokazuju koliko je u svakom pikselu reflektirano određenog dijela spektra elektromagnetskog zračenja (Slika 8).

Postoji veliki broj senzora različite prostorne rezolucije (od nekoliko cm pa do nekoliko km). Senzori koji snimaju u veoma visokoj rezoluciji (nekoliko cm) se uglavnom koriste na bespilotnim letjelicama (dronovima) i pružaju informacije o reflektiranom zračenju s površina od nekoliko desetaka do nekoliko stotina hektara. S druge strane, senzori koji snimaju u srednjoj ili niskoj rezoluciji (od 10 m pa do nekoliko km) se uglavnom koriste na satelitima koji kruže zemljinom orbitom i snimaju znatno veće površine (nekoliko desetaka kvadratnih kilometara i više) u odnosu na dronove (Slika 9).



Slika 9. Različiti senzori (letjelice) i prostorne rezolucije snimaka (izvor: Xiang et al. 2018)

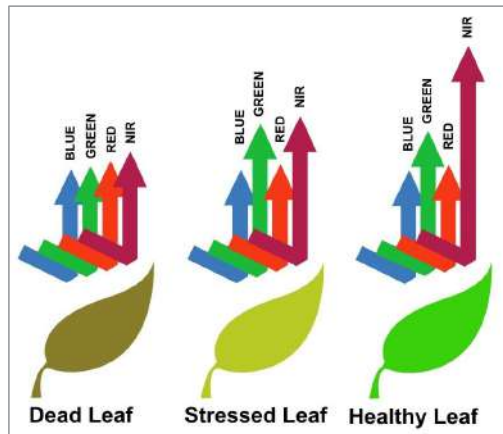
Uz snimanje u različitim spektrima elektromagnetskog zračenja, primjenom bespilotnih letjelica (dronova) moguće je dobiti precizne informacije o lokaciji (koordinatama) svakog piksela. Ovakvim snimanjem se može generirati digitalni model površine (engl. **Digital Surface Model – DSM**) iz kojeg se mogu dobiti informacije o visini snimljenih objekata. Ovaj način analize zove se fotogrametrija te ima značajnu primjenu u šumarstvu i poljoprivredi.

## 4.1. Daljinska istraživanja i agrošumarstvo

Metode daljinskih istraživanja imaju široku primjenu u okviru analiza sustava agrošumarstva iz različitih aspekata, i to s ciljem monitoringa razvoja vegetacije, promjene načina korištenja zemljišta, analize okolišnih uvjeta, procjene gustoće sastojine, detekcije krčenja šuma, precizne poljoprivrede i drugo.

### 4.1.1. Analiza multispektralnih snimaka

Multispektralni snimak rezultat je snimanja senzorom koji detektira više spektara elektromagnetskog zračenja i to najčešće crveni, zeleni, plavi i infracrveni dio spektra. Kao što je već spomenuto, infracrveni dio spektra se u najvećoj mjeri odbija od klorofila koji se u velikoj koncentraciji nalazi u (zelenoj) zdravoj vegetaciji zbog čega taj dio spektra ima široku primjenu u analizi zdravstvenog stanja vegetacije (Slika 10).



Slika 10. Reflektiranje dijela spektra elektromagnetskog zračenja od zdrave i mrtve vegetacije (izvor: <https://physicsopenlab.org/2017/01/30/ndvi-index/>)

Jedan od najčešće primjenjivanih pokazatelja zdravstvenog stanja vegetacije je NDVI indeks (eng. *Normalized Difference Vegetation Index – NDVI*).

Ovaj indeks predstavlja odnos reflektiranog zračenja vegetacije u infracrvenom i crvenom dijelu spektra i računa se prema formuli (Tarpley et al. 1984)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

gdje je **NIR** bliski infracrveni dio spektra elektromagnetskog zračenja a **RED** crveni dio spektra elektromagnetskog zračenja.

Pored **NDVI**-a postoji veliki broj sličnih indeksa koji predstavljaju određene odnose različitih dijelova spektra elektromagnetskog zračenja (Tablica 2).

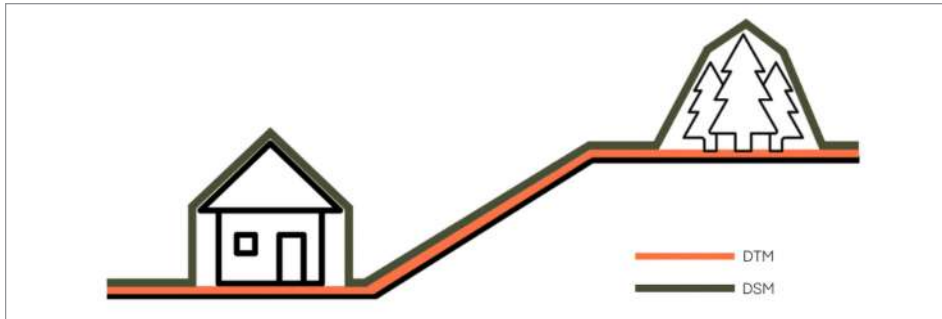
Tablica 2. Vegetacijski indeksi (izvor: Salas et al. 2014 – modificirano; Soto et al. 2017)

Vegetacijski indeks	Skraćenica	Formula
Difference Vegetation Index	DVI	$NIR - RED$
Ratio Vegetation Index	RVI	$\frac{NIR}{RED}$
Normalized Difference Vegetation Index	NDVI	$\frac{NIR - RED}{NIR + RED}$
Modified Simple Ratio	MSR	$\frac{(\frac{NIR}{RED} - 1)}{\sqrt{(\frac{NIR}{RED} + 1)}}$
Plant Senescence Reflectance Index	PSRI	$\frac{RED - BLUE}{RED EDGE}$
Enhanced Vegetation Index	EVI	$2.5 \frac{NIR - RED}{NIR + 6RED - 7.5 BLUE + 1}$

Moderni softveri za obradu snimaka dobivenih dronom (*Pix4D*, *ArcGIS*, i drugi) pružaju mogućnosti automatskog računanja **NDVI** indeksa. Već kreirane (*ready to use*) **NDVI** indekse moguće je preuzeti i s portala kao što su *Copernicus Global Land Service* (<https://land.copernicus.eu/global/products/ndvi>) ili *EarthExplorer* (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

#### 4.1.2. Digitalni model površine

Na osnovu serije snimaka snimljenih bespilotnom letjelicom, odnosno dronom, moguće je stvoriti digitalni model površine (engl. *Digital Surface Model – DSM*) (Slika 11), iz kojeg se očitavaju visine svih objekata snimljenih na terenu. Visina je jedan od najvažnijih terenskih strukturnih pokazatelja koji određuje potencijal šumskog zaštitnog pojasa, kao jedne od najčešće primjenjivane prakse agrošumarstva, i koja vrši određene funkcije (Vacek et al. 2018). Također, visina je bitan pokazatelj koji mnogi autori u svojim istraživanjima povezuju s efikasnošću primarne funkcije – smanjenjem brzine vjetra. Određivanje visine pojaseva na klasičan način, primjenom Vertex uređaja (izmjera na terenu), predstavlja relativno spor način prikupljanja podataka. Primjenom metoda daljinskih istraživanja ovaj proces može biti u velikoj mjeri olakšan i ubrzan. Na slici (Slika 11) je prikazana razlika između *DTM*-a i *DSM*-a. Potrebno je napomenuti da često korišten pojam *DEM* (**Digital Elevation Model**) u ovisnosti o prostornoj rezoluciji snimanja predstavlja širi pojam i obuhvaća *DTM* i/ili *DSM*.



**Slika 11.** Razlika između digitalnog modela terena (*Digital Terrain Model – DTM*) i digitalnog modela površina (*Digital Surface Model – DSM*) (izvor: <https://support.plexearth.com/hc/en-us/articles/4642425453201-Elevation-Modeling-the-differences-between-DTM-DSM-DEM>)

Da bi se dobili odgovarajući snimci dronom potrebno je izvršiti određene pe-dradnje prije puštanja letjelice u rad. Prvo je potrebno definirati površinu koja će se snimati dronom, a to je moguće na dva načina. Prvi način obuhvaća stvaranje *shapefile*-a (poligona) u nekom GIS softveru (npr. *ArcMap*) koji označava površinu koju se treba snimiti. Potom je potrebno *shapefile* prebaciti u format *.KML* (ili *.KMZ*) koji kontrolor drona može očitati. Ovaj postupak je moguće odraditi u *ArcMap* softveru pmjenom funkcije *Layer to KML*. Drugi način je direktno na upravljaču drona ručno iscrtati površinu koju se treba snimiti.

Nakon određivanja površine za snimanje, potrebno je namjestiti parametre kao što su: željena visina snimanja koja utječe na rezoluciju snimaka, uzdužni i poprečni preklap snimaka, vremenski intervali snimanja. U nastavku je tablica (Tablica 3) s preporučenim postavkama za potrebe snimanja dronom.

**Tablica 3.** Postavke letenja drona

Parametar	Informacija
Visina leta	100 m
Brzina letjelice	default
Prednje preklapanje ( <i>Forward overlap</i> )	70 %
Bočno preklapanje ( <i>Side overlap</i> )	70 %
Senzor i tip kamere	default
Rezolucija snimaka	default

Da bi se producirao digitalni model površine (*DSM*), potrebno je u odgovarajućem softveru (npr. *ArcMap Pro*) odraditi određene korake, što će detaljno biti objašnjeno u primjeru u Poglavlju 10.10.



## 5. Druge baze podataka i softveri

Za potrebe planiranja potencijalnih lokacija za uvođenje agrošumarskih sustava ili za potrebe analize okolišnih uvjeta već postojećih sustava, potrebno je prikupiti i analizirati različite prostorne podatke koji opisuju uvjete na datom lokalitetu (tip tla, način korištenja zemljišta, klima, vegetacija i sl.).

Veliki broj navedenih podataka besplatno su dostupni preko različitih platformi (Tablica 4), a njihova daljnja analiza je moguća primjenom nekih od besplatnih (*open source*) softvera koji omogućuju prostornu analizu podataka (npr. *QGIS*), komercijalnih softvera (*ArcMap*, *ArcGIS PRO*, *GlobalMapper*, *eCognition*, i drugi) ili tzv. *cloud* platformi koje omogućavaju analizu velikog broja prostornih podataka, kao što je *Google Earth Engine (GEE)*.

Tablica 4. Izvori podataka, platforme i ekstenzije

Izvor podataka	Platforma (link)	Format podatka	Podaci
ISRIC – Međunarodni referentni i informativni centar za tlo	<a href="https://soilgrids.org/">https://soilgrids.org/</a>	Raster	Tlo
EuroGeoSurveys (EGS) – Europska geološka infrastruktura podataka	<a href="https://www.europe-geology.eu/">https://www.europe-geology.eu/</a>	PDF, izvještaji, itd.	Geologija
The Copernicus Global Land Service (CGLS) – Copernicus služba za monitoring zemljišta	<a href="https://land.copernicus.eu/global/">https://land.copernicus.eu/global/</a>	Raster, vektor	Način korištenja zemljišta, Vegetacijski indeksi (NDVI, Fcover, LAI), Vlažnost tla
USGS Earth Explorer – Geološki zavod SAD-a	<a href="https://ers.cr.usgs.gov/login">https://ers.cr.usgs.gov/login</a>	Raster, vektor	Zemljišni pokrov, Satelitski snimci, NDVI, Digitalni model terena
Digitalni atlas klime	<a href="https://atlas-klime.eko.gov.rs/lat/map?dataType=obs&amp;visualization=pro&amp;area=regions">https://atlas-klime.eko.gov.rs/lat/map?dataType=obs&amp;visualization=pro&amp;area=regions</a>	Raster, PDF	Klimatski podaci (budući scenariji)
INSPIRE – Geoportal zemalja EU	<a href="https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/srv/eng/catalog.search#/hvdshome">https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/srv/eng/catalog.search#/hvdshome</a>	Vektor	Adrese, administrativne jedinice
GBIF – Globalni informacijski sustav o bioraznolikosti	<a href="https://www.gbif.org/dataset/search">https://www.gbif.org/dataset/search</a>	Shapefile	Biolška raznovrsnost



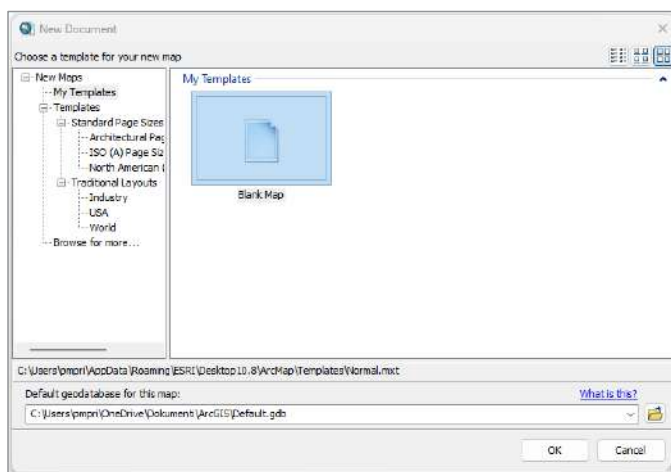
## 6. Osnovne postavke i funkcije u ArcMap-u

*ArcGIS* je naziv za skup softvera koji je kreirao ESRI (*Environmental Systems Research Institute*). *ArcMap* i *ArcGIS Pro* dvije su primarne GIS aplikacije za desktop računala uključene u *ArcGIS Desktop* paket (ESRI, 2023). Ovi softveri se koriste za obavljanje širokog spektra zadataka vezanih za geografski informacijski sustav (GIS) i prostorne analize. Neki od uobičajenih procesa rada koji se mogu obaviti u *ArcGIS Desktop* GIS aplikacijama uključuju rad sa rasterskim i vektorskim (Slika 21) kao i drugim tipovima podataka, kreiranje i dijeljenje karata, itd. Osnovni *ArcGIS Desktop* proizvodi uključuju veliki broj funkcija i alata. Međutim, napredne funkcije dostupne su u ekstenzijama koje su besplatne ili zahtjevaju kupovinu dodatnih licenci, a proširuju funkcionalnost softvera i olakšavaju rad pri analizi željenih parametara.

U ovom priručniku, prikazati će se osnovne postavke i funkcije u *ArcGIS Desktop* (*ArcMap*) softveru.

### • Pokretanje ArcMap programa

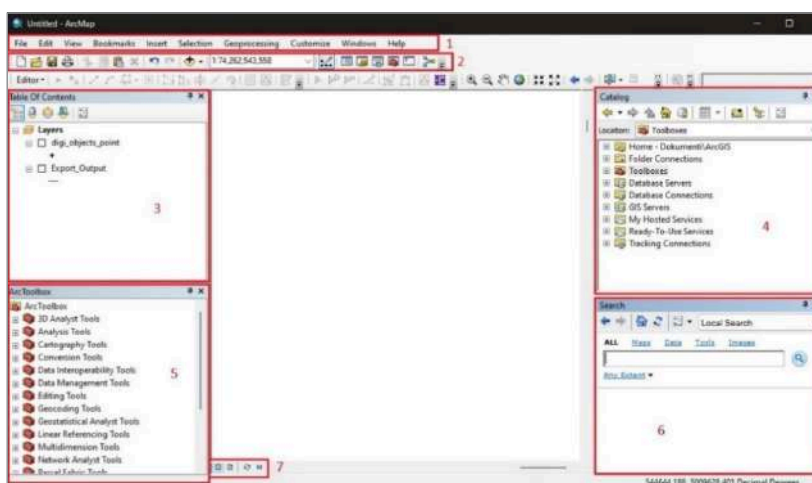
Kada se program pokrene, pojavljuje se novi prozor (Slika 12) s upitom želi li se formirati novi projekt (*Blank map*), ili se pokreće neki od postojećih projekata.



Slika 12. Otvaranje novog dokumenta u ArcMap-u

### • ArcMap sučelje

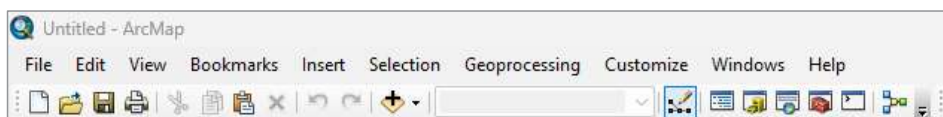
Glavni elementi sučelja (Slika 13) u *ArcMap*-u su: 1. Glavni izbornik (*Main menu*), 2. Standardna alatna traka (*Standard Toolbar*), 3. Sadržaj (*Table of content*), 4. Katalog podataka (*Catalog*), 5. Set alata (*ArcToolbox*), 6. Pretraga (*Search*), i 7. Nacrti (*Layout modes*).



Slika 13. Glavni elementi sučelja u ArcMap-u

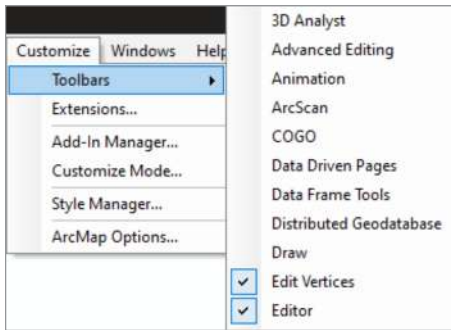
- **Glavni izbornik i alatna traka**

*ArcMap* ima glavni izbornik i standardnu alatnu traku, koje će se pojaviti nakon pokretanja programa. U glavnom izborniku nalaze se **File**, **Edit**, **View** itd., dok standardna alatna traka sadrži različite tipove prečaca, alata, okvira za uređivanje, itd. (Slika 14), kao što su ikone za pristupanje folderima (**Open folder**), spremanje (**Save**), ispis (**Print**) itd.

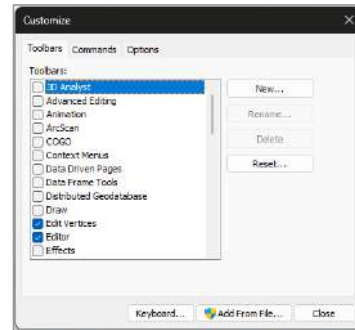


Slika 14. Elementi u glavnom izborniku i standardnoj alatnoj traci

Ostali alati koji mogu pomoći u analizi podataka nalaze se u drugim alatnim trakama koje se mogu vidjeti klikom na **Customize** u glavnom izborniku, zatim **Toolbars** (Slika 15) ili klikom na **Customize** u glavnom izborniku, a zatim na **Customize Mode**, koji će otvoriti novi prozor (Slika 16), na kojoj će se alatne trake pojaviti na kartici **Toolbars**. Potrebno je označiti željene alatne trake da bi bile prikazane u korisničkom sučelju.



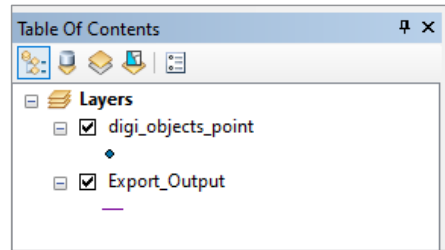
Slika 15. Odabir i dodavanje željenih alatnih traka



Slika 16. Odabir i dodavanje alatnih traka iz Customize prozora

### • Sadržaj

U sadržaju (*Table of Content*) (Slika 17) se nalaze svi sve slojevi učitani u radni prostor i objašnjena (imena slojeva) što obilježja ili simboli unutar svakog sloja predstavljaju. U ovom je prozoru moguće promijeniti redoslijed slojeva tako što će se odabrani sloj ili karta pomoću miša povući na željenu poziciju kako bi se prikazali (prvo će biti vidljiv sloj na vrhu).

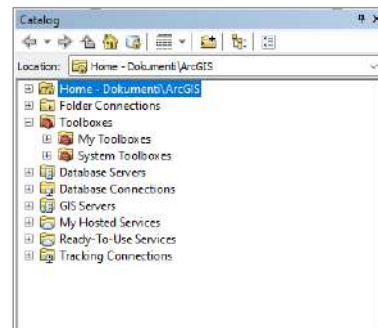


Slika 17. Pregled slojeva – točkasti i linijski (vektorski) tip objekta

Sadržaj se aktivira navigacijom do glavnog izbornika, klikom na **Windows**, a zatim **Table of Content**, ili klikom na njegovu ikonu na standardnoj alatnoj traci. U sadržaju je moguće grupirati slojeve, birati slojeve, skupiti ih i proširiti, pregledati njihova svojstva, atributnu tablicu itd.

### • Katalog podataka

Katalog podataka (*Catalog*) je paket u okviru *ArcMap*-a koji pomaže u upravljanju prostornim i drugim podacima te ima sličan princip rada kao *Windows Explorer*. Sadrži foldere sa datotekama na disku, baze podataka, GIS servere i portale (Slika 18). U *ArcMap*-u, Katalog neće prikazati najnovije izmjene svih informacija, te je potrebno osvježiti GIS sadržaj ili folder u Katalogu, desnim klikom na folder, a zatim **Refresh**. Katalog se aktivira navigacijom do glavnog izbornika, zatim klikom na **Windows**, a zatim **Catalog**, ili klikom na ikonu na standardnoj alatnoj traci.

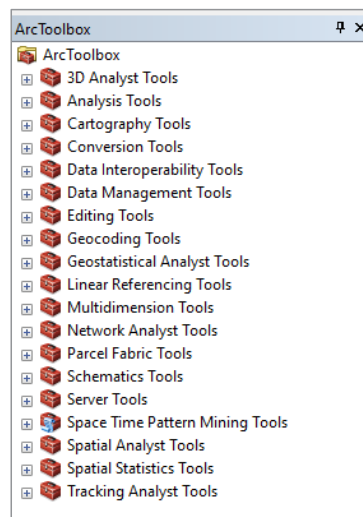


Slika 18. Katalog podataka u ArcMap-u

### • ArcToolbox

*ArcToolbox* je skup alata za obradu geopros-tornih podataka, njihovu analizu i konverziju u *ArcMap*-u.

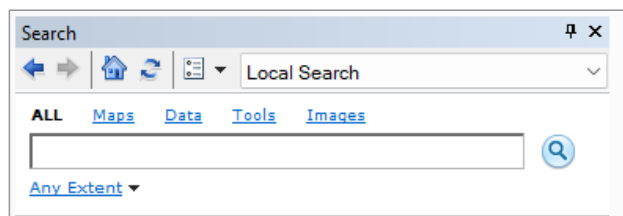
*ArcToolbox* (Slika 19) može se aktivirati/o-tvoriti pomoću ikone *ArcToolbox* na standard-noj alatnoj traci navigacijom do glavnog izborn-ika, zatim *Geoprocessing* pa *ArcToolbox*, ili u *ArcCatalog*-u, izborom *Toolbox*, a zatim *System Toolboxes*. Neki od alata koji se nalaze ovdje će biti spomenuti i korišteni u ovom priručniku u primjerima zadataka (Poglavlje 10). Alati iz *Arc-Toolbox*-a se mogu naći i pomoću funkcije pre-traživanja (*Search*).



Slika 19. ArcToolbox organizacija alata u *ArcMap*-u


### • Pretraživanje

Pretraga alata i funkcija (Slika 20) se aktivira navigacijom do glavnog izbornika, izborom *Windows* opcije, a zatim *Search*. Drugi način je klikom na ikonu na stan-dardnoj alatnoj traci.



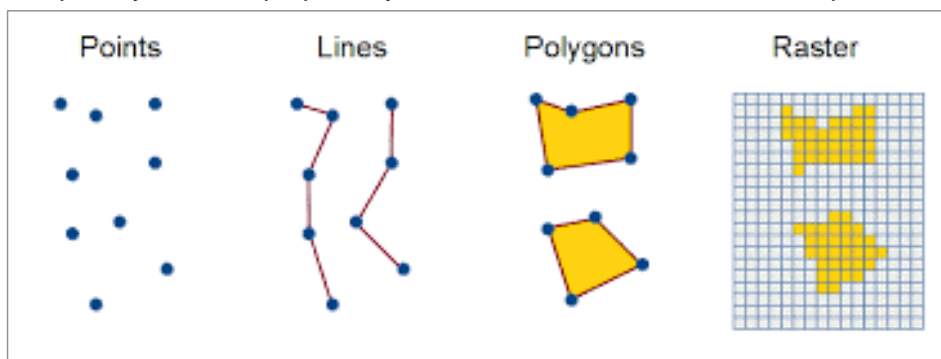
Slika 20. Pretraga alata i funkcija u *Search* prozoru

### • Nacrti

Nacrti (*Layout modes*)  se nalaze u donjem lijevom kutu i mije-njaju prikaz podataka na mapi. *Data view* prikazuje cijeli ekran sa podacima, to je prikaz koji se najčešće koristi za upravljanje i analizu podataka, zatim *Layout View*, koji pokazuje kako će izgledati karta sa dodanom legendom, mjerilom, oz-nakom za sjever i/ili koordinatnom mrežom (za ubacivanje ovih elemenata koris-titi karticu *Insert*) prije nego što se karta izveze, zatim *Refresh* gumb za osvjež-a-vanje prikazanih podataka i *Pause*, za prekid učitavanja prikazanih podataka.

### • Geografski podaci

Geografski podaci sadrže informacije o lokacijama i mogu se koristiti kao slojevi, u obliku *rastera* ili vektora (*vector*). Raster se sastoji od piksela raspoređenih u redove i stupce (Slika 21). Pikseli su iste veličine (prostorna rezolucija), a svaki piksel ima vrijednost koja predstavlja informaciju o atributu. Na primjer, *DEM* je niz piksela gdje svaki piksel nosi vrijednost nadmorske visine. Rasteri mogu biti karte sa informacijama o oborinama, temperaturi, tipu tla, geologiji itd., kao i drugim karakteristikama koje variraju i neprekidno se mijenjaju u prostoru. Za većinu aplikacija i analiza preporučuje se koristiti *.TIFF* format za rasterske podatke.



**Slika 21.** Vektorski tip podataka (točke, linije, poligoni) i rasterski tip podataka (izvor: <https://storymaps.arcgis.com/stories/58593bfc09c741a0b67dd81c22a914e3>)

Vektorski oblik podataka koristi točke, linije i poligone da prikaže karakteristike nekog područja (Slika 21). Ova vrsta podataka pogodna je za prikazivanje karakterističnih objekata, kao što su profili tla (točke), drvoredi (linije) ili područje od interesa (poligoni). Svaki shapefile ima svoju atributnu tablicu gdje se nalaze informacije (atributi) o tom objektu (vidi podpoglavlje *Tablični podaci i atributna tablica*). Najčešći format vektorskih podataka su *shapefiles* i sastoje se od više komponenti, među kojima su obavezne datoteke *.shp*, *.shk* i *.dbf*. Komponenta *.shp* čuva geometriju nekog obilježja, *.shk* skladišti indeks geometrije obilježja, dok *.dbf* predstavlja *dBASE* datoteku koja čuva informacije o atributima obilježja. Ako shapefile ima definiranu projekciju, on će sadržati i *.prj* komponentu, a prostorni indeks karakteristika se čuva u *.sbn* i *.sbx* komponentama.

### • Tablični podaci i atributna tablica

Tablični podaci skladište se u tekstualnim datotekama, odvojeni zarezima ili u ćelijama fiksne širine, koje sadrže informacije o atributima određenih objekata (npr. šumskih zaštitnih pojaseva), i mogu biti *Excel* listovi i *dbase* datoteke. Tablični podaci mogu sadržavati i geoprostorne informacije tj. koordinate svih točaka koje čine jedan poligon, liniju ili točku, a sačuvane su u binarnom formatu zajedno s ostalim geometrijskim podacima o ovim vektorima u *.shp* datoteci, ali nisu vidljive u atributnoj tablici.

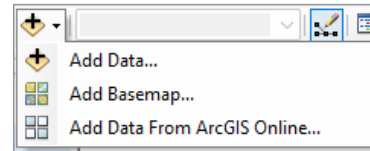
Atributna tablica sadrži informacije o objektima (npr. o šumskim zaštitnim pojasevima – ŠZP), raspoređene tako da svaka kolona predstavlja atribut (npr. dužina pojasa, visina, i slično), a svaki red predstavlja pojedinačan unos sa vrijednostima atributa (npr. dužina ŠZP u metrima) (Slika 22). U AGFORWEB bazi podataka, u atributnoj tablici se nalaze dužina pojasa, broj redova, razmak između redova, itd. Ukoliko su poznate XY koordinate svih točaka koje čine jednu liniju ili poligon, moguće je od Excel tablice formirati *shapefile* u *ArcMap*-u. Ukoliko se radi o točkastom vektoru, proces je dosta jednostavniji (vidi podpoglavlje *Dodavanje slojeva s XY koordinatama*).

FID	Shape	F1 Count	F2 Munic	F3 T	F4 Entry	F5 F	F6 Type	F7 AC	F8 Crop	F8 A	F9 FC	F10 tree	F10 FC	F11 FC	F12 FC	F13 Wid	F13 Number
3	Polyline	SRB	Senta	W	30505003	0	Cereal	Corn	rapeseed			Robinia pseudoacacia L.	0	1008.12276		12	8
4	Polyline	SRB	Senta	W	30505002	0	Cereals	Corn				Robinia pseudoacacia L.	0	786.119997		14	8
5	Polyline	SRB	Senta	W	30505004	0	Cereal	Rapeseed	wheat			Robinia pseudoacacia L.	0	443.389315		10	5
6	Polyline	SRB	Bečej	W	30103001	0	Cereal	Sunflower	wheat			Robinia pseudoacacia L.	0	753.139623		18	0
7	Polyline	SRB	Ada	W	30101007	0	Cereals	Wheat				Robinia pseudoacacia L.	0	675.283735		11	4
8	Polyline	SRB	Bečej	W	30102001	0	Cereals	Wheat	sunflower			Robinia pseudoacacia L.	0	557.046222		17	6
9	Polyline	SRB	Bečej	W	103	0	Cereals	Corn	clover			Ulmus sp.	0	1663.15607		5	1
10	Polyline	SRB	Ada	W	30101006	0	Cereals	Sunflower				Robinia pseudoacacia L.	0	495.649894		10	5
11	Polyline	SRB	Ada	W	104	0	Cereals	Sunflower				Robinia pseudoacacia L.	0	346.793162		4	2

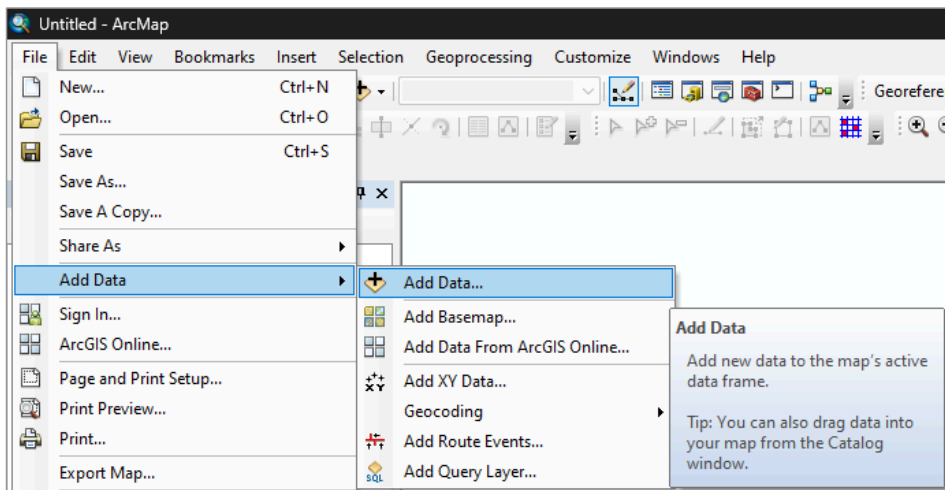
Slika 22. Izgled atributne tablice o ŠZP s različitim informacijama (zemlja, općina, glavna vrsta drveća, širina, itd.)

• Dodavanje slojeva

Ako postoji prethodno kreiran projekt (.mxd ekstenzija), podaci (slojevi) se mogu prikazati otvaranjem već stvorenog dokumenta. Ako se tek treba napraviti novi projekt, ili ako se trebaju dodati novi slojevi u postojeći projekt, to se može odraditi klikom na *Add Data* iz *File* izbornika (Slika 23) ili klikom na gumb *Add Data* (Slika 24) na standardnoj alatnoj traci.



Slika 23. Dodavanje slojeva ikonom u standardnoj alatnoj traci

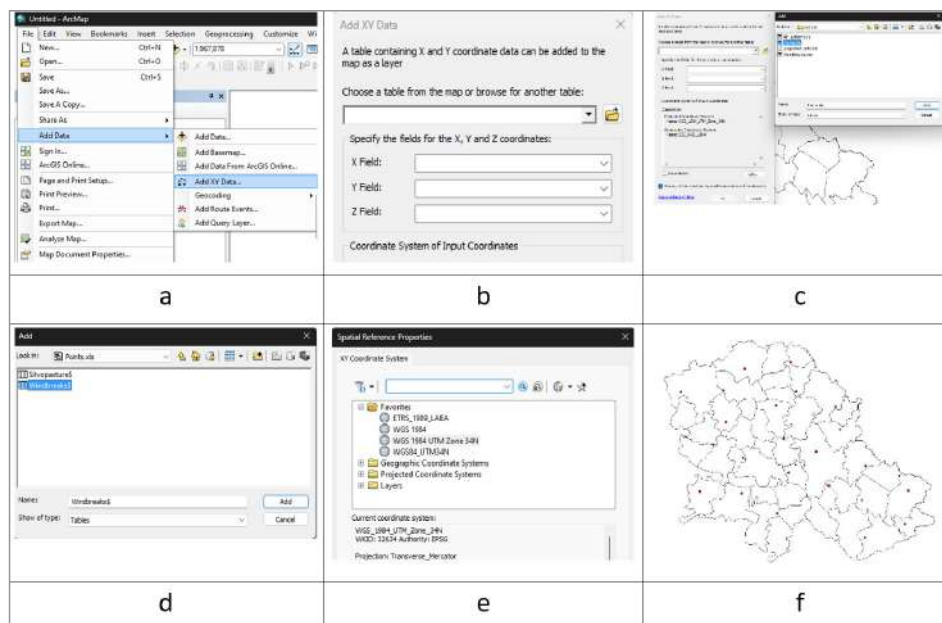


Slika 24. Dodavanje slojeva iz File izbornika

### • Dodavanje slojeva s XY koordinatama

Koordinate (XY) su neophodne prilikom rada s geoprостornim podacima kako bi se podaci mogli pravilno pozicionirati u prostoru. XY koordinate se mogu dobiti pomoću GPS uređaja na terenu.

Novije verzije ArcGIS-a (10.1 i novije) mogu učitati Excel datoteke koje sadrže informacije o XY koordinatama (.xls ili .csv). Potrebno je pratiti slijedeće korake: **File – Add Data – Add XY Data** (Slika 25 a), nakon čega se otvara novi prozor. Navigacijom na ikonu foldera (Slika 25 b), otvara se novi prozor – **File Explorer**, gdje je potrebno potražiti Excel datoteku i izabrati opciju **Add** (Slika 25 c, d). Preporučljivo je da se u nazivima Excel datoteka i radnih listova ne koristi razmak. U otvorenom prozoru, XY polja bi se trebala automatski popuniti tj. povući informacije iz izabrane datoteke, ukoliko se to ne dogodi pravile podatke treba izabrati iz padajućeg izbornika. Na osnovu oblika zapisa XY podataka, potrebno je kliknuti na **Edit** da bi se izabrao odgovarajući koordinatni sustav (Slika 25 e). Klikom na OK, točke će se prikazati u radnom prostoru (Slika 25 f).

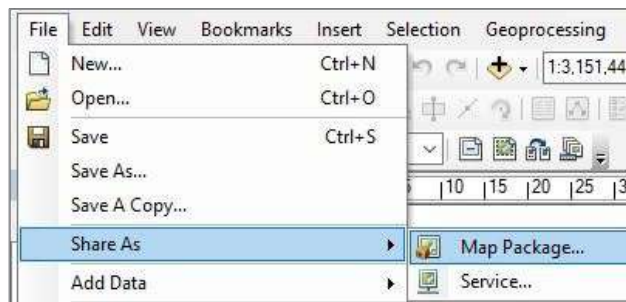


Slika 25. Dodavanje podataka s XY koordinatama iz Excel datoteke

### • Spremanje projekta

Projekt u ArcMap-u se sastoji od slojeva koji su dodani u radni prostor. Preporučljivo je da se projekt spremi u istom folderu gdje se nalaze i ostali podaci (slojevi). Dokumenti ili projekti u ArcMap-u mogu biti spremljeni kao **Map Exchange Document** sa ekstenzijom .mxd. Također, tijekom rada preporučuje se povremeno

spremanje projekta, naročito kada se radi s velikom količinom podataka ili vremenski zahtjevnim analizama. Projekt se sprema klikom na File, zatim Save i davanjem imena projektu.

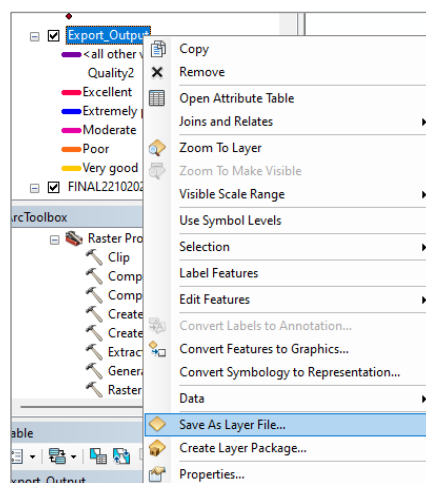


Slika 26. Spremanje projekta kao paketa mapa (*Map package*)

Kod spremanja projekta kao *.mxd* datoteke, softver pamti samo gdje su podaci spremljeni (lokacija), sve analize koje su do tog trenutka odradene, kao i simbolologiju, svojstva i raspored. Datoteka *.mxd* može biti premještena na drugi uređaj ili poslana e-mailom, ali neće sadržavati podatke koji su sadržani u projektu. Ako je potrebno premjestiti cijeli projekt, potrebno je premjestiti i sve datoteke koje su u projektu. Kako bi se to napravilo, potrebno je kliknuti na **File**, zatim na **Share As**, i zatim na **Map Package** (Slika 26). Projekt je sačuvan kao „paket“ datoteka koja sadrži sve slojeve iz projekta, ima ekstenziju *.mpk*, i može biti premješten na drugo računalo.

### • Spremanje slojeva

Umesto spremanja cjelokupnog radnog prostora kao *.mxd* datoteke, postoji opcija da se određeni sloj/datoteka spremi kao *.lyr* datoteka, koja zadržava sve postavke koje su primijenjene na sloj. Ova funkcija je izuzetno korisna kada je isti sloj potreban u drugom dokumentu/projektu, sa svim svojstvima i simbolologijom. Kako bi se to napravilo, potrebno je desnim klikom na odabrani sloj proširiti opcije, zatim kliknuti na **Save As Layer File** (Slika 27).



Slika 27. Spremanje slojeva kao *.lyr* datoteke

### • Izvoz datoteka

Prilikom izvoza datoteka, postoji izbor poput izvoza postojećih datoteka u druge formate ili izvoza dobivenih rezultata rada u GIS-u u željene formate. Za rasterske datoteke, funkcija **Export** se sastoji od slijedećih koraka: desni klik na rastersku datoteku u **Table of Content**, zatim odabir **Data-Export data**, nakon čega se otvara novi prozor, gdje je potrebno unijeti željene parametre (veličina piksela, format datoteke, naziv datoteke, itd.), i klikom na **Save**, rasterska datoteka se izvozi. Ako je potrebno izvesti podatak u vektorsku datoteku, koraci su: desni klik na vektorsku datoteku u **Table of Content**, zatim **Data-Export data**, nakon čega se otvara novi prozor, gdje je potrebno unijeti naziv datoteke i odabrati folder u kojem će se izvezena datoteka spremiti. Pripremljene karte (s legendom, oznakom za sjever i mjerilom) se mogu izvesti na slijedeći način: kliknuti na **File**, zatim na **Export map**, nakon čega je potrebno unijeti naziv karte, i spremiti u željeni folder na računalo.

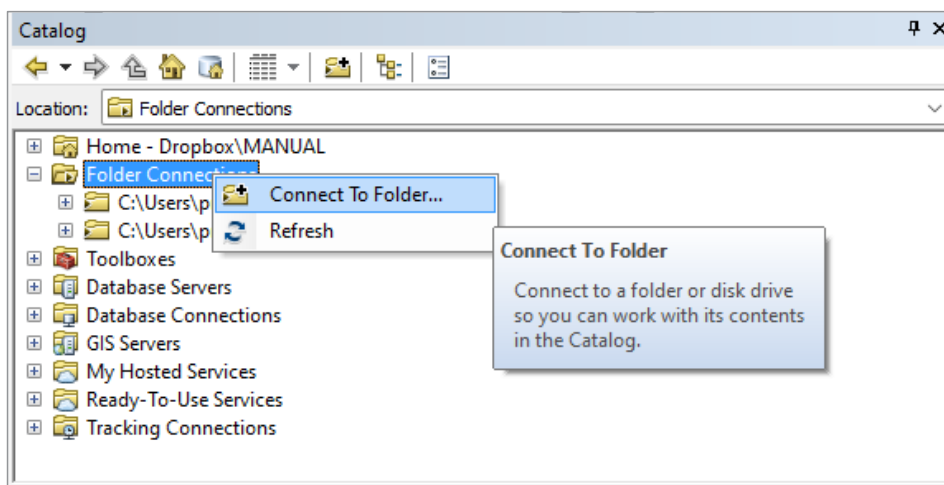
### • Imenovanje datoteka

Uspostavljanje jasnih pravila za dodijeljivanje naziva datotekama osnovni je element za rad u **ArcMap**-u. Iako **ArcGIS** može prihvatiti nazive datoteka duže od 8 znakova, izuzetno dugi nazivi mogu postati neprikladni za korištenje i mogu dovesti do nemogućnosti rada pojedinih funkcija u softveru. Preporučuje se korištenje donjih crta ( \_ ) umjesto razmaka prilikom imenovanja datoteka, slojeva, atributa itd. Na primjer, poželjno je koristiti "drvenasta\_vrsta" umesto "drvenasta vrsta". Također, potrebno je izbjegavati korištenje specijalnih znakova i slova prilikom spremanja dokumenata.

### • Čuvanje i skladištenje podataka

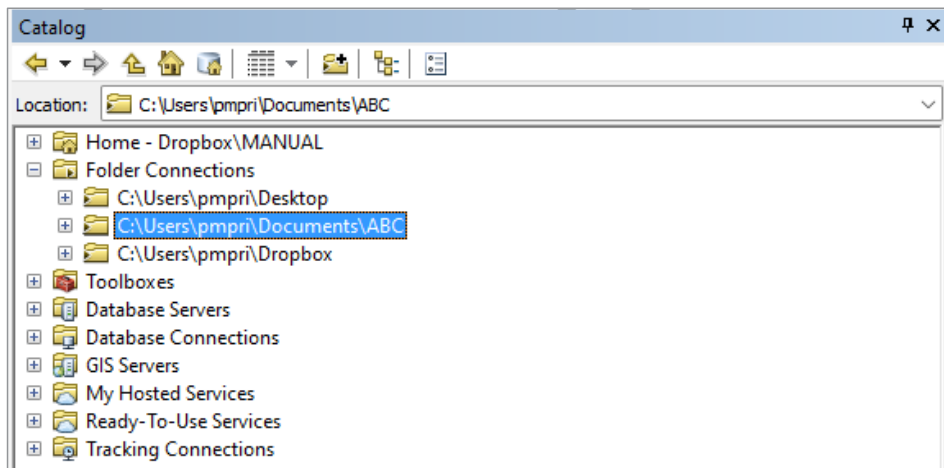
Dobro organizirano čuvanje podataka predstavlja izuzetno bitan aspekt upravljanja datotekama u **ArcMap**-u. Tijek rada trebao bi sadržavati slijedeće korake: napraviti/odrediti folder za svaki novi projekt u kojem će se čuvati svi dokumenti, datoteke i slojevi, brisanje starijih i nepotrebnih verzija datoteka i slojeva, dodjeljivanje imena datotekama unutar **Catalog**-a.

Na primjer, potrebno je napraviti novi folder (npr. ABC folder), koji se mora povezati tako da bude vidljiv u katalogu koristeći opciju **Connect To Folder** (Slika 28).



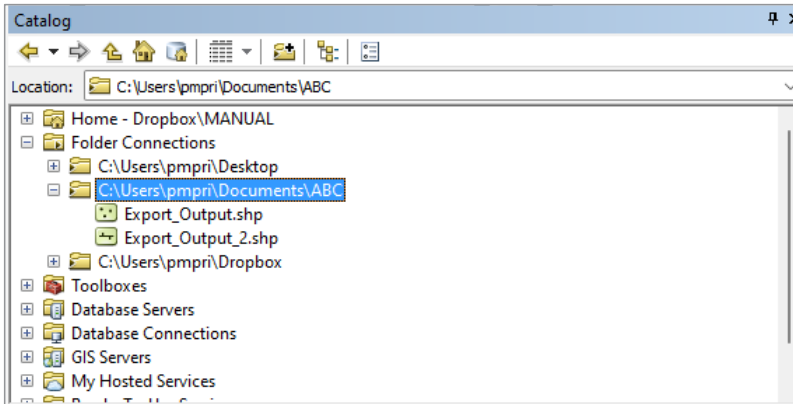
Slika 28. Povezivanje foldera u kojem će se skladištiti svi podaci i slojevi

Povezan folder ABC biti će vidljiv u Katalogu (Slika 29).



Slika 29. Prikaz povezanog foldera ABC u Catalog-u

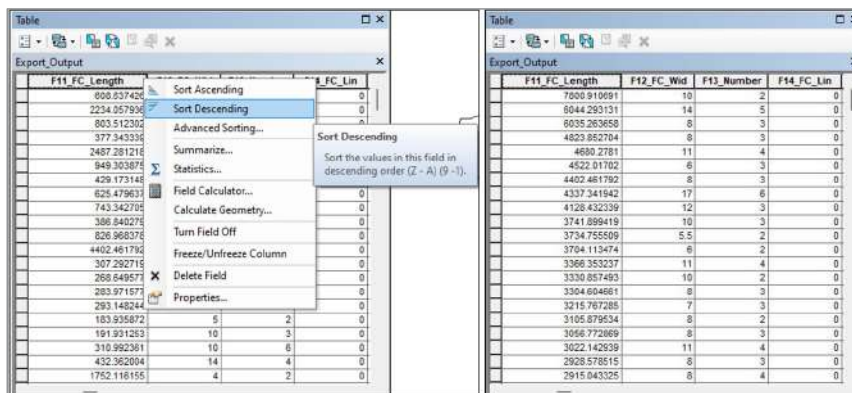
Klikom na znak plus pored povezanog foldera ABC, sve datoteke koje su spremljene u tom folderu postat će vidljive (Slika 30). Ukoliko nisu vidljivi, potrebno je označiti folder ABC u katalogu, i desnim klikom otvoriti dodatne opcije, i kliknuti **Refresh**.



Slika 30. Primjer sačuvanih fajlova u ABC folderu

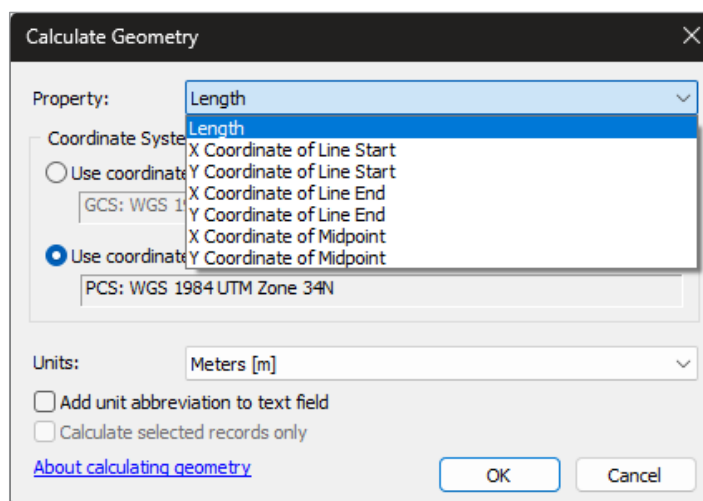
## • Manipulacija podacima

Manipulacija bazom podataka je korištenje podataka za dobivanje specifičnih informacija. U atributnoj tablici (*Attribute table*) moguće je sortirati podatke prema željenim kriterijima. Ukoliko se radi o bazi podataka o ŠZP, mogu se sortirati podaci o dužini pojasa, širini pojasa, tipu tla na kojem se pojas nalazi, prirodno potencijalnoj vegetaciji, geološkoj podlozi, zatim dominantnim vrstama u pojasu, ili podaci o kvalitetu pojaseva itd. Ovo se može napraviti desnim klikom na naziv atributa u atributnoj tablici, a zatim *Sort ascending* ili *Sort descending* (Slika 31). Ukoliko je iz baze potrebno izdvojiti pojaseve koji su npr. dužine preko 200 m, onda je potrebno sortirati podatke prema dužini pojasa, u atributnoj tablici označiti sve pojaseve koji su duži od 200 m, a zatim izvesti podatke na način koji je već opisan u potpoglavlju *Izvoz datoteka*. Također, od označenih pojasa moguće je i kreirati poseban *shapefile* desnim klikom na sloj i primjenom opcije *Create layer from selected features*.



Slika 31. Sortiranje podataka u atributnoj tablici

Jedan od korisnih alata u atributnoj tablici je **Calculate geometry**. Na primjeru ZŠP koji su u bazi u obliku višestruke linije (eng. *polyline*), moguće je odrediti X i Y koordinate početne točke, krajnje točke ili točke koja se nalazi u sredini pojasa. Ova opcija je važna ukoliko je potrebno prikazati distribuciju zaštitnih pojaseva na određenom području, za potrebe nekih drugih analiza koje zahtijevaju točkasti vektor, kao što je izdvajanje vrijednosti temperature ili oborina iz rasterske datoteke. Da bi se koristila funkcija **Calculate geometry** potrebno je u atributnoj tablici dodati novo polje (opcijom **Add field**) i dodijeliti joj naziv prema parametru koji će ova funkcija generirati. Zatim desnim klikom na kolonu izabrati **Calculate geometry** (Slika 32) i u okviru novog prozora izabrati željeni parametar.



**Slika 32.** Izračun geometrijskih karakteristika pomoću opcije *Calculate geometry*

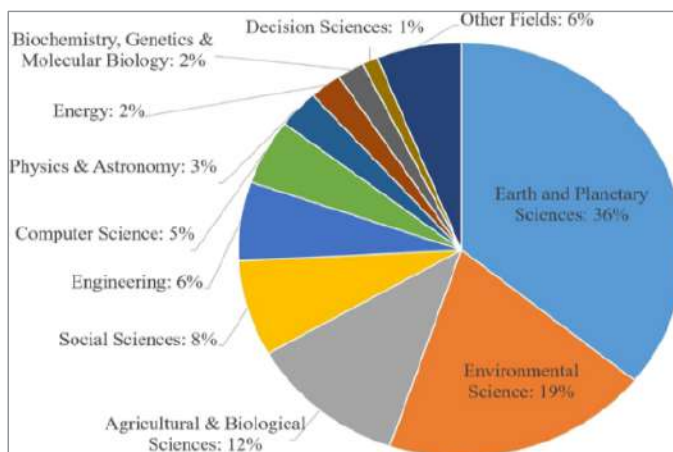
## 7. Google Earth Engine

*Google Earth Engine (GEE)* je tzv. *cloud based* platforma koja korisniku omogućava vizualizaciju i analizu podataka, kao što su:

1. satelitski snimci,
2. klimatski podaci,
3. podaci o vegetaciji,
4. podaci o načinu korištenja zemljišta,
5. podaci o geologiji i tlu,
6. digitalni model terena,
7. socijalni i demografski parametri.

Podaci s platforme (mjerene u petabajtima) dostupni su za cijeli planet Zemlju.

GEE platforma koristi **Google**-ovu infrastrukturu – super-računala koji zbog svojih moćnih konfiguracija i kapaciteta mogu analizirati veliku količinu podataka u kratkom vremenskom intervalu. GEE se u velikoj mjeri primjenjuje u različitim područjima, pa Bing Phan et al. (2023) prikazuju da broj znanstvenih radova u kojima je korištena *Google Earth Engine* platforma eksponencijalno raste u fundamentalnim i primijenjenim znanstvenim disciplinama (Slika 33).



**Slika 33.** Broj znanstveni radova u kojima je korištena *Google Earth Engine* platforma

Osim toga, zbog pristupa velikom broju prostornih podataka, GEE može imati praktičnu primjenu u okviru stvaranja planova upravljanja i strategija te pomoći donositeljima odluka na različitim razinama.

## 7.1. Princip rada

GEE platforma omogućava pristup podacima i njihovu analizu korištenjem fleksibilnog *API* (engl. *Application Programming Interface*) okruženja koje podržava programske jezike *Java Script* i *Python*. Za korištenje platforme potrebno je napisati odgovarajući kôd, koji prenosi upit platformi o tome koje podatke korisnik želi preuzeti ili koje analize podataka platforma treba izvršiti.

*Java script*, kao i *Python*, su tzv. objektno-orientirani programski jezici (*object-oriented language*). To znači da logika ovog tipa jezika uključuje stvaranje objekata (koji se u platformi obilježavaju s *var*) i kojima su dodijeljene određene karakteristike, odnosno atributi. Objektima mogu biti dodijeljeni pojedinačni *raster*-i (npr. podaci o klimi, tlu, i dr.), *shapefile*-ovi (npr. poligoni koji predstavljaju granice istraživanog područja, linije ili točke s atributnim tablicama i dr.).

U nastavku je prikazan primjer kako stvoriti objekte *a* i *b* i njima dodijeliti brojčane vrijednosti (karakteristike objekata), zatim stvoriti objekt *c* koji je proizvod objekata *a* i *b*, te na kraju ispisati vrijednost objekta *c* (Slika 34).



```

New Script *
Get Link Save Run Reset Apps
1 //kreiranje objekata a i b i dodeljivanje njegove brojčane vrednosti
2 var a=4
3 var b=2
4 //kreiranje objekata c koji je je proizvod objekata a i b
5 var c=a*b
6 //primenom funkcije print ispit rezultata c
7 print(c)
Inspector Console Tasks
Use print(...) to write to this console.
8

```

Slika 34. Princip rada – primjer stvaranja objekata

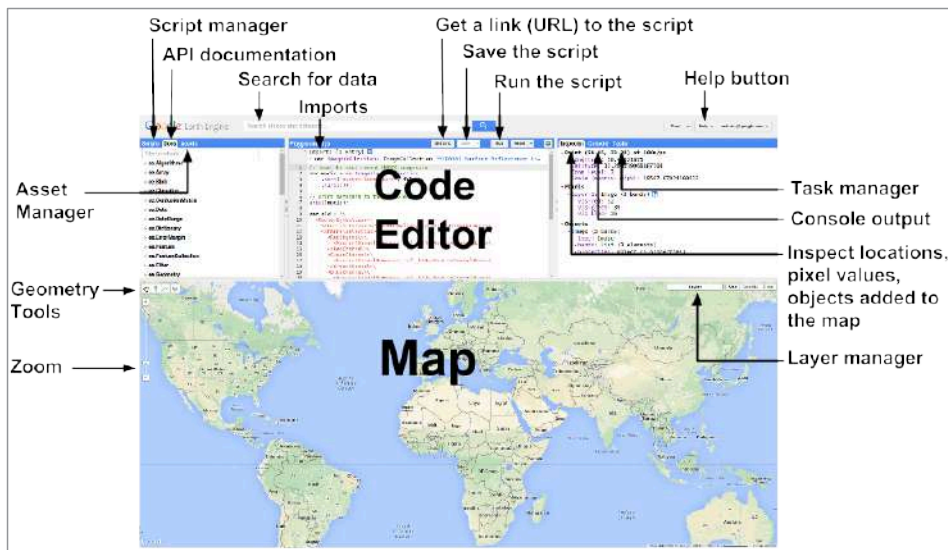
Stvorena su dva objekta korištenjem upita *var* (*var a* i *var b*) i dodijeljene su im numeričke vrijednosti (4 i 2). Zatim je stvoren objekt *c* (*var c*) koji je rezultat množenja objekata *a* i *b*. Na kraju je napisan upit za ispisivanje objekta *c* gdje je korištena funkcija *print*. Okruženje unutar GEE platforme olakšava praćenje rada budući da je svaki upit u okviru koda je obilježen različitom bojom. Konkretno, na prethodnom primjeru (vidi Slika 34), stvaranje objekta korištenjem upita *var* je označeno podebljanim slovima. Dok funkcije, u ovom primjeru korištena funkcija *print* kojom se ispisuje vrijednosti objekta *c* (*var c*), su označene ljubičastom bojom.

Po istom principu, umjesto numeričkih vrijednosti, objektima *a* i *b* mogu se dodijeliti druge karakteristike (atributi). Na primjer, objektu *a* može se dodijeliti raster reflektiranog zračenja u crvenom dijelu spektra (*RED*), a objektu *b* može se dodijeliti raster reflektiranog infracrvenog zračenja (*NIR*). Zatim, objekt *c* može

biti formula koja se koristi za izračun **NDVI** indeksa. Pored toga, mogu se stvoriti objekti kojima mogu biti dodijeljene cjelokupne baze podataka (o klimi, tlu, načinu korištenja zemljišta, itd) koje mogu biti filtrirane na područja istraživanja, vremenske serije i slično, što će detaljno biti prikazano dalje u Poglavlju 7.

## 7.2. Izgled platforme i osnovne postavke

Sučelje *Google Earth Engine* platforme sadrži nekoliko prozora i alata, kao što je prikazano na slici (Slika 35). Centralno pozicioniran na vrhu je uređivač kodova (**Code Editor**), gdje korisnici upisuju odgovarajuće kodove (upite) za preuzimanje analizu i obradu podataka.



Slika 35. Sučelje *Google Earth Engine* platforme

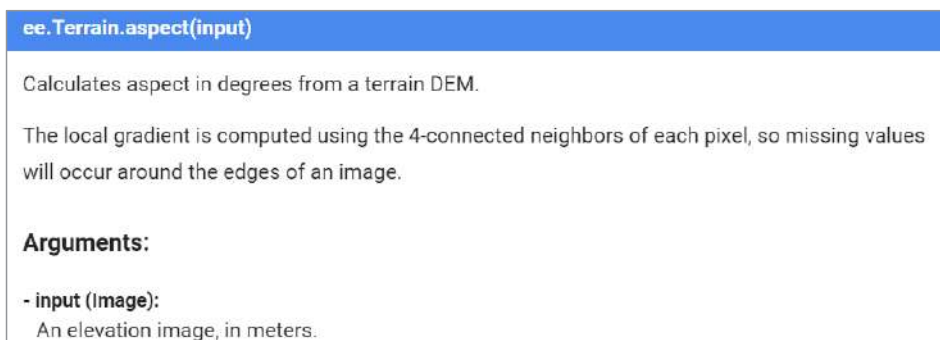
(<https://developers.google.com/earth-engine/tutorials/community/beginners-cookbook>)

Na lijevoj strani nalazi se kartica **Scripts**, koja sadrži foldere u okviru koji se nalaze već napisane skripte i projekti. Unutar istog prozora (Slika 36), nalazi se kartica **Assets**, gdje se nalaze spremljeni podaci u **raster** ili **vector** koji se mogu koristiti u analizama.



Slika 36. Kartice: **Assets**, **Scripts** i **Docs**

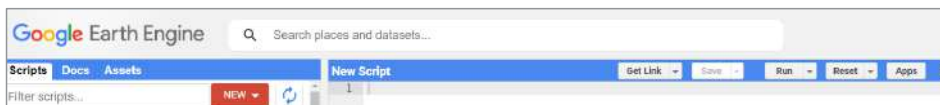
U kratici *Docs* nalaze se sve funkcije (i njihova objašnjenja) koje sadržava GEE i koje se mogu koristiti u različitim analizama. Na slici (Slika 36) se nalaze funkcije u okviru veće grupe funkcija koje su potrebne za analizu terena (*ee.Terrain*). Prva funkcija koja se pojavljuje je *ee.Terrain.aspect* koja služi za generiranje karte ekspozicija na osnovu *DEM*-a. Kada se izabere neka od funkcija otvara se novi prozor s objašnjenjem odabrane funkcije (Slika 37).



Slika 37. Opis funkcije *ee.Terrain.aspect*

### 7.3. Pretraga baza podataka na GEE platformi

Pretraga dostupnih baza podataka u GEE-u je moguća na dva načina. Prvi način je izravno iz *Code editor*-a, kao što je prikazano na slici (Slika 38), pomoću prozora *Search places and datasets...*



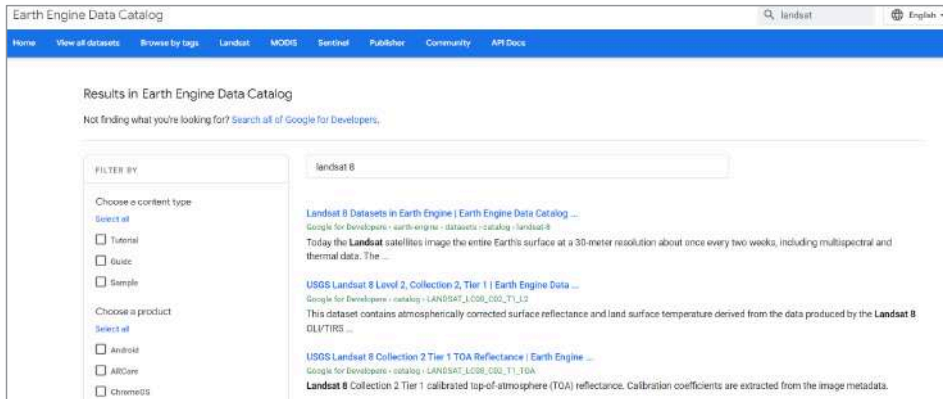
Slika 38. Pretraga u GEE

Drugi način pretrage je pomoću GEE kataloga (<https://developers.google.com/earth-engine/datasets>) (Slika 39).



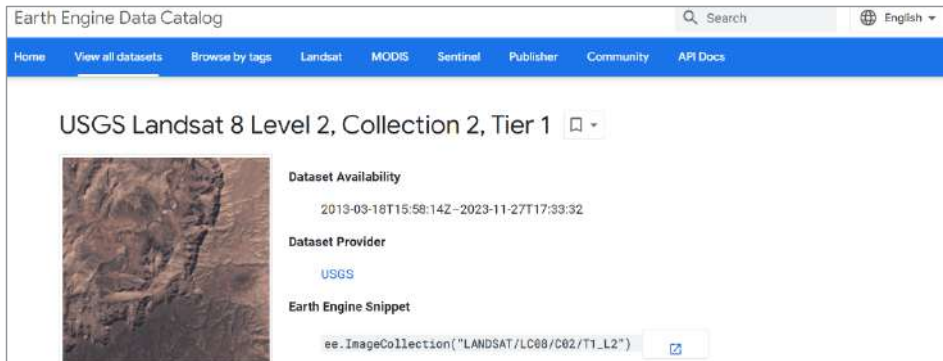
Slika 39. Pretraga u GEE *Catalog*-u

Na primjer, ako se u polje *Search* upiše "*Landsat 8*" kako bi se pretražile baze podataka koje sadrže satelitske snimke misije „*Landsat 8*“, otvoriti će se novi prozor s rezultatima pretrage (Slika 40).



Slika 40. Pretraga u GEE (*Landsat 8*)

Na osnovu rezultata pretrage (*Landsat 8*), pojavljuju se kolekcije slika *Landsat 8* misije sa satelitskim snimcima različite razine obrade. Iz rezultata prikazanih na gornjoj slici (Slika 40), izabran je drugi rezultat – *USGS Landsat 8 Level 2 Collection 2 Tier 1*. Kada se ova baza podataka odabere, otvara se novi prozor (Slika 41) gdje se pojavljuju informacije vezane za izabranu bazu podataka.




Slika 41. Baza podataka *USGS Landsat 8* misije

U okviru novootvorenog prozora, mogu se pronaći se podaci o dostupnosti ovog seta podataka (*Dataset Availability*), o izvoru podataka (*Data Provider*) kao i kôdu koji se koristi u GEE za pristup ovoj bazi podataka (*Earth Engine Snippet*). Ovdje se nalazi funkcija *ee.ImageCollection* koja se koristi za pozivanje različitih baza podataka za potrebe stvaranja novih objekata (varijabli), a u ovom slučaju snimaka iz „*Landsat 8*“ misije, sa slijedećim zapisom („*LANDSAT/LC08/C02/T1\_L2*“).

U nastavku otvorene stranice rezultata nalaze se dodatne informacije o bazi podataka kao što su: opis baze podataka (*Data description*), pojasevi ili kanali (*Bands*), svojstva snimaka (*Image properties*) i uvjeti korištenja (*Terms of use*) (Slika 42).

USGS Landsat 8 Level 2, Collection 2, Tier 1



**Dataset Availability**  
2013-09-18T15:58:14 -

**Dataset Provider**  
USGS

**Collection Snippet**

```
ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_L2")
```

[See example](#)

[DESCRIPTION](#)   [BANDS](#)   [IMAGE PROPERTIES](#)   [TERMS OF USE](#)

This dataset contains atmospherically corrected surface reflectance and land surface temperature derived from the data produced by the Landsat 8 OLI/TIRS sensors. These images contain 5 visible and near-infrared (VNIR) bands and 2 short-wave infrared (SWIR) bands processed to orthorectified surface reflectance, and one thermal infrared (TIR) band processed to orthorectified surface temperature. They also contain intermediate bands used in calculation of the ST products, as well as QA bands.

Landsat 8 SR products are created with the Land Surface Reflectance Code (LaSRC). All Collection 2 ST products are created with a single-channel algorithm jointly created by the Rochester Institute of Technology (RIT) and National Aeronautics and Space Administration (NASA) Jet Propulsion Laboratory (JPL).

Strips of collected data are packaged into overlapping "scenes" covering approximately 170km x 183km using a [standardized reference grid](#).

Some assets have only SR data, in which case ST bands are present but empty. For assets with both ST and SR bands, 'PROCESSING\_LEVEL' is set to 'L2SP'. For assets with only SR

Slika 42. Opis baze podataka USGS Landsat 8 misije

U istom prozoru (Slika 43) prikazane su informacije o pojasevima (*Bands*), tj. u prvoj koloni nalazi se naziv pojasa (pojasevi su uglavnom obilježeni s od 1 do n). Za ovaj set podataka pojasevi su obilježeni sa *SR\_B1*, *SR\_B2*, itd. Dalje, u narednim kolonama su dane informacije o minimalnim, maksimalnim vrijednostima svakog piksela, mjerilu, valnoj duljini i na kraju opisu pojasa gdje se nalazi i njegov naziv (*Blue*, *Green*, *Red*, itd.).

Description <b>Bands</b> Image Properties   Terms of Use							
<b>Resolution</b>							
30 meters							
<b>Bands</b>							
Name	Units	Min	Max	Scale	Offset	Wavelength	Description
SR_B1	1	65455	2.75e+05	-0.2	0.435-0.451	µm	Band 1 (ultra blue, coastal aerosol) surface reflectance
SR_B2	1	65455	2.75e+05	-0.2	0.452-0.512	µm	Band 2 (blue) surface reflectance
SR_B3	1	65455	2.75e+05	-0.2	0.533-0.590	µm	Band 3 (green) surface reflectance
SR_B4	1	65455	2.75e+05	-0.2	0.636-0.673	µm	Band 4 (red) surface reflectance

Slika 43. Bendovi iz USGS Landsat 8 baze podataka

Kada se baze podataka pretražuju direktno u **Code Editor**-u pojavljuje se sličan opis i informacije o bazi kao i na prethodnim slikama. Učitavanje izabrane baze podataka u **Code editor**-u je moguće klikom na **Import**.

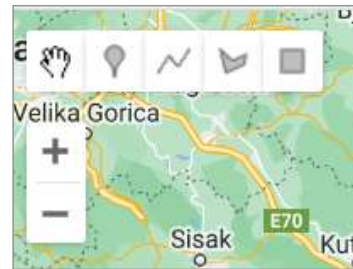
## 7.4. Područje istraživanja

Manipulacija podacima i prostorne analize se u GEE uglavnom izvode za određena područja istraživanja. Na GEE platformi područje istraživanja se može označiti na dva načina:

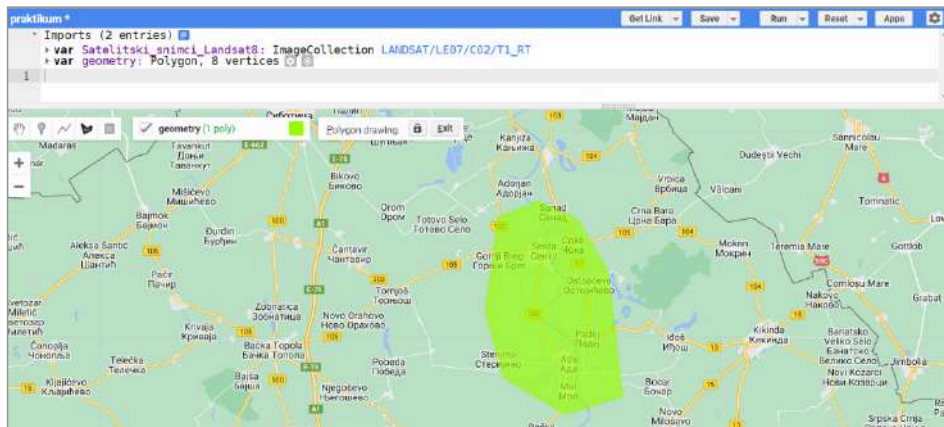
1. Crtanjem poligona u sučelju platforme
2. Ubacivanjem *shapefile*-a (poligona, linije ili točke)

### 7.4.1. Crtanje poligona u GEE

Prilikom crtanja poligona potrebno je izabrati jednu od opcija crtanja (točka, linija, poligon ili kvadrat) u desnom kutu ekrana (Slika 44). Kada se izabere opcija crtanja (npr. poligon), novi objekt (koji se sastoji od nacrtanog poligona) se pojavljuje na vrhu **Code editor**-a s automatski dodijeljenim imenom – **var geometry** (Slika 45).



Slika 44. Izbor opcije crtanja



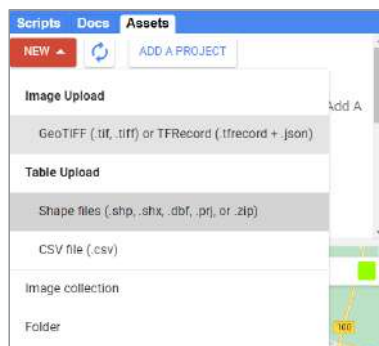
Slika 45. Stvoreni objekt *var geometry*

## 7.4.2. Učitavanje shapefile podataka

Da bi *shapefile* bio učitao kao novi objekt, potrebno je s lijeve strane u prozoru odabrati karticu *Assets*, zatim kliknuti na ikonu *NEW* i izabrati opciju *Shape files* (Slika 46).

Postoji i opcija učitavanja podataka u formatu *GeoTIFF* ili *.csv* (*Excel* tablica).

Potom se otvara novi prozor u kojem je potrebno dodijeliti naziv učitanoj *shapefile*-u (*Asset ID*, odnosno *Asset name*) i kliknuti na ikonu *SELECT*. Ispod ikone *SELECT* se nalaze formati koje *GEE* može učitati, a to su: *shp*, *zip*, *dbf*, *prj*, *shx*, *cpg*, *fix*, *qix*, *sbn* i *shp.xml* (Slika 47).



Slika 46. Učitavanje *shapefile*-a

### Upload a new shapefile asset

**Source files**

SELECT

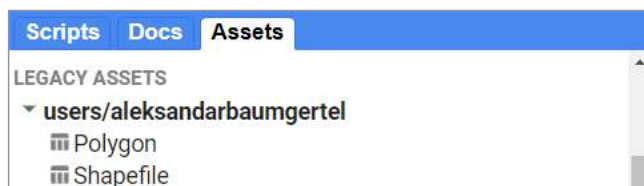
Please drag and drop or select files for this asset.  
 Allowed extensions: shp, zip, dbf, prj, shx, cpg, fix, qix, sbn or shp.xml.

**Asset ID**

users/aleksandarbaumgertel/


Slika 47. Učitavanje *shapefile*-a

Kada se učita *shapefile*, s lijeve strane u okviru *Assets*, pojavljuje se *shapefile* (polygon) kao na slici (Slika 48).



Slika 48. Učitao *shapefile*

Klikom na učitani *shapefile* (polygon) otvara se novi prozor s informacijama o učitanoj *shapefile*-u (Slika 49).



Asset details

DELETE SHARE IMPORT Edit

Table: Shapefile

DESCRIPTION	FEATURES	PROPERTIES		
Feature Index	OBJECTID (Long)	SHAPE_Area (Float)	SHAPE_Leng (Float)	system:index (String)
0	1	166221690.869	64471.4615732	

Table ID: users/aleksandarbaumgertel/Shapefile

Date: Start date: NA, End date: NA

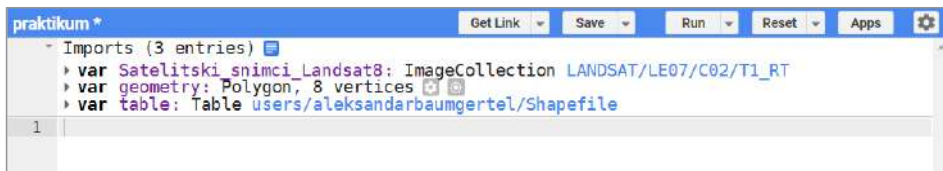
File Size: 7.6KB

Number of Features: 1

Last modified: 2023-12-06 15:36:52 UTC

Slika 49. Informacije o *shapefile*-u

Klikom na **IMPORT**, u **Code editor**-u stvara se objekt (poligon) kome je dodijeljen učitani *shapefile* (poygon) – *var geometry: Polygon, 8 vertices* (Slika 50).



```

praktikum *
Imports (3 entries)
var Satelitski_snimci_Landsat8: ImageCollection LANDSAT/LE07/C02/T1_RT
var geometry: Polygon, 8 vertices
var table: Table users/aleksandarbaumgertel/Shapefile
  
```

Slika 50. Učitavanje *shapefile*-a u Code editor-u

## 7.5. Manipulacija podacima iz drugih baza podataka

Kao što je prethodno spomenuto, GEE platforma omogućava pristup velikom broju podataka iz različitih baza koje se nalaze u katalogu (Slika 39 i 40). To su podaci o klimi, tlu, načinu korištenja zemljišta, terenu (nagib, ekspozicija i dr.). U nastavku će se prikazati primjeri preuzimanja različitih prostornih podataka koji su bitni prilikom analize okolišnih uvjeta. Okolišne uvjete je neophodno procijeniti prilikom planiranja budućih AŠ praksi na odabranom lokalitetu kao i kada je praksa već zastupljena na lokaciji.

### 7.5.1. Soil Grid

Soil Grid, globalna baza podataka o tlu, je od 2020. godine dostupna na **GEE** platformi ([https://git.wur.nl/isric/soilgrids/soilgrids.notebooks/-/blob/master/markdown/access\\_on\\_gee.md](https://git.wur.nl/isric/soilgrids/soilgrids.notebooks/-/blob/master/markdown/access_on_gee.md)).

Kada se otvori navedeni link on otvara prozor s podacima o tlu koje nudi ova baza podataka (druga kolona). U trećoj koloni (**Assets on GEE**) nalaze se skraćenice za svaku od karakteristika tla (Slika 51).

Klikom na određenu skraćenicu, npr. **sand\_mean** otvara se novi prozor s opisom izabranog svojstva tla (Slika 52) i brojem pojasa (*Basnds*) koji se nalaze u okviru izabrane baze podataka (Slika 53).

Acronym	Property	Assets on GEE
bdod	Bulk density	<a href="#">bdod_mean</a>
cec	Cation exchange capacity at pH7	<a href="#">cec_mean</a>
cfvo	Coarse fragments	<a href="#">cfvo_mean</a>
clay	Clay	<a href="#">clay_mean</a>
nitrogen	Total Nitrogen	<a href="#">nitrogen_mean</a>
ocd	Organic carbon density	<a href="#">ocd_mean</a>
ocs	Organic carbon stock	<a href="#">ocs_mean</a>
phh2o	pH in H2O	<a href="#">phh2o_mean</a>
sand	Sand	<a href="#">sand_mean</a>
silt	Silt	<a href="#">silt_mean</a>
soc	Soil organic carbon	<a href="#">soc_mean</a>

Slika 51. Soil grid baza podataka

Asset details DELETE SHARE IMPORT Edit

**Sand content, mean**

DESCRIPTION BANDS PROPERTIES

Image.clipToBoundsAndScale: The geometry for image clipping must be bounded.

Image ID projects/soilgrids-isric/sand\_mean

Date Start date:

Sand content in g/kg at 6 standard depths. Predictions were derived using a digital soil mapping approach based on Quantile Random Forest, drawing on a global compilation of soil profile data and environmental layers.

Soil Property DOI <https://doi.org/10.17027/isric-soilgrids.713396fa-1687-11ea-a7c0-a0481ca9e724>

Terms of use This version of SoilGrids is available to you by [ISRIC – World Soil Information](#) under the CC-BY 4.0 License.

Important notice [SoilGrids](#) is designed as a globally consistent, data-driven system that predicts soil properties and classes using global covariates and globally fitted models. If you are looking for soil information on national and/or local levels we advise to compare SoilGrids predictions with soil maps derived from national and local soil geographical databases. National soil maps are usually based on more detailed input soil information and therefore are often more accurate than SoilGrids (within the local coverage area). For an overview of national and regional soil databases, please refer to the Soil


CLOSE

Slika 52. Informacije o Soil grid bazi podataka

Asset details DELETE SHARE IMPORT Edit

**Sand content, mean**

Image.clipToBoundsAndScale: The geometry for image clipping must be bounded.

Image ID   
projects/soilgrids-  
isric/sand\_mean

Date  
Start date: NA

Index	Name	Type	Dimensions	CRS	Nominal Scale	*Min	*Max
0	sand_0-5cm_mean	signed int16	143497x607 28 px	NA	250	8	956
1	sand_5-15cm_mean	signed int16	143497x607 28 px	NA	250	8	955
2	sand_15-30cm_mean	signed int16	143497x607 28 px	NA	250	7	955
3	sand_30-60cm_mean	signed int16	143497x607 28 px	NA	250	6	956

\*The min and max band values are an approximation.

Slika 53. Informacije o dostupnim pojavima u *Soil grid* bazi podataka

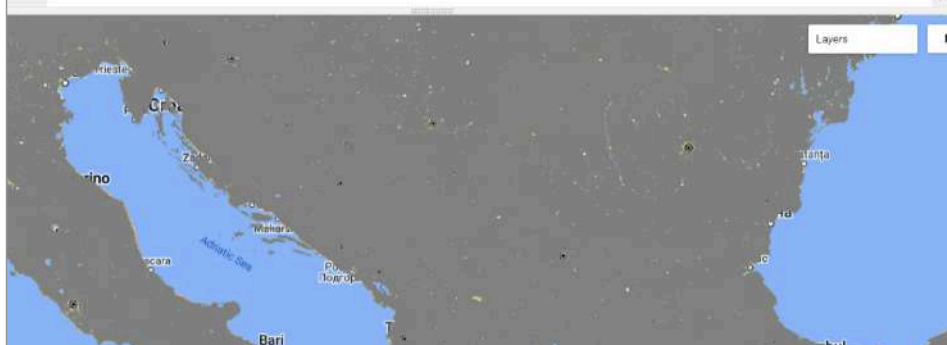
Pritiskom na **IMPORT** otvara se **GEE Code editor** gdje je kreiran novi objekt (**var image**) koji se sastoji od srednjih vrijednosti sadržaja pijeska – **var image: Image „Sand content, mean“ (6 bands)** (Slika 54).

New Script \* Get Link Save Run Reset Apps

```

Imports (1 entry)
var image: Image "Sand content, mean" (6 bands)

```



Slika 54. Kreiran objekt **var image** (sadržaj pijeska)

Na istom linku ([https://git.wur.nl/isric/soilgrids/soilgrids.notebooks/-/blob/master/markdown/access\\_on\\_gee.md](https://git.wur.nl/isric/soilgrids/soilgrids.notebooks/-/blob/master/markdown/access_on_gee.md)) nalazi se i funkcija koju je potrebno pozvati da bi se novoj varijabli u **Code editor**-u dodjelile pojedine osobine tla (**var image = ee.Image ()**) (Slika 55). Također, na istoj stranici nalazi se i link (<https://code.earthengine.google.com/9e11d149a1d28d10619fa5353b895ed2>) koji direktno vodi u **Code editor** gdje se nalaze funkcije kao na slici (Slika 55).

```

Import assets in GEE

1. Javascript

var image = ee.Image("projects/soilgrids-isric/layer_name");

2. python

image = ee.Image("projects/soilgrids-isric/layer_name");
    
```

Slika 55. Kod za pozivanje *Soil Grid* baze podataka

U prikazanom kodu (Slika 57) stvoren je novi objekt *var sand* kojemu su dodijeljeni podaci o srednjoj vrijednosti količine pijeska, korištenjem funkcije *ee.Image*. U kodu u petom redu kreiran je novi objekt *var imageVisParam* koji će se koristiti za vizualizaciju podataka o srednjem sadržaju pijeska u tlu. U tom novom objektu postavljena je vidljivost (*opacity*), zatim je označeno da se odnosi na pojas „*sand\_0-5cm\_mean*“, te raspon minimalne (*min*) i maksimalne (*max*) vrijednosti i oznake boja palete (*palette*).

	White	#FFFFFF
	Silver	#C0C0C0
	Gray	#808080
	Black	#000000
	Red	#FF0000
	Maroon	#800000
	Yellow	#FFFF00

Slika 56. Oznake za različite boje u *GEE*

Postoje jedinstvene standardizirane oznake za prikaz boja (Slika 56). U prikazanom kodu izabrane su boje kodova „*ffef29*“ i „*0000ff*“. Zatim, u dijelu koda (*//add layer to the map*), nalazi se funkcija *Map.addLayer* kojom se učitava karta sadržaja pijeska (*sand*) i prikazuje u centralnom dijelu platforme. U okviru funkcije *Map.addLayer* u zagradi prvo je navedeno *sand* (što znači da će se prikazati objekt *var sand*) po parametrima koji su postavljeni u okviru objekta *imageVisParam*. Dalje klikom na *Run* prikazuje se karta za cijeli planet Zemlju (Slika 57).

```

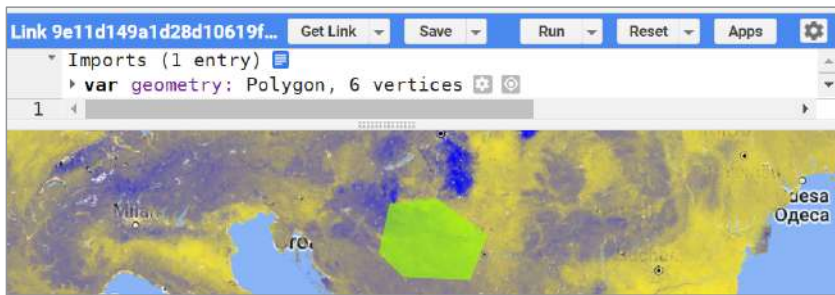
Link 9e11d149a1d28d10619fa5353b896ed2
1 //load soil layers
2 var sand = ee.Image("projects/soilgrids-isric/sand_mean");
3
4 //set visualization parameters
5 var imageVisParam = {"opacity":1,"bands":["sand_0-5cm_mean"],"min":10,"max":800,"palette":["ffef29","0000ff"]};
6
7 //add layer to the map
8 Map.addLayer(sand, imageVisParam)
9 Map.setCenter(12.54122, 48.47531, 5)
10
11 //click run to view
    
```



Slika 57. Kod sa stvorenim objektom *var sand* i postavke za vizualizaciju

Na ovaj način pojavljuje se karta (u ovom slučaju karta vrijednosti sadržaja pijeska) ali samo u okviru platforme. Ipak za potrebe detaljnije analize potrebno je ovu kartu, za određeno istraživano područje preuzeti na računalo u *.TIFF* formatu.

Da bi se karta preuzela na računalo s *.TIFF* ekstenzijom prvo je potrebno kreirati (ili učitati) područje istraživanja (detaljnije objašnjeno u Poglavlju 7.4). Područje istraživanja u ovom primjeru je poligon i dodjeljen je stvorenom objektu *var geometry* (Slika 58).



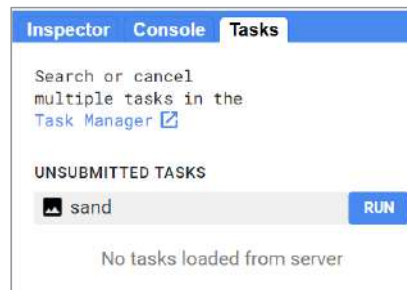
Slika 58. Kreiran *var geometry* koja označava područje istraživanja (zeleni poligon)

Dalje je potrebno koristiti funkciju *Export.image.toAsset*. U tijelu funkcije u polju *image*: potrebno je unijeti koji je parametar potrebno preuzeti (u ovom primjeru to je prethodno stvoren objekt *var sand – image: sand*). U posljednjem redu funkcije stoji *region*: odnosi se na određenu površinu (područje istraživanja) na koju će karta izvezena u *.TIFF* formatu biti ograničena. U ovom primjeru to je poligon koji je dodijeljen objektu *var geometry (region: geometry)* (Slika 59).

```
11 //download the image (sand)
12 Export.image.toAsset({
13   image: sand,
14   description: 'sand',
15   scale: 30,
16   maxPixels: 1e9,
17   region: geometry
18 });
```

Slika 59. Funkcija za izvoz rastera iz GEE-a

Dalje je potrebno pokrenuti kôd pritiskom na *Run* nakon čega se s desne strane u kartici *Tasks* (Slika 60) pojavljuje novi zadatak („unsubmitted task“) nazvan po opisu (opis iz funkcije *Export.image.toAsset*). U tom prozoru je također potrebno kliknuti na gumb *RUN*.

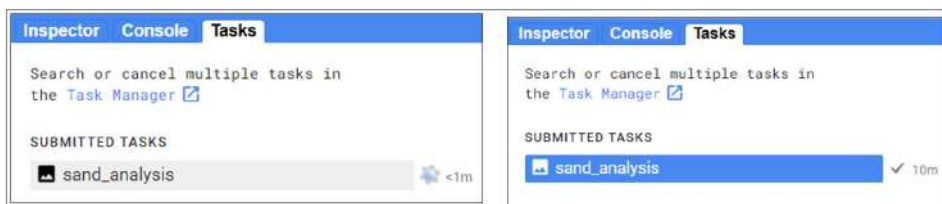


Slika 60. Pokretanje *task*-a

Potom se otvara novi prozor (Slika 61) gdje je potrebno na početku izabrati kraticu **DRIVE** (što znači da će **.TIFF** datoteka biti preuzeta na **Google drive**), zatim dati naziv zadatku (npr. **sand\_analysis**), postaviti rezoluciju (ostaviti 30 m/px), dati naziv datoteci koja će biti preuzeta (**mean\_sand\_0\_5**) i izabrati odgovarajuću ekstenziju (**GEO\_TIFF**).

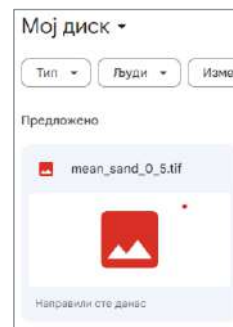
Zatim je potrebno ponovo pristinuti **RUN** (Slika 61). Nakon toga se s desne strane u kratici **Tasks** pojavljuje izabrani zadatak koji je označen kao pokrenut (**submitted tasks**), a nakon određenog vremena, zadatak će biti označen plavom bojom, koja označava da je preuzimanje završeno (Slika 62).

Slika 61. Podešavanje za izvoz rezultata

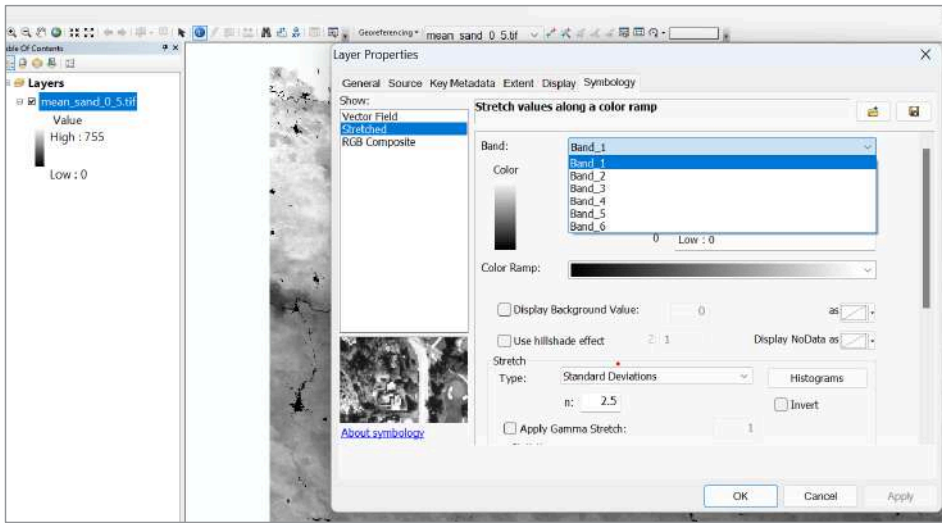


Slika 62. Pokrenut i završen task

Preuzeta datoteka se nalazi na **Google drive-u** (Slika 63) s kojega ju je moguće prebaciti u folder na računalu i otvoriti u **ArcMap** softveru. Kada se preuzeta datoteka otvori u **ArcMap-u** učitava se **.TIFF** datoteka koji se sastoji od šest **bandova** gdje svaki band sadrži srednje vrjednosti sadržaja pijeska po dubinama (0-5, 5-10, 10-15cm, itd.) kao na slici (Slika 64).



Slika 63. Prezet raster na Google Drive-u



Slika 64. Preuzet raster učitani u ArcMap-u

Na ovaj način preuzeti su svi pojasevi (*bandovi*) iz ove baze podataka (srednji sadržaj pijeska po različitim dubinama tla) gdje svaki pojas predstavlja jednu dubinu (Slika 53). Moguće je preuzeti i samo podatke po jednoj dubini, odnosno jedan pojas. To se čini stvaranjem novog objekta *var sand* kojim se iz *Soil Grids* baze bira odgovarajuća kolekcija *sand\_mean*. Zatim se stvori novi objekt *var sand\_0\_5cm*, u okviru kojeg se korištenjem funkcije *.select* iz kolekcije *sand\_mean* bira *sand\_0\_5cm\_mean* (Slika 65).



Slika 65. Kreiran objekt *var sand\_0\_5cm* primjenom funkcije *.select*

## 7.5.2. Digitalni model nadmorskih visina (DEM)

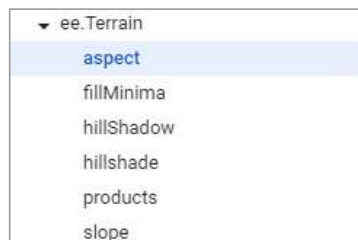
Digitalni model terena za cijeli planet je moguće preuzeti iz različitih baza podataka pomoću *GEE* platforme (npr. „*SRTM Digital Elevation Data*“ ili „*Copernicus DEM GLO*“). U primjeru ispod (Slika 66), objektu *var DEM* dodijeljena je baza podataka „*SRTM DEM version 4*“ (korištena je funkcija *ee.Image*). U nastavku koda, objekt *var elevation* nosi podatke o nadmorskim visinama (engl. *elevation*) izabrane funkcijom *.select* iz baze podataka iz objekta *var DEM*. Zatim u ovom primjeru koristi se već definirana funkcija koja računa nagib (*slope*) na osnovu *DEM*-a. Stvara se novi objekt *var slope* u okviru kojeg je korištena spomenuta funkcija (*ee.Terrain.slope*) koja računa nagib terena na osnovu karte nadmorskih visina.

```

Soilgrid *
Imports (1 entry)
  var geometry: Polygon, 6 vertices
1 //download the image (sand)
2
3 var DEM = ee.Image('CGIAR/SRTM90_V4');
4 var elevation = DEM.select('elevation');
5 var slope = ee.Terrain.slope(elevation);
6 Map.setCenter(-112.8590, 36.2841, 10);
7 Map.addLayer(slope, {min: 0, max: 60}, 'slope');
8
9 //download the image (DEM)
10 Export.image.toAsset({
11   image: elevation,
12   description: 'elevation',
13   scale: 30,
14   maxPixels: 1e9,
15   region: geometry
16 });
    
```

Slika 66. Kôd za pozivanje baze podataka o digitalnom modelu terena, stvaranje karte nagiba i izvoz karte nagiba u raster formatu

Pored funkcije *ee.Terrain.slope* koja je upotrijebljena u prethodnom kodu, GEE platforma pruža mogućnost stvaranja i drugih podataka na osnovu DEM-a. Na linku (<https://developers.google.com/earth-engine/apidocs/>) se nalaze sve funkcije koje je moguće koristiti u okviru GEE platforme. Jedna od grupa funkcija je *ee.Terrain* koja sadrži sve funkcije koje se odnose na analizu podataka vezanih za teren, kao što su *slope*, *aspect*, *hillshade*, itd. (Slika 67).



Slika 67. Različiti alati u okviru porodice funkcija *ee.Terrain*

Kada se izabere neka od funkcija, npr. *slope*, otvara se novi prozor s detaljnijim informacijama vezanim za izabranu funkciju (Slika 68). Pored naziva funkcije *ee.Terrain.slope* u nastavku stoji njen opis („*Calculate slope in degrees from a terrain DEM*“) i kôd funkcije koju je potrebno unijeti u *Code editor* (*ee.Terrain.slope(input)*). Ovdje se pod *input* očekuje naziv objekta kome je u kodu prethodno dodijeljen DEM. Pod *Details* stoji opis unosa (input) koji je potrebno unijeti, odnosno u ovom primjeru to je *An elevation image in meters*.

U nastavku je prikazan primjer koda napisan u *JavaScript* programskom jeziku kao i u *Python*-u.

Home > Products > Google Earth Engine > Reference

Was this helpful?

## ee.Terrain.slope

[Send feedback](#)

Calculates slope in degrees from a terrain DEM.

The local gradient is computed using the 4-connected neighbors of each pixel, so missing values will occur around the edges of an image.

Usage	Returns
<code>ee.Terrain.slope(input)</code>	Image

Argument	Type	Details
<code>input</code>	Image	An elevation image, in meters.

### Examples

[Code Editor \(JavaScript\)](#) [Colab \(Python\)](#)

```
// A digital elevation model.
var dem = ee.Image('NASA/NASADEM_HGT/001').select('elevation');

// Calculate slope. Units are degrees, range is [0,90].
var slope = ee.Terrain.slope(dem);
```

Slika 68. Informacije o funkciji `ee.Terrain.slope`

### 7.5.3. CORINE baza podataka

Jedna od najčešće korištenih baza podataka o načinu korištenja zemljišta je **CORINE**. Opis baze s načinima korištenja zemljišta i kodovima za paletu boja prikazani su na slici (Slika 69).

U kpdfu ispod (Slika 70) primjenom funkcije `ee.Image` stvoren je objekt `var CORINE` koji sadrži podatke, odnosno sliku/raster načina korištenja zemljišta (*Copernicus/Corine/V20/100m/2012*). U redu ispod kreiran je objekt `var landcover` koji funkcijom `.select` poziva 'landcover' klase (*bandove*) iz baze podataka **CORINE**.

Resolution			
100 meters			
Bands Table			
Name	Description		
landcover	Land cover		
Class Table: landcover			
Value	Color	Value	Description
111		#e8004d	Artificial surfaces > Urban fabric > Continuous urban fabric
112		#ff0000	Artificial surfaces > Urban fabric > Discontinuous urban fabric
121		#cc4d12	Artificial surfaces > Industrial, commercial, and transport units > Industrial or commercial units
122		#cc0000	Artificial surfaces > Industrial, commercial, and transport units > Road and rail networks and associated land
123		#e6cccc	Artificial surfaces > Industrial, commercial, and transport units > Port areas

Slika 69. Opis CORINE baze podataka



```

LULC
Imports (1 entry)
  var geometry: Polygon, 6 vertices
1 //download the image (sand)
2
3 var CORINE = ee.Image('CORPERNICUS/CORINE/V20/100m/2012');
4 var LandCover = dataset.select('landcover');
5 Map.setCenter(16.436, 39.825, 6);
6 Map.addLayer(LandCover, {}, 'Land Cover');
7
8 //download the image (DEM)
9 Export.image.toAsset({
10   image: LULC,
11   description: 'LULC',
12   scale: 30,
13   maxPixels: 1e9,
14   region: geometry
15 });
16
    
```

Slika 70. Kôd za pozivanje i izvoz rastera iz *CORINE* baze podataka o načinu korištenja zemljišta

### 7.5.4. Oborine

Podatke o klimi je također je moguće preuzeti platforme iz različitih baza podataka pomoću GEE (npr. *Sentinel 5 NRTI*, *ERAS*, itd.). U kodu ispod (Slika 71) korištena je baza podataka *TerraClimate* (Slika 72) i stvoren je novi objekt *var dataset*.



```

Precipitation *
Imports (1 entry)
  var geometry: Polygon, 6 vertices
1
2
3 var dataset = ee.ImageCollection('IDAHO_EPSCOR/TERRACLIMATE')
4   .filter(ee.Filter.date('2017-07-01', '2017-08-01'));
5 var precipitation = dataset.select('pr');
6
7 //download the image (DEM)
8 Export.image.toAsset({
9   image: precipitation,
10  description: 'precipitation',
11  scale: 30,
12  maxPixels: 1e9,
13  region: geometry
14  });
15
    
```

Slika 71. Kôd za pozivanje i izvoz rastera za o oborinama iz baze podataka *TerraClimate*

U ovom primjeru, umjesto funkcije *ee.Image* koja se do sada koristila za pozivanje baza podataka, korištena je funkcija *ee.ImageCollection*. Ova funkcija omogućava pozivanje cijelog seta ulaznih podataka (kolekcije) kao što je slučaj s klimatskim pokazateljima (različiti podatci u različitim vremenskim intervalima), za razliku od npr. DEM-a koja predstavlja jednu sliku (raster) zbog čega se koristi funkcija *ee.Image*.

Dalje je u kôdu cijela kolekcija prvo filtrirana (funkcija *.filter*) na osnovu kriterija vremenskog intervala (*funkcija ee.Filter.date*). Nakon toga je stvoren novi objekt gdje su pozvani samo podaci o oborinama pomoću funkcije *.select (var precipitation = dataset.select('pr'))*.

Description	Bands	Image Properties	Terms of Use	Citations	
<b>Resolution</b> 4638.5 meters					
<b>Bands</b>					
Name	Units	Min	Max	Scale	Description
act	mm	0*	2540*	0.1	Actual evapotranspiration, derived using a one-dimensional soil water balance model
clw	mm	0*	4308*	0.1	Climate water deficit, derived using a one-dimensional soil water balance model
pd1		4317*	3418*	0.01	Palmer Drought Severity Index
pot	mm	0*	4548*	0.1	Reference evapotranspiration (ASCE Penman-Monteith)
pr	mm	0*	7245*		Precipitation accumulation
ro	mm	0*	12000*		Rainfall, derived using a one-dimensional soil water balance model
soil	mm	0*	1882*	0.1	Soil moisture, derived using a one-dimensional soil water balance model
srad	W/m <sup>2</sup>	0*	5473*	0.1	Downward surface shortwave radiation
swa	mm	0*	22767*		Soil water equivalent, derived using a one-dimensional soil water balance model
tmmin	°C	178*	387*	0.1	Minimum temperature
tmmax	°C	470*	676*	0.1	Maximum temperature
vap	kPa	0*	14749*	0.001	Vapor pressure
vpd	kPa	0*	1113*	0.01	Vapor pressure deficit
ws	m/s	0*	2922*	0.01	Wind speed at 10m
* estimated min or max value					

Slika 72. Različiti bendovi u okviru baze TerraClimate

### 7.5.5. Vegetacijski indeksi

GEE platforma omogućava preuzimanje već izračunatih vegetacijskih indeksa, a u primjeru ispod prikazan je kôd za preuzimanje vegetacijskih indeksa iz **MODIS** baze podataka gdje se nalaze **NDVI** i **EVI** indeks (Slika 73).

Description	Bands	Terms of Use	Citations	DOIs		
<b>Resolution</b> 250 meters						
<b>Bands</b>						
Name	Units	Min	Max	Scale	Wavelength	Description
NDVI		-2000	10000	0.0001		Normalized Difference Vegetation Index
EVI		-2000	10000	0.0001		Enhanced Vegetation Index

Slika 73. NDVI i EVI pojas (band) u okviru baze podataka MODIS

Najprije je stvoren objekt **var dataset** koji funkcijom **ee.ImageCollection** poziva cijelu **MODIS** bazu podataka vegetacijskih indeksa. Dalje je, kao i u prethodnom primjeru, baza podataka filtrirana za određen vremenski interval (funkcija **ee.Filter.date**) i stvoren je novi objekt u okviru kojeg je pozvan NDVI indeks (**var ndvi = dataset.select('NDVI')**) (Slika 74).

```

1
2
3 var dataset = ee.ImageCollection('MODIS/061/MOD13Q1')
4   .filter(ee.Filter.date('2018-01-01', '2018-05-01'));
5 var ndvi = dataset.select('NDVI');
6
7 //download the image (DEH)
8 Export.image.toAsset({
9   image: ndvi,
10  description: 'NDVI',
11  scale: 30,
12  maxPixels: 1e9,
13  region: geometry
14 });
15
    
```

Slika 74. Kod za pozivanje i izvoz rastera za NDVI indeksa iz MODIS baze podataka

U idućem primjeru prikazano je kako se NDVI indeks računa postupno pomoću formule (Poglavlje 4.1.1.) i satelitskih snimaka koji predstavljaju količinu reflektiranog zračenja u crvenom (RED) i infracrvenom (NIR) dijelu spektra elektromagnetskog zračenja.

Na slici (Slika 75) postupno je prikazan izračun NDVI indeksa. Prvo je pozvana kolekcija satelitskih snimaka *Sentinel2* misije, odnosno kreiran je objekt *var S2\_collection* gdje je primjenjena funkcija *ee.ImageCollection*. Zatim je funkcijom *.filter*, kolekcija snimaka filtrirana za određeno istraživano područje (*.filterBounds*), za određeni vremenski interval (*.filterDate*) i za satelitske snimke s manje od 10 % oblačnosti (*.filterMetadata('CLOUDY\_PIXEL\_PERCENTAGE', 'less\_than', 10)*).

Potom je kreiran objekt *var S2\_bands = ['B4', 'B8']* i na njega primijenjena funkcija *.median()* koja iz kolekcije snimaka za svaki band određuje medijalnu vrijednost. Zatim su od pojaseva B4 i B8 koji predstavljaju crveni i bliski infracrveni dio spektra napravljeni objekti i dodijeljeni nazivi *nir* i *red*.

NDVI se računa idućim zapisom *var ndvi = (nir.subtract(red)).divide(nir.add(red)).rename('NDVI')* gdje je prvo definiran objekt *var ndvi*, a zatim korištene funkcije *.subtract* za oduzimanje, *.add* za zbrajanje i *.divide* za dijeljenje te mijenjanje naziva funkcijom *.rename*.

Da bi konačan rezultat bio prikazan na odgovarajući način, potrebno je odrediti minimalnu i maksimalnu vrijednost NDVI-a i dodijeliti im boje. To se postiže definiranjem objekta *var minMax*, i pozivanjem funkcije *.reduceRegion*, u okviru koje se koristi reduktor *ee.Reducer.minMax* kojim se računaju minimalna i maksimalna vrijednost ulaznog parametra, u ovom slučaju NDVI rastera. Zatim se ulazni parametar reducira na područje od interesa (poligon *geometry*) i dodjeljuje mu se veličina piksela u metrima, u ovom slučaju *scale: 10* (u metrima). Definiranjem novog objekta *var ndviParams* funkcijom *.get*, iz objekta *minMax* preuzimamo minimalnu i maksimalnu vrijednost i dodjeljujemo im boje *red* i *green* iz *palette* modula (crvena za minimalnu, zelena za maksimalnu vrijednost). Nakon postavki parametara za konačnu vizualizaciju, definira se novi objekt i poziva funkcija za prikaz karte sa slijedećim zapisom *var ndviVis = ndvi.visualize(ndviParams)*. Izračunati NDVI indeks se učitava na kartu, korištenjem funkcije *Map.addLayer*.

Konačan rezultat prikazan na slici (Slika 75) se izvozi u *Google Drive* folder, prema proceduri opisanoj u ranijim primjerima.



```

1 // Load Sentinel-2 collection
2 var S2_collection = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2")
3 // This is the function to call for area of interest which is polygon named "geometry"
4 .filterBounds(geometry)
5 // This is the function for date range
6 .filterDate('2023-05-31', '2023-08-31')
7 // This is the function for cloud coverage
8 .filterMetadata('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 'less_than', 10);
9 // Select bands B4 (red) and B8 (nir)
10 var S2_bands = ['B4', 'B8'];
11 // Compute the median of selected bands
12 var S2_median = S2_collection.select(S2_bands).median().clip(geometry);
13 // Rename bands for NDVI calculation
14 var nir = S2_median.select('B8').rename('nir');
15 var red = S2_median.select('B4').rename('red');
16 // Calculate NDVI
17 var ndvi = (nir.subtract(red)).divide(nir.add(red)).rename('NDVI');
18 // Compute min and max values of NDVI
19 var minMax = ndvi.reduceRegion({
20   reducer: ee.Reducer.minMax(),
21   geometry: geometry,
22   scale: 10
23 });
24 // Define color palette for NDVI visualization
25 var ndviParams = {
26   min: minMax.get('NDVI_min'),
27   max: minMax.get('NDVI_max'),
28   palette: ['red', 'green']
29 };
30 // Get the NDVI visualization image
31 var ndviVis = ndvi.visualize(ndviParams);
32 // Add NDVI layer to map
33 Map.addLayer(ndviVis, {}, 'NDVI image');
34 // Export NDVI image to Google Drive
35 Export.image.toDrive({
36   image: ndvi,
37   description: 'NDVI_image',
38   scale: 10,
39   maxPixels: 1e13,
40   region: geometry
41 });
42

```

The screenshot shows the Google Earth Engine interface. The top part displays a script editor with the code for calculating the NDVI index from Sentinel-2 data. The bottom part shows a map visualization of the result, with a red and green color palette. The map is centered on a region in the Balkans, near the border of Serbia and Bosnia and Herzegovina, with labels for 'Kacarevo' and 'E-70'.

Slika 75. Računanje NDVI indeksa korištenjem RED i NIR benda iz Sentinel baze podataka



## 8. Digitalni Atlas Klime

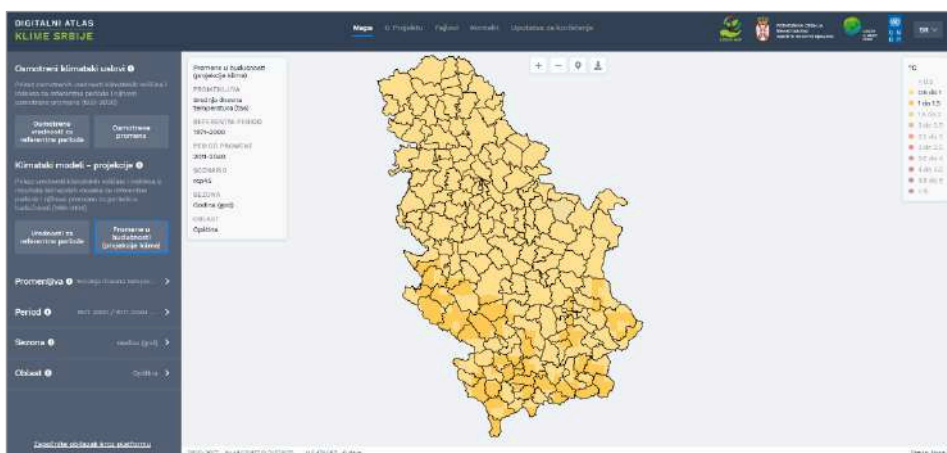
U zadnje vrijeme sve je aktualnija problematika vezana za klimatske promjene koje se mogu negativno odraziti na različite dijelove sustava (Abbass et al. 2022). U kompleksnom okolišu uslijed klimatskih promjena, prema različitim istraživanjima, doći će do ubrzane degradacije okoliša, tla kao neobnovljivog resursa, do pojave ekstremnih prirodnih nepogoda kao što su suše i poplave, a usto su ugroženi šumski genofond i poljoprivreda. To će se sve negativno odraziti i na potrebe čovjeka čija egzistencija direktno ovisi o stanju okoliša.

U okviru procesa donošenja odluka biti će potrebno uključiti faktor promjene klime, a to se posebno odnosi na ugroženost od procesa eolske erozije (Baumgertel et al. 2022), poljoprivredne proizvodnje (Baumgertel et al. 2024) i posebno izbora odgovarajućih drvenastih vrsta u okviru AŠ sustava koje trebaju biti u skladu s promjenom klime u budućnosti.

Postoji veliki broj platformi koje omogućavaju pristup i preuzimanje klimatskih podataka dobivenih iz globalnih i regionalnih klimatskih modela. Manipulacija tim podacima je često kompliciran proces koji zahtijeva značajno uključivanje eksperata iz područja klimatologije s ciljem analize i preuzimanja navedenih podataka. U vezi s time pokrenut je projekt pod nazivom „*Unapređenje srednjoročnog i dugoročnog planiranja prilagođavanja na izmjenjene klimatske uslove u Republici Srbiji* (NAP projekat)“ koji financira ZKF a uz podršku programa Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP). Kao jedan od rezultata navedenog projekta razvoj je aplikacije i platforme za prikaz procjene ugroženosti od klimatskih promjena i intervencije prilagodbe (CCA) – *Digitalni atlas klime Srbije* koji omogućava lak pristup klimatskim podacima koji se koriste za specifične procjene rizika i ranjivosti. U okviru platforme nalaze se skupovi klimatskih podataka, uključujući promatranje prošlosti (ili podaci izvedeni iz promatranja), i projekcije regionalnog klimatskog modela za cijelu zemlju.

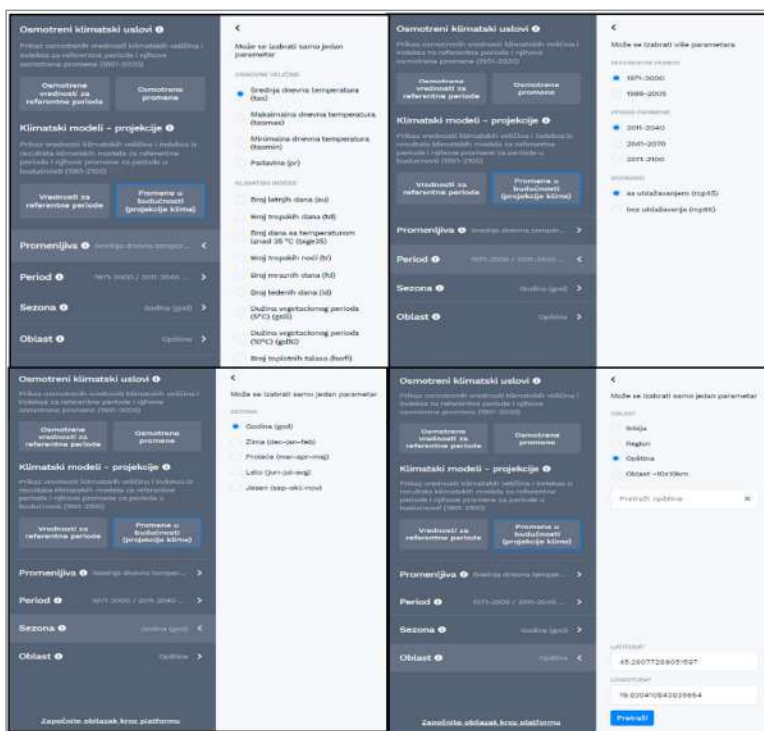
U nastavku će biti prikazani koraci za preuzimanje podataka prema klimatskim modelima – projekcijama u budućnosti za period do 2100 godine sa platforme *Digitalni Atlas Klime*.

Na slici ispod (Slika 76) je prikazana početna strana platforme *Digitalni atlas klime*. Na početku je potrebno označiti ikonu *Promene u budućnosti* (u okviru dijela *Klimatski modeli – projekcije*).

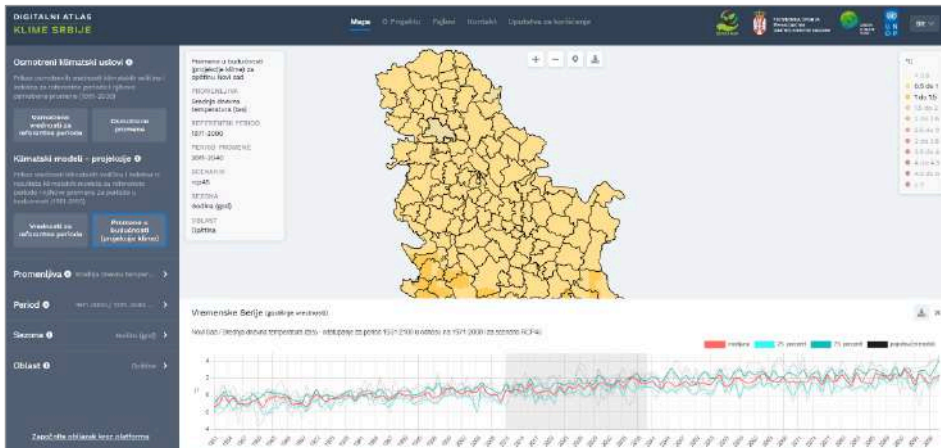


Slika 76. Sučelje platforme *Digitalni Atlas Klime*

Nakon toga je potrebno izabrati **klimatski pokazatelj** (npr. temperatura zraka) ili neki od ponuđenih **klimatskih indeka** (npr. indeks suše) koji će se prikazati u određenoj sezoni i na određenom području (Slika 77). Na primjeru su prikazane vremenske serije za izabran klimatski pokazatelj (srednja godišnja temperatura zraka) za općinu Novi Sad (Slika 78).



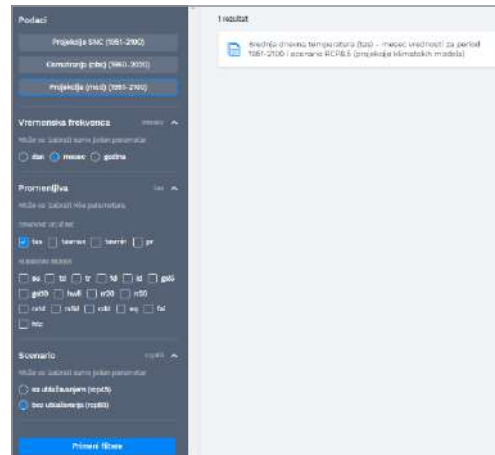
Slika 77. Postavke parametara za podatke o klimi



Slika 78. Vremenske serije podataka o temperaturi zraka za općinu Novi Sad

Na ovaj način podaci su prikazani grafički i mogu se koristiti za različite potrebe (npr. priprema prezentacija o promjeni klime za određenog korisnika). Ipak, ako je s podacima o klimi u budućnosti potrebno odraditi neku od prostornih analiza u GIS okruženju, moguće je preuzeti podatke u *.nc* ekstenziji s iste platforme.

Prvo je potrebno izabrati karticu **Fajlovi**, pa zatim s lijeve strane izabrati **Projekcije (mod) (1951 od 2100)**, potom vremensku frekvenciju (dan, mjesec, godina) i izabrati odgovarajuću varijablu ili neki od ponuđenih klimatskih indeksa i na kraju izabrati scenarij (*s ublažavanjem – rcp4.5 ili bez ublažavanja rcp8.5*). Potrebno je primijeniti zadane filtere nakon čega se u rezultatu pojavljuje datoteka koja je spremna za preuzimanje (Slika 79).



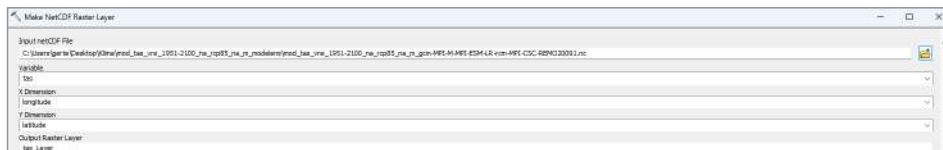
Slika 79. Postavke podataka klimatskih projekcija

Datoteka s klimatskim podacima preuzima se u formatu koji nosi *.nc* ekstenziju (Slika 80). Najprije je potrebno napraviti konverziju iz *.nc* ekstenzije u *raster* format nakon čega je moguća manipulacija u nekom od softvera za prostornu analizu podataka (npr. *ArcMap*). Kada se preuzeta *.zip* datoteka raspakira, pojavljuje se osam datoteka sa *.nc* ekstenzijom gdje svaka označava promjenu izabranog klimatskog pokazatelja u budućnosti po jednom od modela.

Name	Date modified	Type
<input type="checkbox"/> mod_tas_vre_1951-2100_na_rcp85_na_m_gcm-ICHEC-EC-EARTH-rcm-CLMcom-CCLM4-8-17.nc	12/18/2023 1:29 PM	NC File
<input type="checkbox"/> mod_tas_vre_1951-2100_na_rcp85_na_m_gcm-ICHEC-EC-EARTH-rcm-DMI-HIRHAM5.nc	12/18/2023 1:29 PM	NC File
<input type="checkbox"/> mod_tas_vre_1951-2100_na_rcp85_na_m_gcm-ICHEC-EC-EARTH-rcm-KNMI-RACMO22E.nc	12/18/2023 1:29 PM	NC File
<input type="checkbox"/> mod_tas_vre_1951-2100_na_rcp85_na_m_gcm-MOHC-HadGEM2-ES-rcm-CLMcom-CCLM4-8-17.nc	12/18/2023 1:29 PM	NC File
<input type="checkbox"/> mod_tas_vre_1951-2100_na_rcp85_na_m_gcm-MOHC-HadGEM2-ES-rcm-KNMI-RACMO22E.nc	12/18/2023 1:29 PM	NC File
<input type="checkbox"/> mod_tas_vre_1951-2100_na_rcp85_na_m_gcm-MPI-M-MPI-ESM-LR-rcm-CLMcom-CCLM4-8-17.nc	12/18/2023 1:29 PM	NC File
<input type="checkbox"/> mod_tas_vre_1951-2100_na_rcp85_na_m_gcm-MPI-M-MPI-ESM-LR-rcm-MPI-CSC-REMO20091.nc	12/18/2023 1:29 PM	NC File
<input type="checkbox"/> mod_tas_vre_1951-2100_na_rcp85_na_m_gcm-MPI-M-MPI-ESM-LR-rcm-MPI-CSC-REMO20092.nc	12/18/2023 1:29 PM	NC File

Slika 80. Preuzeti podaci u ekstenziji .nc po različitim klimatskim modelima

Da bi se preuzeti podaci iz *.nc* ekstenzije konvertirali u *.TIFF* format, potrebno je pokrenuti *ArcMap* softver i izabrati funkciju *Make NetCDF Raster Layer*. U novom prozoru je potrebno kao *Input netCDF file* izabrati jedan od ponuđenih modela (datoteka). U polju *variable* je potrebno izabrati naziv klimatskog pokazatelja (npr. temperatura je obilježena skraćenicom *tas*) i odrediti naziv izlaznog rastera (Slika 81).



Slika 81. Alat *Make NetCDF Raster Layer*

## 9. Digitalna baza podataka – AGFORWEB

U okviru međunarodnog projekta „Prakse agrošumarstva na Zapadnom Balkanu za održivi razvoj: slabosti i prednosti“ („**Agroforestry practices in West Balkan for sustainable development: weaknesses and strengths**“) stvorena je digitalna baza podataka u GIS-u.

Baza podataka o sustavima agrošumarstva pruža prostorne informacije o najčešće primjenjivanim praksama agrošumarstva (šumski zaštitni pojasevi, konsocijacija šumskog drveća i poljoprivrednih kultura, silvopastoralni sistemi šumski uzgoj bilja, gljiva i pčela), drvenastoj (autohtonim i alohtonim, kao i invazivnim vrstama) i poljoprivrednoj komponenti, načinu upravljanja i zdravstvenom stanju, ekološkim uvjetima i dr.

Baza podataka se sastoji od oko 6000 unosa (vektora). U nastavku je prikazana metodologija za stvaranje baze podataka s opisom parametara koji se nalaze u atributnoj tablici.

### 9.1. Metodologija za izradu baze podataka

U nastavku je prikazana metodologija korištena za identifikaciju praksi agrošumarstva, prikupljanje i skladištenje podataka u geoprostornu bazu u obliku *shapefile*-a s pratećom atributnom tablicom (*Attribute table*) koja sadrži specifične informacije o praksama agrošumarstva. Baza podataka obuhvaća najčešće korištene prakse u zemljama AGFORWEB konzorcija, a to su:

1. Zaštitni šumski pojasevi
2. Konsocijacija šumskog drveća i poljoprivrednih kultura (engl. *alley cropping*)
3. Silvopastoralni sistemi
4. Šumski uzgoj bilja, gljiva i pčela (engl. *forest farming*)

Stvaranje digitalne baze podataka uključuje kombinaciju rada na računalu i terenskog rada. Rad na računalu obuhvaća analizu fotografija visoke rezolucije radi identifikacije potencijalnih lokacija praksi agrošumarstva, digitalizaciju postojećih analognih baza podataka ili skladištenje dostupnih informacija o postojećim praksama agrošumarstva u različitim formatima, kao i skladištenje podataka dobivenih na terenu u digitalnu bazu podataka. Terenski rad obuhvaća prikupljanje informacija o praksama agrošumarstva u formatu spremnom za direktno skladištenje u atributnim tablicama primjenom aplikacije QField (detaljno objašnjeno u Poglavlju 9.2.1.).

### 9.1.1. Postupak stvaranja baze podataka i atributna tablica

Proces prikupljanja podataka za bazu u velikoj mjeri ovisi o tome postoje li već neke baze podataka o praksama agrošumarstva.

- Ukoliko postoje dostupne baze podataka o praksama agrošumarstva

Na osnovu informacija (lokacije) iz postojeće baze podataka, neophodno je odraditi terenski rad i prikupiti (ili ažurirati) potrebne informacije u atributnoj tablici. Na kraju kreirati *shapefile*-ove i popuniti atributnu tablicu.

- Ukoliko ne postoje dostupne baze podataka o praksama agrošumarstva

U slučaju da ne postoji baza podataka o praksama agrošumarstva, prvi korak je preliminarna identifikacija. Preliminarni proces identifikacije ovisi o vrsti prakse i dostupnim informacijama o praksama agrošumarstva. Na primjer, lokacije praksi mogu se dobiti iz općine, iz statističkih godišnjaka, od šumskih poduzeća itd. S druge strane, moguće je kontaktirati udruge koje mogu pružiti informacije o lokacijama (npr. udruga za organsku proizvodnju hrane). Na primjeru Republike Srbije, preliminarna identifikacija praksi se može napraviti i korištenjem ortofoto snimaka visoke rezolucije, dostupnih na **GeoSrbija** portalu (<https://a3.geosrbija.rs/katastar>), što je detaljno objašnjeno u Poglavlju 9.2. Preliminarna identifikacija za druge zemlje može se provesti korištenjem platformi: Crna Gora – pomoću **Geoportala Crne Gore** (<https://geoportal.co.me/Geoportal01/>), Hrvatska – pomoću **Geoportala Hrvatske** (<https://geoportal.dgu.hr/>) ili Bioportal (<https://www.bioportal.hr/gis/>), i Bugarska – pomoću **Geoportala Bugarske** (<https://inspireportal.egov.bg/>).

#### 9.1.1.1. Atributna tablica

Kako bi se popunila GIS atributna tablica, tj. formirala baza podataka, potrebno je unijeti podatke za parametre koji se odnose na prakse agrošumarstva. Za linijski tip AŠ sistema (šumski zaštitni pojasevi i konsocijacija šumskog drveća i poljoprivrednih kultura), atributna tablica je dio *shapefile*-a tipa višestruke linije (*polyline*). Za nelinejske AŠ sisteme (silvopastoralni sistemi, šumski uzgoj bilja, gljiva i pčela), atributna tablica dio je *shapefile*-a tipa poligona (*polygon*) ili točke (*point*), tj. centroida površine. Šumski zaštitni pojasevi i konsocijacije šumskog drveća i poljoprivrednih kultura također se mogu prikazati kao poligoni.

Atributna tablica sadrži parametre navedene u nastavku, gdje su oznake: **O** – podaci moraju biti unijeti za sve sisteme agrošumarstva, **L** – podaci moraju biti unijeti za linijski tip sustava agrošumarstva, **P** – podaci moraju biti unijeti za nelinejske tipove sustava agrošumarstva, **N** – podaci nisu potrebni za unos, ali su poželjni.

1. Country code (O) – Oznaka države
2. Municipality (O) – Općina
3. Type of AF system (O) – Tip agrošumarske prakse
4. Entry number (O) – Idenifikacijski broj
5. Type of agriculture (L, P) – Tip poljoprivredne prakse
6. AC Crops (N) – Usjevi
7. AC Animal husbandry (P) – Stočarstvo
8. FC Trees and shrub species (L, P) – Vrste drveća i grmlja
9. FC Density (number of trees per ha) (P) – Gustoća šumske komponente (broj stabala po hektaru)
10. FC Length (m) (L) – Duljina šumske komponente
11. FC Width (m) (L) – Širina šumske komponente
12. FC Number of rows (L) – Broj redova šumske komponente
13. FC Linear plantings area (ha) (L) – Površina šumske komponente u konsocijaciji šumskog drveća i poljoprivrednih kultura
14. FC Distance of trees in a row (m) (L) – Razmak između stabala u redu
15. FC Distance between rows (m) (L) – Razmak između redova
16. FC Representation of different species (L, P) – Zastupljenost različitih vrsta šumske komponente
17. FC Horizontal composition (L, P) – Horizontalna kompozicija šumske komponente
18. Potential natural vegetation type (O) – Prirodno potencijalna vegetacija
19. Geology (O) – Geološka podloga
20. Soil type (O) – Tip tla
21. Average annual T (Celsius degree) (O) – Prosječna godišnja temperatura zraka
22. Average annual P (mm) (O) – Prosječna godišnja količina oborina
23. Remarks (N) – Napomene
24. Photo (O) – Fotografija

**Country code** – predstavlja međunarodni državni alfa-3 kôd (Srbija – SRB; Hrvatska – HRV; Bugarska – BGR; Crna Gora – MNE).

**Municipality** – općina u kojoj je zabilježen sustav agrošumarstva.

**Type of AF practice** – predstavlja agrošumarsku praksu. U tablici, treba unijeti skraćenicu prakse agrošumarstva, skraćenice su prikazane u nastavku:

- Konsocijacija šumskog drveća i poljoprivrednih kultura (*alley cropping*) (A)
- Šumski uzgaj bilja, gljiva i pčela (*forest farming*) (F)
- Šumski zaštitni pojasevi (W)
- Silvopastoralni sustavi (S)

**Entry number** – predstavlja jedinstveni identifikacijski broj dodijeljen svakome pojedinačnome unosu.

Za šumske zaštitne pojaseve, šumsko ratarstvo i silvopastoralne sisteme, brojevi idu od 1 do n.

**Type of agriculture** – predstavlja tip poljoprivredne prakse i odnosi se na ratarstvo, povrtlarstvo, stočarstvo, kombinirano.

**AC Crops** – lista usjeva (kukuruz, pšenica, soja, drugi usjevi...)

**AC Animal husbandry** – predstavlja tip stočarske proizvodnje (krave, ovce, svinje, itd.).

**FC Trees and shrub species** – lista vrsta drveća i grmlja zastupljenih u šumskoj komponenti agrošumarske prakse. U tablici je neophodno navesti puni latinski naziv vrste, uključujući i autora (npr. *Betula pendula Roth*). Prihvaćeni latinski nazivi vrsta mogu se provjeriti na nekome od internetskih izvora, kao što je **World Flora Online** (<http://www.worldfloraonline.org/>). Provjeriti **Status** i da li je ime prihvaćeno (Slika 82).



Slika 82. Status naziva vrste

**FC Density** (number of trees per ha) – predstavlja broj drvenastih vrsta po jedinici površine (ha). Ovaj parametar se odnosi na nelinejske agrošumarske prakse.

**FC Length (m)** – predstavlja duljinu (m) šumske komponente kod linijskih praksi.

**FC Width (m)** – predstavlja širinu (m) šumske komponente kod linijskih praksi. Širina je predstavljena razmakom između stabla prvog i posljednjeg reda, plus 2 m (po 1 m sa svake strane, od vanjskih redova ka otvorenom prostoru).

**FC Number of rows** – predstavlja broj redova drvenaste ili grmovite komponente kod linijskih praksi.

**FC Linear plantings area (ha)** – predstavlja površinu šumske komponente kod linijskih praksi.

**FC Distance between trees in a row (m)** – predstavlja razmak između sadnica drvenastih ili grmovitih vrsta u redu.

**FC Distance between rows (m)** – predstavlja rastojanje između dva reda drvenaste ili grmovite komponente kod linijskih praksi.

**FC Representation of different species** – predstavlja stanje drvenastih i grmovitih vrsta šumske komponente agrošumarskih praksi. Ovaj parametar se može ocijeniti kao dobar (ocjena 3), umjeren (ocjena 2), ili loš (ocjena 1) (Podhrázská et al. 2021).

**Tablica 5.** Parametri različite zastupljenosti vrsta

Parametri različite zastupljenosti vrsta drveća i grmlja	Ocjena
Zastupljenost osnovnih i dopunskih drvenastih biljaka do 30%.	1
Zastupljenost osnovnih i dopunskih drvenastih biljaka do 31%–50%.	2
Zastupljenost osnovnih i dopunskih drvenastih biljaka preko 51%.	3

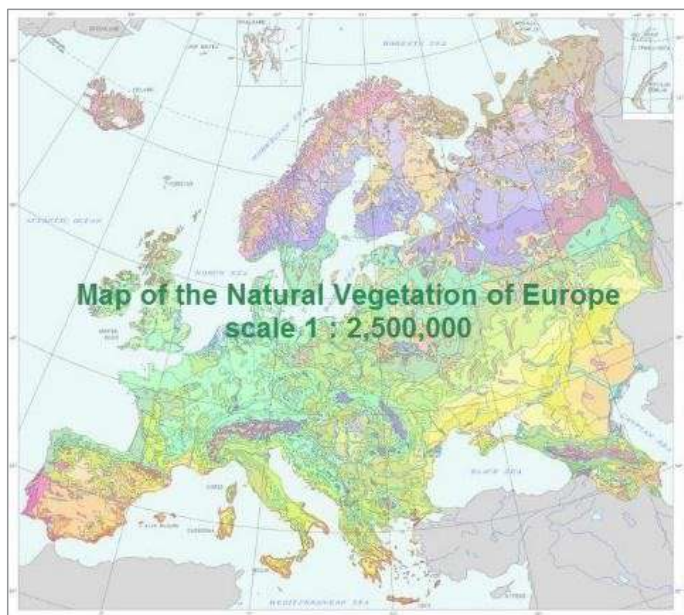
**FC Horizontal composition** – predstavlja praznine (prazan prostor) u vegetaciji (disfunkcionalnost). Ovisno o postotku praznog prostora, može se ocijeniti kao dobar (ocjena 3), umjeren (ocjena 2) ili loš (ocjena 1) (Podhrázská et al. 2021).

Tablica 6. Parametri horizontalne kompozicije

Parametri horizontalne kompozicije vrsta drveća i grmlja	Ocjena
Praznine u vegetaciji (disfunkcionalnosti) veće od 50% prostora.	1
Praznine u vegetaciji (disfunkcionalnosti) veće od 30% prostora.	2
Praznine u vegetaciji (disfunkcionalnosti) veće od 10% prostora.	3

**Prirodno potencijalna vegetacija** (<https://www.synbiosys.alterra.nl/euroveg-map/>)

Karta prirodne vegetacije Europe (Slika 83 i Slika 84) daje informacije o obliku, prirodnoj raznolikosti i prostornom rasporedu glavnih vegetacijskih jedinica prirodnog vegetacijskog pokrivača u pojedinim dijelovima Europe (prirodna biološka raznolikost). Pored toga, pokazuje lokaciju i ukupan opseg područja sa sličnim kvalitetama lokaliteta i okolišnim uvjetima, a samim time i potencijal prirodnog rasta, cjelokupni raspon i geografsku diferencijaciju jedinice (npr. daljnja podjela bukovih šuma prema trofičnosti i visinskim pojasevima, kao i na geografske i ekološke oblike).

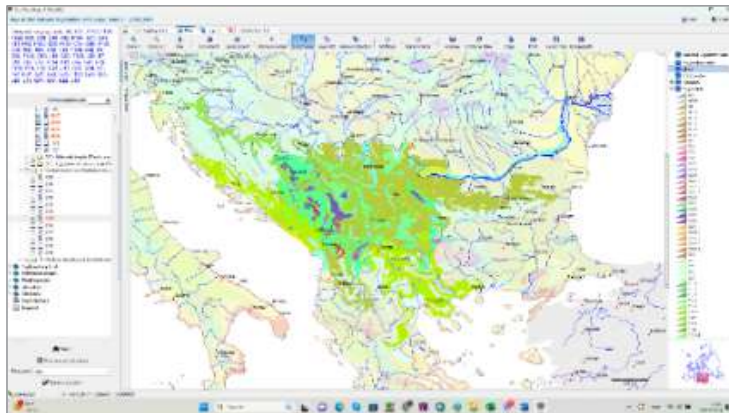


Slika 83. EuroVegMap karta prirodne vegetacije Europe

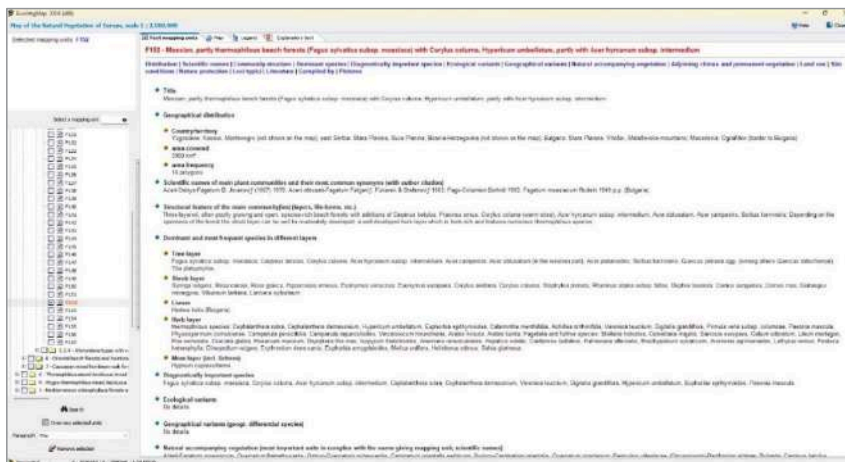
EuroVegMap sadrži:

- Mapu u GIS formatu sa slojevima i informacijama (vegetacijske zone, vegetacijski kôdovi);
- Objašnjenja sa šiframa za vegetacijske jedinice.
- Biljne vrste grupirane po abecednom redu.
- Opću literaturu i karte koje se koriste za kartiranje vegetacije.
- Pojmovnik i druge informacije.

Postoji mogućnost i odabira željenog područja od interesa, nakon čega je moguće izvesti datoteku koja je podržana u **Google Earth**-u, ili u nekom drugom formatu, s dodatnim slojevima koji sadrže informacije o vegetaciji. Za istraživano područje ili vegetacijske jedinice, softver sadrži objašnjenje s informacijama o vegetaciji, a dostupan je i u PDF formatu.



Slika 84. EuroVegMap platforma



Slika 85. EuroVegMap platforma vegetacijskih jedinica

\* Za parametar *Potential natural vegetation type*, potrebno je osigurati jedinice II hijerarhijske razine (npr. *F152 – Moesian, partly thermophilous beech forests*) (Slika 85).

**Geology** – informacija o geološkoj polozi

**Soil type** – informacija o tipu tla. Podaci preuzeti iz nacionalnih, institucionalnih ili sličnih baza, kao i nazivi tipova tla, poželjno je da budu usklađeni sa **WRB** (*World Reference Base for Soil Resources*) klasifikacijom. Ukoliko je moguće, poželjno je unijeti bliže odrednice tipova zemljišta (prefiks i sufiks). Npr. **Haplic Cambisol (Eutric)** – Tip zemljišta: **Cambisol**; prefiks: **Haplic**; sufiks: **Eutric**.

**Average annual T** (Celsius degree) – srednja godišnja temperatura zraka, u stupnjevima Celzijevim.

**Average annual P** (mm) – srednja godišnja količina oborina (mm)

**Remarks** – opisni parametar, koji sadrži sve dodatne informacije o praksi (mjere održavanja, prinosi, blizina zaštićenih područja, da li je uočena zaštićena biljna vrsta, potencijalni rizik od eksploatacije, blizina autocesta, industrijskih zona, deponija itd.)

**Photo** – fotografije praksi agrošumarstva, sa specifičnostima.

### Upute za unos fotografija u atributnu tablicu

- Ukoliko se koristi **ArcMap**:

**ArcMap** ima mogućnost dodavanja atributa (polja) samo jedne fotografije (**raster** datoteke) u atributnoj tablici. Da bi se fotografija dodala u atributnoj tablici shapefile-a, neophodno je da shapefile bude smješten u bazi geopodataka (**geodatabase**). Prilikom dodavanja novog polja u atributnoj tablici, za tip polja treba odabrati **Raster**.

- Ukoliko se koristi **QGIS**:

QGIS omogućava dodavanje većeg broja polja unutar kojih se mogu smjestiti fotografije, ali ih skladišti kao putanju do foldera gdje su fotografije spremljene. Prilikom dodavanja novog polja u atributnoj tablici, za tip polja, treba izabrati **Text**. Detaljne upute za dodavanje fotografija u atributnu tablicu u **QGIS**-u dane su na linku: <https://www.youtube.com/watch?v=O9skgu4j7v0>

Fotografije treba spremati u folderu za svaki unos agrošumarske prakse pojedinačno.

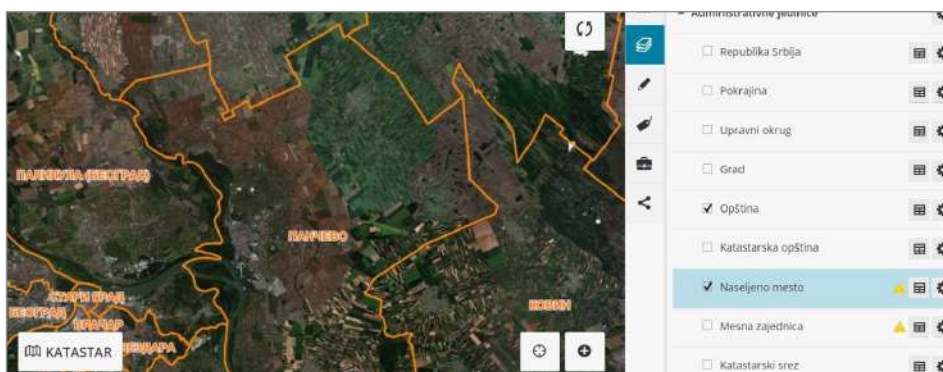
## 9.2. Preliminarna identifikacija praksi agrošumarstva

Ukoliko nema dostupnih baza podataka o postojećim praksama AŠ, potrebno je identificirati potencijalne lokacije linijskih sustava na razini općina, analizom ortofoto snimaka visoke rezolucije (minimum 40 cm). Za potrebe ove analize, za Srbiju, korištena je platforma **GEO Srbija** (<https://geosrbija.rs/en/>) (Slika 86), koja predstavlja Nacionalnu Infrastrukturu Prostornih Podataka.



Slika 86. Platforma GEO Srbija

Na portalu **GEO Srbija**, moguće je pristupiti **ortofoto** snimcima rezolucije 30 cm, na osnovu kojih će biti izvedena identifikacija linijskih sustava na razini općina (Slika 87).



Slika 87. Prikaz portala s (uključenim) podacima (slojevima)

U nastavku, neophodno je vizualno identificirati sve linijske objekte, kao što je prikazano na slici (Slika 88).



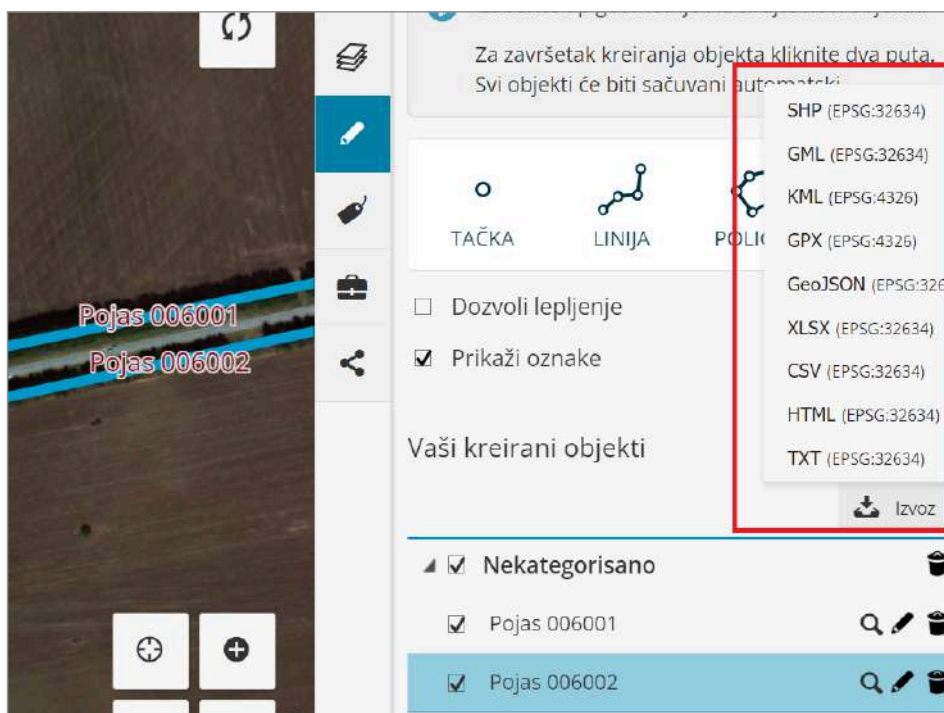
**Slika 88.** Identifikacija potencijalnog šumskog zaštitnog pojasa

Dalje, potrebno je obilježiti identificirane objekte kao linijski tip objekta (Slika 89).



**Slika 89.** Potencijalni šumski zaštitni pojasa kao linijski objekt (00601 i 00602)

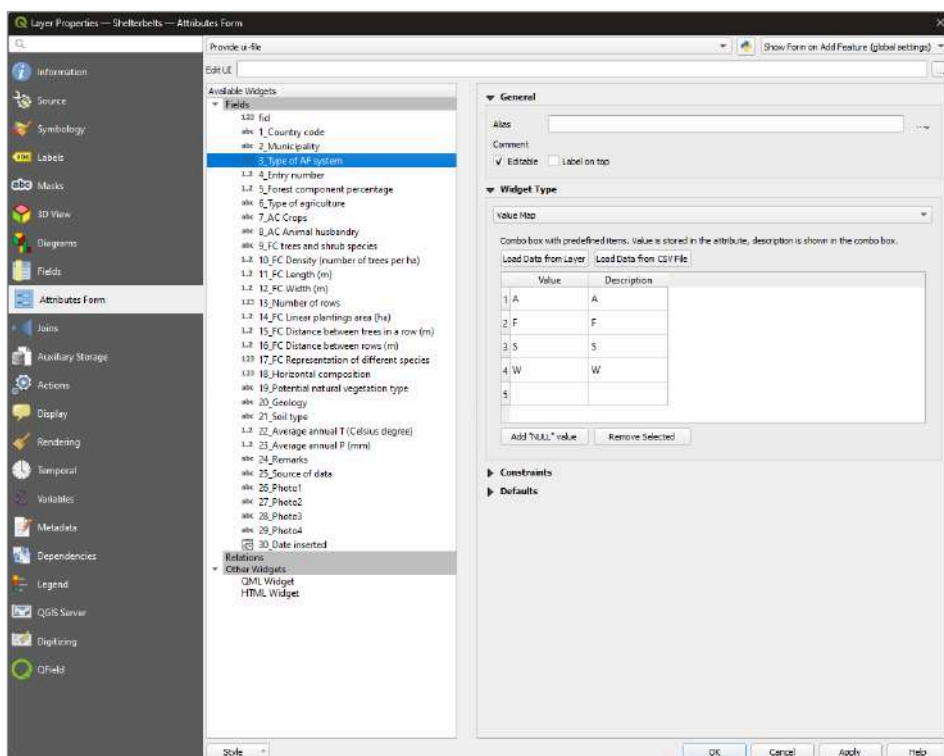
Posljednji korak je izvoz svih potencijalno identificiranih šumskih zaštitnih pojaseva koristeći ortofoto slike s portala u datoteku s odgovarajućim ekstenzijama (*.shp*, *.csv*, *.kml*) (Slika 90). U daljnjoj analizi, ove datoteke se koriste za pristup lokacijama identificiranih objekata u terenu (npr. korištenjem *GPS* uređaja ili mobilne aplikacije *Google Maps*).



Slika 90. Izvoz identificiranih pojaseva u odgovarajućem formatu

### 9.2.1. Primjena QField aplikacije

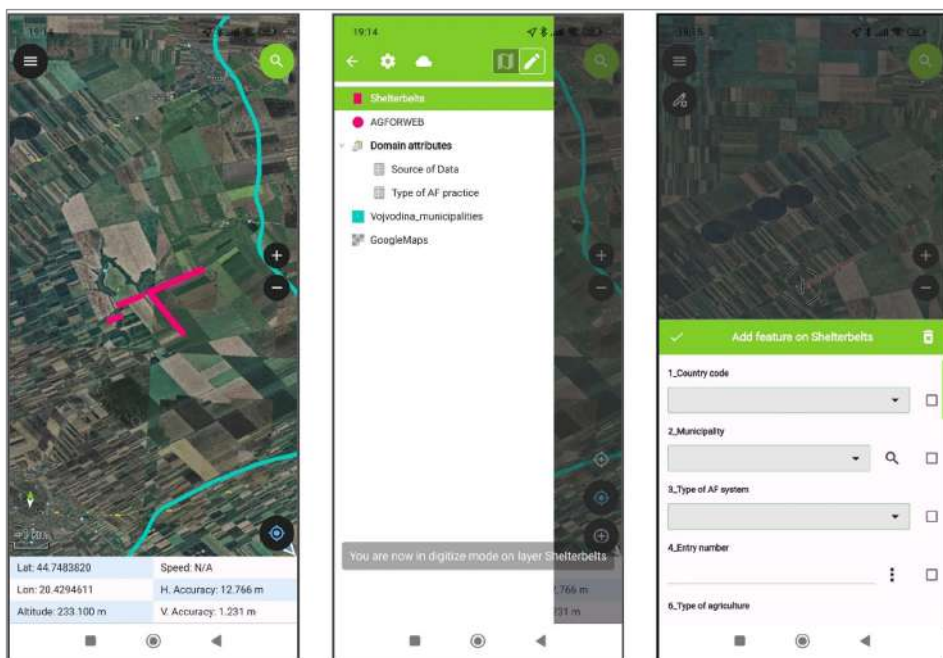
Za stvaranje baze podataka o sistemima agrošumarstva moguće je koristiti već postojeće baze podataka koje treba uključiti u unaprijed definirane kriterije i atribute koji su detaljno opisani u Poglavlju 9.1.1. Međutim, ukoliko je potrebno stvoriti bazu podataka od samog početka, što uključuje proces pripreme, rad na terenu, prikupljanje i obradu podataka, najbolja opcija je koristiti neki od alata koji će olakšati unos podataka na terenu. Time će se već na terenu direktno formirati baza. Jedna od opcija je korištenje **QField** aplikacije. **QField** je profesionalna mobilna aplikacija za **QGIS** platformu i omogućava korisnicima da bez problema prenesu svoje postojeće geoprostorne podatke i projekte iz **QGIS**-a za potrebe rada na terenu.



Slika 91. Izgled definiranih atributa s primjerom predefiniranog unosa AŠ sustava

Da bi se napravio projekt za potrebe korištenja *QField* aplikacije na terenu, potrebne su određene vještine i poznavanje rada na *QGIS* platformi. Stvaranje projekta podrazumijeva jasno definiranje atributa koji će se naći u bazi (Slika 91), zatim tip podataka, veličinu, opcionalne parametre itd. Svi atributi koji bi se trebali nalaziti u bazi, definirani su u Poglavlju 9.2.1.

Prikupljanje podataka na terenu pomoću *QField* aplikacije omogućava i unos parametara poput datuma unosa, fotografije koje se mogu direktno povezati sa svakim pojedinačnim unosom, i koje će biti smještene u memoriju telefona. Projekt u *QField* aplikaciji se može koristiti za unos vektorskih podataka (točka, polinija, i poligon) koji su pogodni za unos svih tipova agrošumarskih praksi.



Slika 92. QField sučelje (a), uključeni način rada digitalizacije (b), i unosa informacija o pojasevima (c)

Sučelje *QField* aplikacije je prikazano na slici (Slika 92a), s unesenim primjerima zaštitnih šumskih pojaseva (ružičaste polilinije). Za unos novog objekta (prakse agrošumarstva), potrebno je kliknuti na simbol „tri linije“ u gornjem lijevom kutu, zatim na simbol olovke u gornjem desnom kutu, pri čemu se javlja poruka da je aplikacija u načinu rada digitalizacije (Slika 92 b). Nakon unosa višestruke linije (polyline), biti će omogućen unos svih neophodnih informacija (atributa) direktno u aplikaciji (Slika 92 c).



## 10. Primjeri rada s digitalnom bazom podataka

Kao što je već spomenuto ranije, formirana baza podataka u GIS okruženju sadrži informacije o lokaciji pojedine prakse agrošumarstva kao i dodatne parametre sadržane u atributnoj tablici (Poglavlje 9.2.1). Za potrebe izrade strategija ili planova za implementaciju praksi agrošumarstva važno je utvrditi trenutno stanje na razini neke administrativne jedinice (općine, županije) u vidu:

- Ukupnog broja agrošumarskih praksi
- Zastupljenosti određenih elemenata prakse
- Zastupljenosti određenih dominantnih drvenastih vrsta (ako su u pitanju šumski zaštitni pojasevi)
- Zdravstveno stanje i primjerene mjere njege i održavanja
- Kvantitativnih podataka o strukturnim karakteristikama prakse (broj redova, razmak između redova i razmak sadnica u redu, visina i dr.)

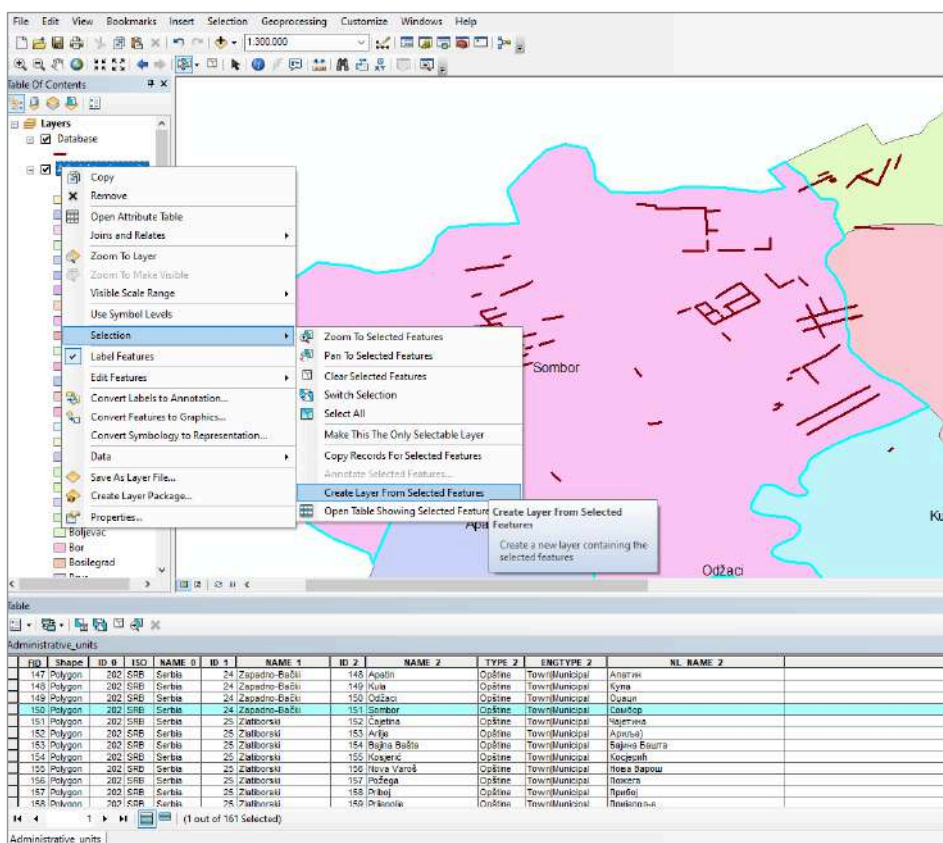
U nastavku će biti prikazani primjeri korištenja digitalne baze podataka i analize ŠZP na određenim prostornim razinama kao i u kombinaciji s drugim prostornim podacima.

U primjerima **1** i **2** analizirana je površina i dužina pod pojasevima na razini općine, u primjeru **3** analizirana je zastupljenost nekih drvenastih vrsta od kojih su pojasevi sastavljeni, u primjeru **4** analizirano je zdravstveno stanje ŠZP, u primjeru **5** analiziran je raspored ŠZP na površinama gdje je najveća ugroženost od eolske erozije, na primjeru **6** analizirano je prisustvo ŠZP u odnosu na cestovnu infrastrukturu, na primjeru **7** je analizirano jesu li ŠZP postavljeni na odgovarajući način, na primjeru **8** pokazano je kako iz baze podataka preuzeti fotografije pojaseva s ciljem određivanja optičke poroznosti pojaseva, na primjeru **9** analizirano je zdravstveno stanje pojaseva primjenom vegetacijskih indeksa, i na primjeru **10** prikazani je postupak za produkciju digitalnog modela površine (*DSM*) za potrebe određivanja visine pojasa.

## 10.1. Primjer 1. Analiza prisustva ŠZP na razini općine (površina pod šumskim zaštitnim pojasevima)

*Iz baze podataka o ŠZP, izdvojiti sve pojaseve koji se nalaze na području općine Sombor.*

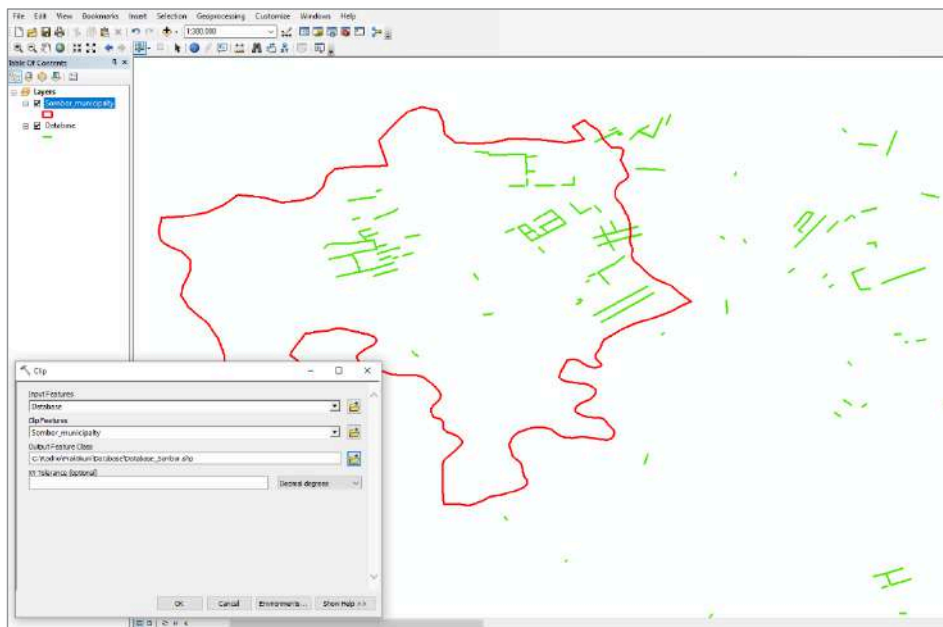
Potrebno je posjedovati odgovarajući ulazni podatak o granici općine ili nekoj drugoj administrativnoj jedinici, u shapefile formatu (poligon). Na slici ispod vide se učitani shapefile-ovi baze podataka o praksama agrošumarstva, kojoj je dodeljen naziv *Database*, kao i shapefile-ovi koji sadrže granice općina. Podatke o administrativnim jedinicama (ali i druge podatke) u shapefile obliku je moguće besplatno preuzeti sa stranice <https://www.diva-gis.org/gdata>.



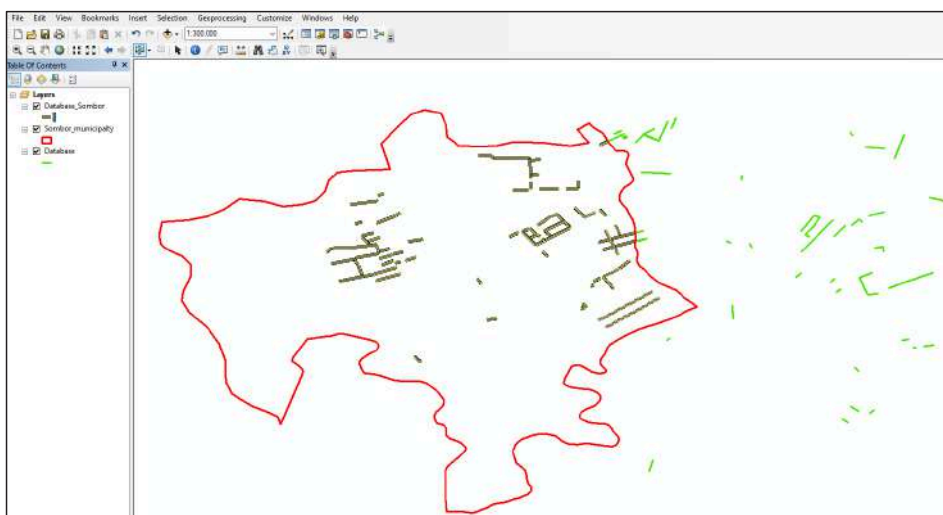
Slika 93. Prikaz baze podataka s obilježenom općinom Sombor u atributnoj tablici

Kako bi se kreirao novi shapefile (poligon) samo za jednu općinu, u ovom slučaju Sombor, potrebno je obilježiti Sombor u atributnoj tablici svih općina a zatim birati opciju **Selection – Create Layer from selected feature** (Slika 93).

Nakon toga, novi poligon (općina Sombor) je potrebno koristiti kao **Clip features** u okviru funkcije **Clip (Analysis)**. Kao **Input Feature** potrebno je birati bazu podataka (**Database**) i odrediti naziv **Output Feature Class**-a (Database\_Sombor) (Slika 94).



Slika 94. Funkcija *Clip* u ArcMap-u



Slika 95. Izrezana (ograničena) baza podataka na granice općine Sombor

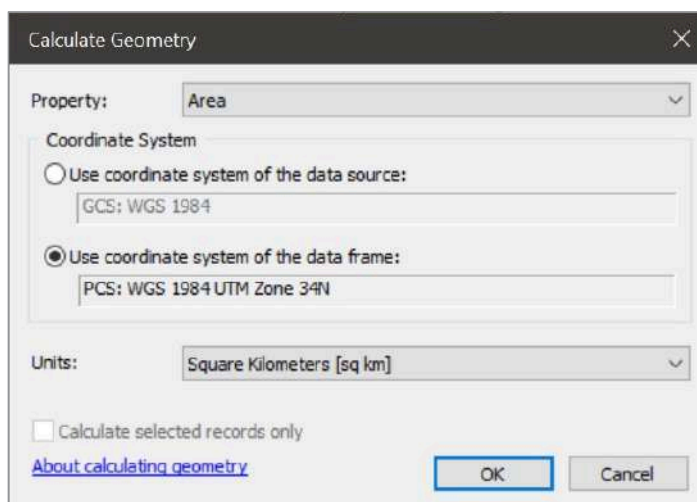
Na taj način će cjelokupna baza podataka biti izrezana na razinu općine i podaci o agrošumarskim praksama će biti filtrirani samo za površinu administrativne jedinice, u ovom primjeru za površinu općine Sombor (Slika 95).

Kada su podaci o praksama filtrirani samo za danu općinu, moguće je odraditi detaljnije analize. Jedan od bitnijih pokazatelja na razini općine je njena pošumljenost koja u nekoj sljedećoj fazi može predstavljati veoma značajnu informaciju za donositelje odluka o prioritizaciji poduzimanja odgovarajućih mjera za potrebe povećanje površine pod šumama s obzirom na to da se u Srbiji pod šumom smatraju i zaštitni pojasevi drveća površine veće od 5 ari (Zakon o šumama, 2018). Dalje, moguće je cijelu atributnu tablicu na razini općine Sombor izvesti u *Excel* i zatim odrediti površinu pod pojasevima (množenjem širine i dužine svih pojaseva).

## 10.2. Primjer 2. Analiza geometrijskih parametara ŠZP na razini općina (površina pod šumskim zaštitnim pojasevima)

*Izračunati ukupnu duljinu (m), i širinu (m) šumskih zaštitnih pojaseva, kao i njihovu površinu (ha) u 10 najvećih općina, zatim usporediti površine pojaseva među općinama i odrediti postotni udjel pojaseva u odnosu na površinu općina.*

Da bi se izračunala ukupna duljina (m) i širina (m) šumskih zaštitnih pojaseva, kao i njihova površina (ha) u 10 najvećih općina, prvo je potrebno odrediti površine općina na kojima su podignuti šumski zaštitni pojasevi. Ovaj korak se može napraviti dodavanjem novog polja u atributnoj tablici shapefile-a koji prikazuje granice općina. Polju dodijeliti naziv **Površina**, tip **Double**, bez određenih vrijednosti za **Precision** i **Scale**. Zatim, za dodano polje **Površina** u atributnoj tablici, desnim klikom na naziv polja i izabrati opciju **Calculate geometry**, zatim **Area**, u jedinicama kvadratni kilometar tj. **square kilometers [sq km]** (Slika 96). Da bi se izdvojilo 10 najvećih općina, potrebno je sortirati kolonu silazno, a zatim označiti prvih 10, najvećih općina, koje zatim treba izvesti u novi **shapefile**.



Slika 96. Određivanje površine općina primjenom alata *Calculate Geometry*

Sljedeći korak uključuje presjek novog shapefile-a s postojećom bazom podataka o agrošumarskim praksama, koristeći alat **Intersect**. Na ovaj način, vrijednosti polja **Površina** će biti dodijeljene svakom pojasa koji se nalazi u bazi, a koji je uspostavljen u izabranih 10 općina. Naziv novog sloja može biti **Površina\_Presek**. U ovom sloju, u atributnoj tablici, potrebno je dodati novo polje, koje će sadržavati podatke o površini svakog pojedinačnog pojasa. Polju dodati naziv **W\_area**, tip **Double**, bez određenih vrijednosti za **Precision** i **Scale**.

Zatim, u atributnoj tablici za polje *W\_area*, desnim klikom i izabrati *Field calculator*. (Slika 97). Duljina i širina pojaseva su izražene u metrima, a da bi se dobili kilometri kvadratni kako bi se usporedili s površinom općina, potrebno je pomnožiti dužinu sa širinom pojasa, a zatim proizvod ova dva parametra podijeliti s milijun.

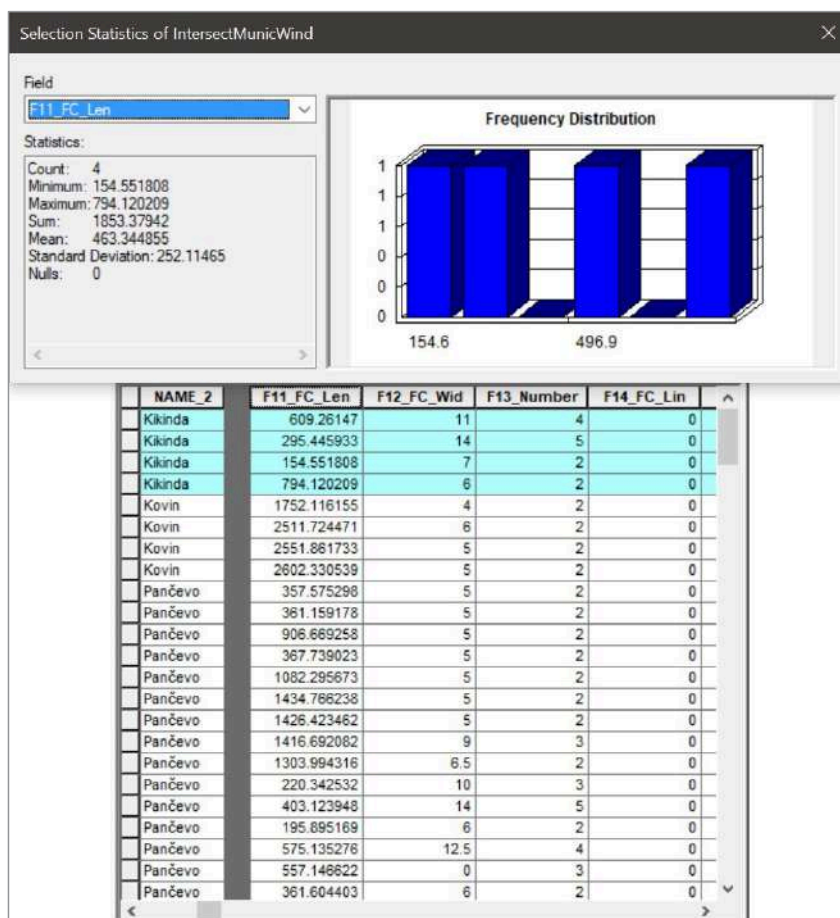


**Slika 97.** Određivanje površine pojaseva opcijom *Field calculator*

Da bi se moglo odrediti koja općina ima najveći udio pojaseva, potrebno je dodati novo polje u atributnoj tablici i dodijeliti mu naziv *Share*, za koji je potrebno izračunati postotni udio površine pod pojasevima u odnosu na površinu općine.

Ukupna duljina pojaseva za 10 izdvojenih najvećih općina se može očitati iz atributne tablice. Za određenu općinu, potrebno je označiti sve unose pojaseva, zatim desnim klikom na naziv kolone koja označava duljinu pojaseva, i na kraju izabrati opciju *Statistics*. U novootvorenom prozoru, u dijelu *Statistic (Sum)*, očitati ukupnu duljinu svih pojaseva za odabranu općinu (Slika 98). Opciju ponoviti za ostale općine kao i za širinu pojaseva.

Druga opcija je da se tablica izveze u *Excel*, te se ponovi postupak za izračun duljine i širine pojaseva.



Slika 98. Osnovni statistički pokazatelji za parametar u atributnoj tablici

### 10.3. Primjer 3. Analiza dominantnih drvenastih vrsta u ŠZP na području AP Vojvodine

Iz postojeće baze podataka, stvoriti *shapefile* s *Robinia pseudoacacia L.* kao glavnom vrstom u pojasevima i analizirati postotni udio tih pojaseva u odnosu na ukupan broj pojaseva u različitim općinama te postotak njihove duljine prema ukupnoj duljini pojaseva u tim općinama.

Najprije je potrebno konvertirati atributnu tablicu iz *shapefile*-a u *Excel* datoteku, i dodijeliti mu naziv *Robinia pseudoacacia.xls*. Otvoriti *Excel* datoteku, i sakriti sve kolone (atribute) osim onih koje označavaju nazive općina (*Municipality*), latinske nazive dominantnih vrsta u pojasu (*Tree species*) i duljinu polja (*Length*).

Da bi se dobili željeni rezultati, dva kriterija su neophodna: nazivi općina i vrsta „*Robinia pseudoacacia*“. Zatim je potrebno sortirati kolonu s nazivima općina, i kopirati ih u novu kolonu (*Municipalities*), iz koje će se alatom *Remove duplicates*, izbrisati duplicirani nazivi, a ostati će po jedan unos naziva za svaku općinu. Ova kolona čini prvi raspon kriterija tj. *criteria range*.

Napraviti novu kolonu i dodijeliti joj naziv *R. pseudoacacia windbreaks*, u kojoj će se izračunati broj pojaseva u kojima će ova vrsta biti glavna ili jedna od dominantnijih u pojasu. Da bi se to postiglo, potrebno je koristiti funkciju *COUNTIFS* koja ima zapis na slijedeći način: *COUNTIFS(criteria\_range1, criteria1, [criteria\_range2, criteria2]...)* gdje:

- *criteria\_range1* predstavlja kolonu sa svim biljnim vrstama (u bazi je to atribut koji je nazvan *F9 FC trees*),

- *criteria1* je naziv vrste na kojoj se radi zadatak – kako bi se uključilo svako pojavljivanje naziva vrste u koloni tj. unutar elementa funkcije *criteria\_range1*, potrebno je da se ovaj kriterij unese kao *"\*Robinia pseudoacacia L.\*"* u zapisu funkcije,

- *criteria\_range2* je kolona sa nazivima općina (u bazi je to atribut koji je nazvan *F2 Municipality*)

- *criteria2* je naziv određene općine za koju se funkcija pokreće.

Primijenjena funkcija i rezultati su prikazani na slici (Slika 99) na primjeru općine Bačka Palanka,

Na dnu kolone, u kojoj će se kao rezultat funkcije prikazati broj pojaseva u kojima je *Robinia pseudoacacia* glavna ili jedna od dominantnih vrsta, može se primijeniti funkcija *SUM* koja će dati zbroj svih ovih pojaseva za sve općine.

BY3 :    fx =COUNTIFS(\$J\$2:\$J\$268, "\*"Robinia pseudoacacia L.\*", \$C\$2:\$C\$268, BX3)

F2_Municip	F9_FC_tree	F11_FC_Len	Municip	R.pseudoacacia windbreaks
Ada	Robinia pseudoacacia L., Platycladus orientalis (L.) Franco.	675	Ada	5
Ada	Robinia pseudoacacia L., Prunus cerasifera Ehrh., Prunus n	496	Bačka Palanka	2
Ada	Robinia pseudoacacia L., Ulmus sp., Prunus cerasifera Ehrh	347	Bačka Topola	14
Ada	Robinia pseudoacacia L., Betula pendula Roth, Populus alba	208	Bečej	2
Ada	Robinia pseudoacacia L., Maclura pomifera (Raf.) C.K. Schn	2915	Bela Crkva	0
Bačka Palanka	Fraxinus pennsylvanica Marshall	1741	Kikinda	2
Bačka Palanka	Robinia pseudoacacia L.	471	Kovačica	9
Bačka Palanka	Robinia pseudoacacia L.	3735	Kovin	0
Bačka Palanka	Ulmus pumila L.	408	Kula	1
Bačka Palanka	Ulmus pumila L.	1507	Mali Idoš	8
Bačka Palanka	Ulmus pumila L.	553	Odžaci	0
Bačka Palanka	Ulmus pumila L., Betula pendula Roth, Populus sp.	2136	Pančevo	4
Bačka Palanka	Ulmus pumila L., Pinus nigra J.F.Arnold	1709	Plandište	2
Bačka Topola	Fraxinus ornus L., Ailanthus altissima (Mill.) Swingle, Robin	4824	Sečanj	0
Bačka Topola	Populus sp., Fraxinus sp.	1594	Senta	6
Bačka Topola	Robinia pseudoacacia L.	1270	Sombor	63
Bačka Topola	Robinia pseudoacacia L., Fraxinus sp.	4337	Subotica	18
Bačka Topola	Celtis occidentalis L., Ulmus sp.	861	Vrbas	1
Bačka Topola	Celtis occidentalis L., Gleditsia triacanthos L., Robinia pseu	1303	Vršac	2
Bačka Topola	Celtis occidentalis L., Gleditsia triacanthos L., Robinia pseu	2231	Zrenjanin	1
Bačka Topola	Robinia pseudoacacia L.	368		140
Bačka Topola	Robinia pseudoacacia L.	417		
Bačka Topola	Robinia pseudoacacia L., Ulmus minor Mill.	228		
Bačka Topola	Pinus nigra J.F.Arnold	564		
Bačka Topola	Robinia pseudoacacia L., Juglans regia L., Populus euromer	2529		
Bačka Topola	Acer platanoides L., Robinia pseudoacacia L.	432		
Bačka Topola	Ulmus pumila L.	636		
Bačka Topola	Robinia pseudoacacia L.	532		
Bačka Topola	Robinia pseudoacacia L.	470		

Slika 99. COUNTIFS funkcija na primjeru općine Bačka Palanka za izračun broja pojaseva sa specifičnom vrstom kao glavnom ili jednom od dominantnih

U novoj koloni "**Total number of windbreaks by municipality**" potrebno je koristiti funkciju **COUNTIF**, s jednim krijerijem (naziv općine), po sličnome principu kao i kod **COUNTIFS** funkcije. Sada je lako izračunati postotak broja pojaseva gdje je **R.pseudoacacia** jedina ili jedna od dominantnih vrsta, u odnosu na ukupan broj pojaseva za svaku općinu (Slika 100).

Municip	R.pseudoacacia windbreaks	Total number of windbreaks	Percentage
Ada	5	5	100.0
Bačka Palanka	2	8	25.0
Bačka Topola	14	21	66.7
Bečej	2	4	50.0
Bela Crkva	0	2	0.0
Kikinda	2	4	50.0
Kovačica	9	17	52.9
Kovin	0	4	0.0
Kula	1	3	33.3
Mali Idoš	8	8	100.0
Odžaci	0	1	0.0
Pančevo	4	51	7.8
Plandište	2	8	25.0
Sečanj	0	2	0.0
Senta	6	6	100.0
Sombor	63	72	87.5
Subotica	18	27	66.7
Vrbas	1	6	16.7
Vršac	2	10	20.0
Zrenjanin	1	8	12.5
	140	267	52.4

Slika 100. Postotak pojaseva sa specifičnom vrstom, u odnosu na ukupan broj pojaseva za sve općine

Da bi se usporedile duljine pojaseva među općinama, koristi se funkcija **SUMIFS** (Slika 101), s istim principom definiranja kriterija i opsega kriterija. Funkcija ima zapis: **SUMIFS(sum\_range, criteria\_range1, criteria1, [criteria\_range2, criteria2], ...)** gdje je:

- **sum\_range** je kolona gdje su duljine svih unosa svih pojaseva (u bazi to je atribut koji je nazvan **F11 FC Length**),

- **criteria\_range1** je kolona sa nazivima općina za sve unose (atribut u bazi koji je nazvan **F2\_Municipalities**),

- **criteria1** je kolona s nazivima općina koje se javljaju samo jednom (kolona **Municipalities**),

- **criteria\_range2** je kolona u kojoj su navedeni svi nazivi vrsta svih unosa (u bazi atribut koji je nazvan **F9\_FC Trees**),

- **criteria2** je naziv vrste na kojoj se radi zadatak. Kako bi se uključilo svako pojavljivanje naziva vrste u koloni tj. unutar elementa funkcije, **criteria\_range\_2**, potrebno je da se ovaj kriterij unese kao **"\*Robinia pseudoacacia L.\*"** u zapisu funkcije.

F2_Municip	F9_FC_tree	F11_FC_Len	Municip	R.pseudoacacia windbreaks	Total number of windbreaks	Percentage	Length of windbreaks	Total length of all windbreaks	Percent
Ada	Robinia pseudoacacia L. Platycladus orientalis (L.) Franco L.	495	Ada	5	21	66.7	21520	26524	34.3
Ada	Robinia pseudoacacia L. Pinus caroliniana Ehrh. Pinus m...	496	Bačva Palanka	2	4	50.0	1310	9200	26.1
Ada	Robinia pseudoacacia L. Ulmus sp. Pinus caroliniana Ehrh.	347	Bačva Topola	14	21	66.7	21520	26524	76.1
Ada	Robinia pseudoacacia L. Betula pendula Roth. Populus alba L.	206	Beče	2	4	50.0	905	1803	48.6
Ada	Robinia pseudoacacia L. Maackia pinnata (Raf.) C.K. Schum.	2915	Bela Crkva	0	2	0.0	0	1412	0.0
Bačva Palanka	Robinia pseudoacacia L.	1741	Kikinda	2	4	50.0	905	1803	48.6
Bačva Palanka	Robinia pseudoacacia L.	471	Kovadice	9	17	52.9	6704	12373	70.3
Bačva Palanka	Robinia pseudoacacia L.	3735	Kovin	0	4	0.0	0	9418	0.0
Bačva Palanka	Ulmus pumila L.	406	Kula	1	3	33.3	330	2367	13.9
Bačva Palanka	Ulmus pumila L.	1507	Mali Iđoš	8	8	100.0	8143	8143	100.0
Bačva Palanka	Ulmus pumila L.	503	Ođaci	0	1	0.0	0	277	0.0
Bačva Palanka	Ulmus pumila L. Betula pendula Roth. Populus sp.	2136	Pančevo	4	51	7.8	5407	52309	10.3
Bačva Palanka	Ulmus pumila L. Pinus nigra J.F. Arnold	1709	Plandište	2	8	25.0	495	6367	7.8
Bačva Topola	Fraxinus ornus L. Alnus incana (Mill.) Gaerling. Robinia p...	4624	Sečanj	0	2	0.0	0	696	0.0
Bačva Topola	Populus sp. Fraxinus sp.	1594	Senta	6	6	100.0	4215	4215	100.0
Bačva Topola	Robinia pseudoacacia L.	1270	Sombor	63	72	87.5	97447	107968	90.3
Bačva Topola	Robinia pseudoacacia L. Fraxinus sp.	4337	Subotica	19	27	66.7	26334	43146	66.6
Bačva Topola	Celtis occidentalis L. Ulmus sp.	861	Vršac	1	6	16.7	497	7271	8.8
Bačva Topola	Celtis occidentalis L. Quercus ilex/aglyca L. Robinia pseudo...	1303	Vršac	2	10	20.0	1378	9367	14.7
Bačva Topola	Celtis occidentalis L. Quercus ilex/aglyca L. Robinia pseudo...	2231	Drenjevin	1	8	12.5	968	15175	8.0
Bačva Topola	Robinia pseudoacacia L.	368		140	267	52.4	188439	331866	56.8

Slika 101. SUMIFS funkcija za zadatak iz primjera

Na isti način se može izračunati ukupna duljina svih pojaseva po općinama, ali sada je potreban samo jedan kriterij. U dnu kolone s izračunatim duljinama, može se primijeniti funkcija **SUM**.

Ukupna duljina pojaseva s vrstom **R.pseudoacacia** kao dominantnom vrstom je izračunata, i izražena kao postotak od ukupne duljine svih pojaseva, promatrajući svaku općinu pojedinačno. Rezultat ovog procesa je prikazan na slici (Slika 102).

## PRIMJERI RADA S DIGITALNOM BAZOM PODATAKA

C	J	L	EW	EW	EY	EY	EY	CA	CB	CC
F2_Municip	F3_FC_tree	F11_FC_Lea	Municip	R_pseudoacacia windbreaks	Total number of windbreaks	Percentage	Length of R_pseudoacacia windbreaks	Total length of all windbreaks	Percent	
2	Ada	Robinia pseudoacacia L.	Platyclus orientalis (L.) Franco.	675	Ada	5	5	100.0	4641	100.0
3	Ada	Robinia pseudoacacia L.	Pinus cerastrea Ehrh. Pinus m	486	Bačka Palanka	2	8	25.0	4216	12266
4	Ada	Robinia pseudoacacia L.	Ulmus sp. Pinus cerastrea Ehrh	347	Bačka Topola	14	21	68.7	21120	29024
5	Ada	Robinia pseudoacacia L.	Betula pendula Roth. Populus albi	208	Bečej	2	4	50.0	1310	5020
6	Ada	Robinia pseudoacacia L.	Maclura pomifera (Raf.) C.K.Schne	2915	Bela Crkva	0	2	0.0	0	1442
7	Bačka Palanka	Fraxinus pennsylvanica Marshall		1741	Kikinda	2	4	50.0	905	1853
8	Bačka Palanka	Robinia pseudoacacia L.		471	Kovačica	9	17	52.9	8704	12373
9	Bačka Palanka	Robinia pseudoacacia L.		3735	Kovin	0	4	0.0	0	8418
10	Bačka Palanka	Ulmus pumila L.		489	Kula	1	3	33.3	330	2387
11	Bačka Palanka	Ulmus pumila L.		1507	Mali Iđoš	8	8	100.0	8143	8143
12	Bačka Palanka	Ulmus pumila L.		553	Ostaci	0	1	0.0	0	277
13	Bačka Palanka	Ulmus pumila L.	Betula pendula Roth. Populus sp.	2136	Plandište	4	51	7.8	5407	52309
14	Bačka Palanka	Ulmus pumila L.	Pinus nigra J.F. Arnold	1709	Plandište	2	8	25.0	495	6367
15	Bačka Topola	Fraxinus ornus L.	Ailanthus altissima (Mill.) Swingle. Robini	4824	Bečej	0	2	0.0	0	656
16	Bačka Topola	Populus sp.	Fraxinus sp.	1594	Senta	6	6	100.0	4215	4215
17	Bačka Topola	Robinia pseudoacacia L.		1270	Šibenik	63	72	87.5	97147	107569
18	Bačka Topola	Robinia pseudoacacia L.	Fraxinus sp.	4337	Subotica	18	27	66.7	28834	43148
19	Bačka Topola	Celtis occidentalis L.	Ulmus sp.	981	Vikar	1	6	16.7	437	7271
20	Bačka Topola	Celtis occidentalis L.	Quercus triacanthos L.	1303	Vukac	2	10	20.0	1378	8367
21	Bačka Topola	Celtis occidentalis L.	Quercus triacanthos L.	2231	Zrenjanin	1	8	12.5	508	15175
22	Bačka Topola	Robinia pseudoacacia L.		368		1	140	267	188439	331896
23	Bačka Topola	Robinia pseudoacacia L.		417						
24	Bačka Topola	Robinia pseudoacacia L.	Ulmus minor Mill.	228						
25	Bačka Topola	Pinus nigra J.F. Arnold		564						
26	Bačka Topola	Robinia pseudoacacia L.	Judaea regia L. Populus alba	3529						

**Slika 102.** Rasprostranjenost pojaseva sa vrstom R. pseudoacacia kao dominantnom prema broju i duljini pojaseva po općinama

## 10.4. Primjer 4. Analiza zdravstvenog stanja i mjera održavanja na području AP Vojvodine

*Prikazati zdravstveno stanje i mjere održavanja na osnovu metodologije razvijene u istraživanju Podhrázská et al. (2021) (Poglavlje 9.1.1.) i napraviti kartu pojaseva sa ocjenom kvalitete prikazane u tablici (Tablica 7), prema horizontalnoj i vertikalnoj kompoziciji tj. prisutnosti vrsta drveća i grmlja.*

**Tablica 7.** Stupanj kvalitete ŠZP na temelju horizontalne i vertikalne kompozicije

Različita zastupljenost vrsta drveća i grmlja	Horizontalni sastav drveća i grmlja	Stupanj kvalitete
1	1	Extremely poor
1	2	Poor
1	3	Moderate
2	1	Poor
2	2	Moderate
2	3	Very good
3	1	Moderate
3	2	Very good
3	3	Excellent

U atributnu tablicu potrebno je dodati novo polje *Quality* koje će predstavljati kombinaciju različite zastupljenosti vrsta drveća i grmlja (u atributnoj tablici nazvan *F17\_FC\_Rep*) i parametara horizontalnog sastava drveća i grmlja (u atributnoj tablici nazvan *F18\_Horizo*). Za ovo polje, u *Field Calculator*-u, potrebno je unijeti formulu `[F17_FC_Rep] & ", " & [F18_Horizo]` kako bi se povezale ocjene oba parametra.

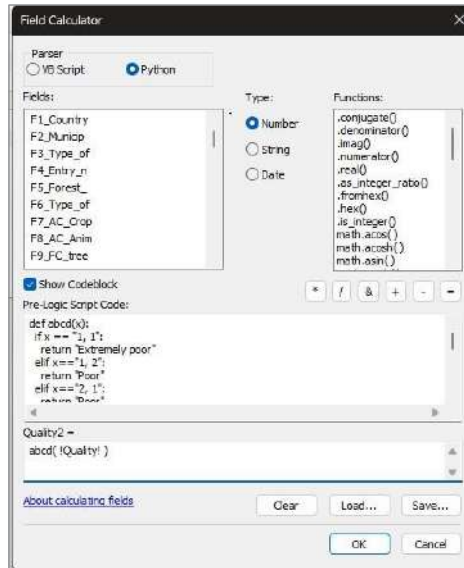
Zatim je potrebno dodati novo polje *Description* koje će predstavljati ocjenu kvalitete pojaseva. U *Field Calculator*-u, izabrati *PYTHON* u sekciji *Parser*, označiti kvadratić za *Show Codeblock*. U polju za *Pre-Logic Script Code* unijeti sljedeću formulu:

```
def abcd(x):
    if x == "1, 1":
        return "Extremely poor"
    elif x=="1, 2":
        return "Poor"
    elif x=="2, 1":
        return "Poor"
    elif x=="1, 3":
        return "Moderate"
    elif x=="2, 2":
        return "Moderate"
    elif x=="2, 3":
        return "Very good"
    elif x=="3, 1":
        return "Moderate"
    elif x=="3, 2":
        return "Very good"
    elif x=="3, 3":
        return "Excellent"
```

U polju ispod, unijeti:

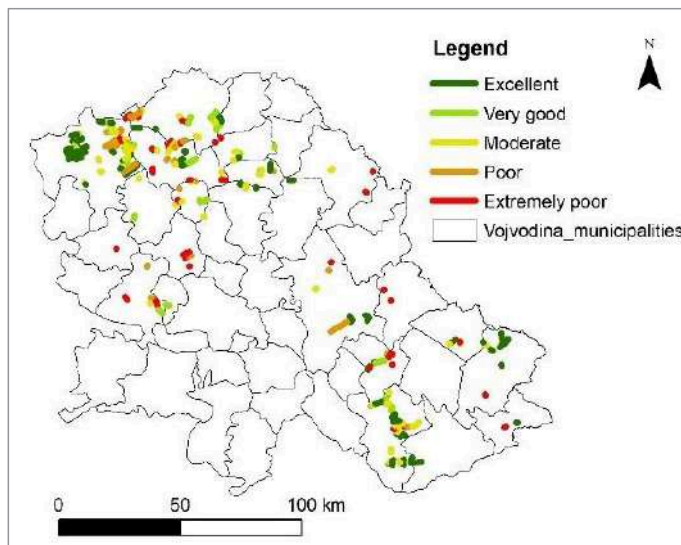
```
abcd( !Quality! )
```

Primjer kako *Field calculator* treba izgledati za dati zadatak je prikazan na slici ispod (Slika 103).



Slika 103. Dodjeljivanje opisa prema stupnju kvalitete u *Field Calculator*-u

Otvaranjem opcije *Properties* za vektorski sloj koji sadrži bazu agrošumarskih sistema, izabrati *Symbology*, zatim *Category – Unique values*, i za *Value field*, izabrati *Description*. Nakon izbora boja, i dodavanja neophodnih elemenata na kartu (mjerila, oznake za sjever, legende itd.), na karti će se prikazati rezultat zadatka (Slika 104).



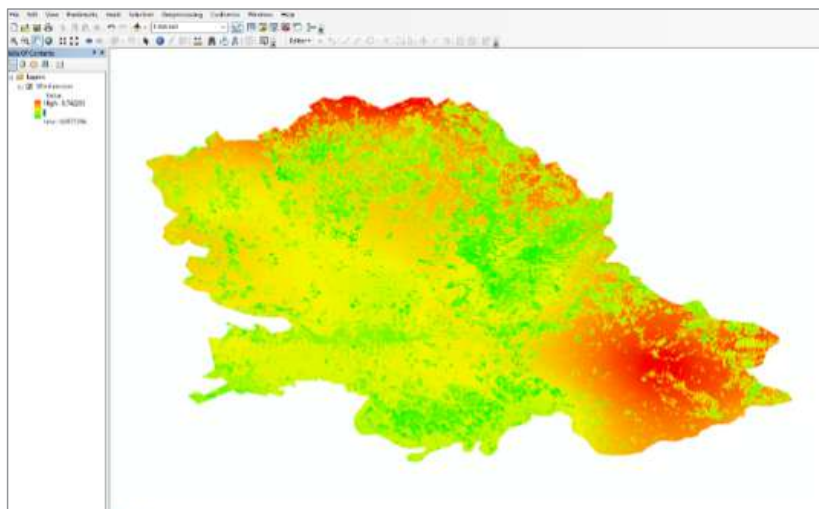
Slika 104. Vizualni prikaz kvalitete ŠZP u AP Vojvodina

## 10.5. Primjer 5. Prisustvo ŠZP na površinama ugroženim eolskom erozijom

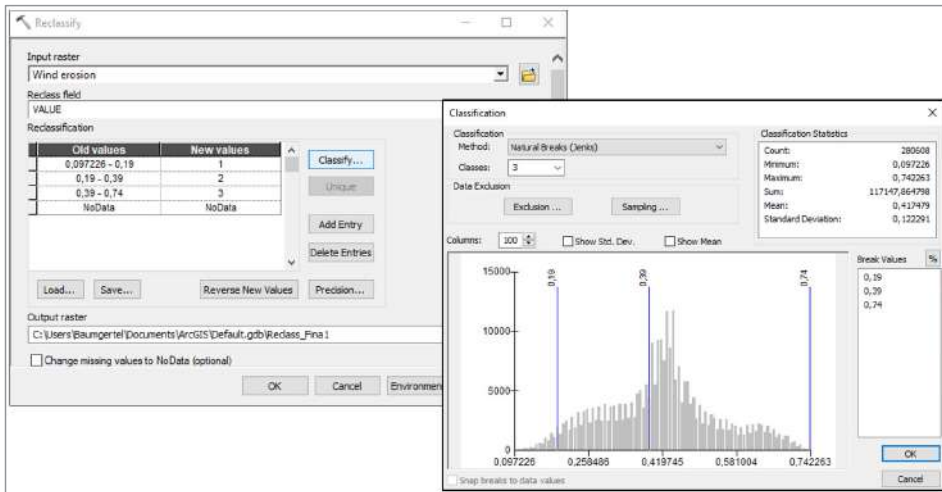
Šumski zaštitni pojasevi predstavljaju multifunkcionalne objekte, koji pružaju veliki broj usluga ekosustava za različite komponente sistema (Weninger et al. 2020). Ovi objekti također predstavljaju jednu od najčešće primjenjivanih praksi u borbi s eolskom erozijom i u tom kontekstu je veoma bitno njihovo prisustvo u dijelovima AP Vojvodine koja je zbog svojih karakteristika iznimno ugrožena ovim procesom (Baumgertel et al. 2019), a uslijed klimatskih promjena postoji rizik od još veće ugroženosti u budućnosti (Baumgertel et al. 2022).

*Izdvojiti površine gdje je zabilježena najveća ugroženost eolskom erozijom i zatim na tim površinama analizirati prisustvo šumskih zaštitnih pojaseva.*

Ugroženost procesima eolske erozije u Vojvodini je prikazana kartom ugroženosti u rasterskom obliku i sa vrijednostima od 0 (nije ugroženo) do 1 (maksimalno ugroženo) (Slika 105). Najprije je potrebno primjenom funkcije **Reclassify** napraviti novi raster s tri klase (klasa 1 – vrijednosti 0 do 0,19), klasa 2 (od 0,20 do 0,39) i klasa 3 (od 0,40 do 1) (Slika 106). Granične vrijednosti klase određene su na osnovu istraživanja Baumgertel et al. (2019)

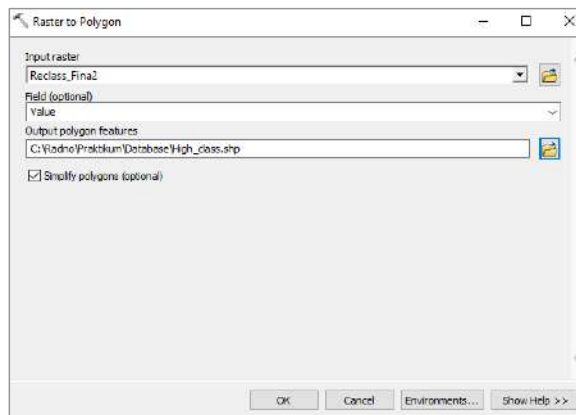


Slika 105. Karta ugroženosti u AP Vojvodina

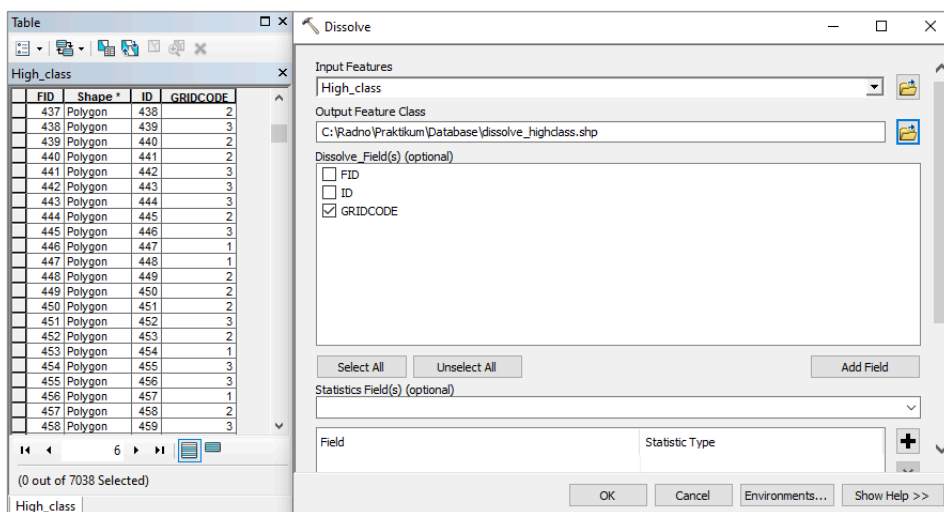


Slika 106. Funkcija *Reclassify* na primjeru karte ugroženosti eolskom erozijom

Potom je potrebno novi raster s navedenim klasama konvertirati u poligon primjenom funkcije **Raster to Polygon** (Slika 107). U novostvorenom shapefile-u (poligonu) u atributnoj tablici u polju **GRIDCODE** obilježene su 3 klase (definirane u prethodnom koraku). Kako bi se veliki broj pojedinačnih poligona spojilo (konsolidiralo) u 3 nova poligona (3 klase) prema istom kriteriju ili klasi, potrebno je primijeniti funkciju **Dissolve** (Slika 108).

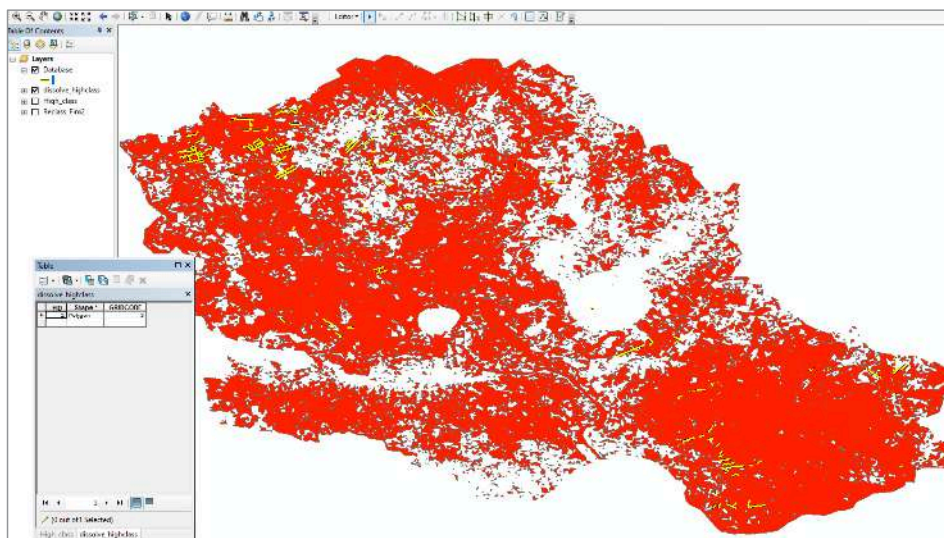


Slika 107. Funkcija *Raster to Polygon*



Slika 108. Atributna tablica i funkcija Dissolve

Na kraju je moguće analizirati stanje ŠZP (broj, duljina, zdravstveno stanje i sl.) na površinama koje su najugroženije procesima eolske erozije (površine gdje je vrijednost veća od 0,4) (Slika 109).



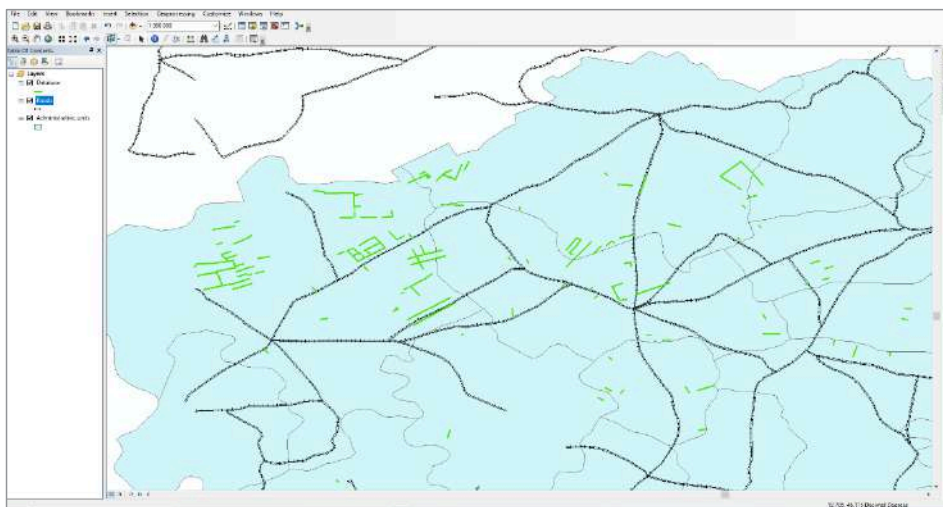
Slika 109. Virtualni prikaz najugroženijih dijelova eolskom erozijom kao i položaj ŠZP u AP Vojvodini

## 10.6. Primjer 6. Prisustvo ŠZP na površinama u blizini putne mreže

Šumski zaštitni pojasevi, uz prethodno navedene funkcije, mogu pružati zaštitu od snježnih naleta i nanosa u zoni njihovog utjecala. Zbog toga se često primjenjuju kao živi objekti za zaštitu putne infrastrukture (cestovne ili željezničke).

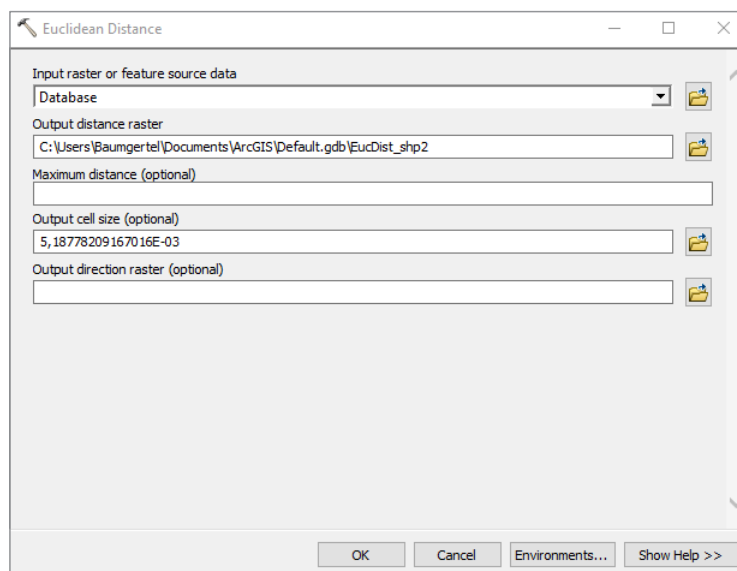
*Analizirati prisustvo ŠZP u blizini putne infrastrukture (putevi I reda) u AP Vojvodini.*

Na slici se nalazi radna površina gdje je u *ArcMap*-u učitana baza podataka o agrošumarskim praksama, administrativne jedinice i putevi I reda (ovi podaci u shapefile-u su dostupni na linku <https://unece.org/traffic-census-2005>) (Slika 110).

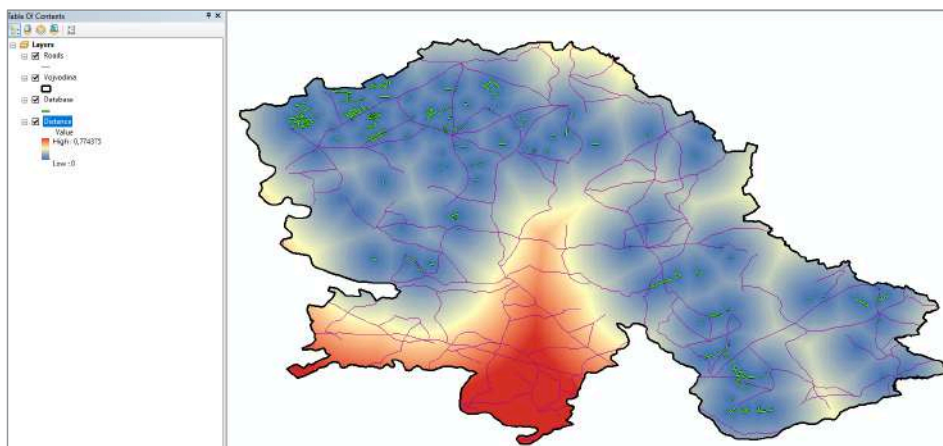


Slika 110. Putna mreža i ŠZP iz baze podataka u Vojvodini učitani u *ArcMap*-u

Dalje su funkcijom *Clip*, putevi I reda najprije izrezani samo na površinu Vojvodine. Nakon toga je primijenjena funkcija *Euclidean Distance* gdje je kao ulazni podatak izabrana baza podataka (odnosno u ovom slučaju šumski zaštitni pojasevi (Slika 111)). Primjenom ove funkcije dobije se novi raster gdje su crvenom bojom obilježene površine, odnosno pikseli koji su „daleko“ od ŠZP, dok su plavom bojom obilježene površine koje se nalaze „blizu“ ŠZP (Slika 112). Na ovaj način je moguće analizirati koliko se šumski zaštitni pojasevi nalaze u blizini putne mreže.



Slika 111. Funkcija *Euclidean Distance*



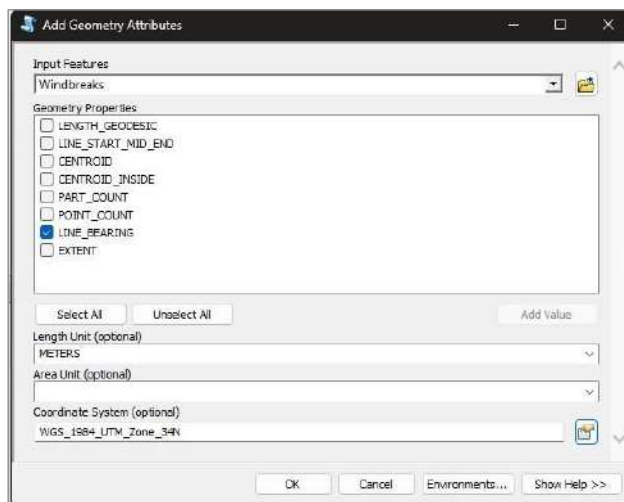
Slika 112. Prikaz karte udaljenosti putne mreže od ŠZP-a u Vojvodini

Da bi šumski zaštitni pojasevi na odgovarajući način obavljali funkciju zaštite od vjetra i sniježnih nanosa, moraju biti orijentirani u prostoru što je više moguće okomito na smjer prevladavjućeg vjetra (Shelterbelts Design, 2010). U slučaju da dominantan vjetar puše pod određenim kutem u odnosu na ugroženu dionicu, a ne ravno na nju, neophodno je povećati duljinu pojasa prema formuli (Lukić, 2019).

## 10.7. Primjer 7. Analiza podignutih ŠZP u odnosu na pravac dominantnog vjetra

*Za različite općine, izračunati prosječnu duljinu, širinu, razmak između redova i razmak između drveća u redu, ali samo za pojaseve koji su ispravno uspostavljeni. Ukoliko je pravac puhanja vjetra sjever-jug kod pravilno orijentiranog pojasa strujanje vjetra u odnosu na pojas ne smije biti pod većim kutom od 45°.*

Za rješavanje ovoga zadatka potrebno je stvoriti novi atribut u *ArcMap*-u koji sadrži informacije o geometriji ŠZP, odnosno azimutu pravca pojasa, tj. **LINE\_BEARING**. Ovaj atribut predstavlja azimut pravca svakog ŠZP. Vrijednosti su u opsegu od 0 do 360, pri čemu 0 označava sjever, 90 je istok, 180 je jug a 270 zapad. Koristeći **Data Management Tools – Features – Add Geometry Attributes – LINE\_BEARING** (Slika 113), kut između svake linije tj. pojasa se izračunava, počevši od sjevera (0 stupnjeva). Novi atribut, nazvan **Bearing** je dodan u tablicu.

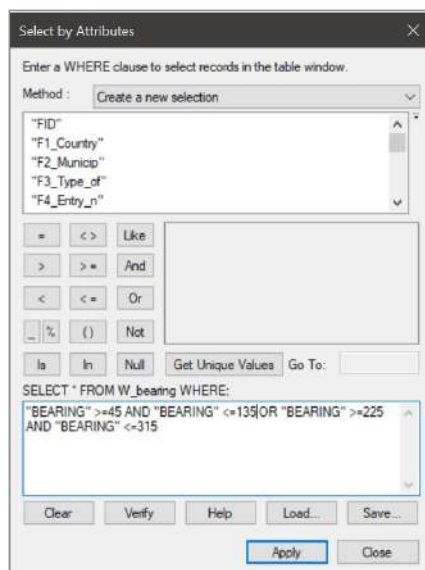


Slika 113. Određivanje azimuta pravca

Potom je potrebno sortirati novi atribut, prema uvjetima danima u zadatku, a to je da se označe i izvezu svi pojasevi koji su propisno podignuti ako je pravac dominantnog vjetra sjever-jug. Pravac sjever-jug je ravna vertikalna linija od sjevera do juga, što u ovom slučaju predstavlja pravac od nultog do 180. stupnja, počevši od sjevera. Ovo znači da su svi pojasevi koji će za azimut pravca (**Line\_Bearing**) imati vrijednosti od 45 do 135, kao i od 225 do 315, pravilno podignuti.

Slijedeći korak je označiti sve pojaseve koji zadovoljavaju dane uvjete. Za to se koristi opcija **Select by Attributes**, koja se nalazi u padajućem izborniku **Table Options**, pritiskom na prvu ikonu u gornjem lijevom kutu atributne tablice. Potreb-

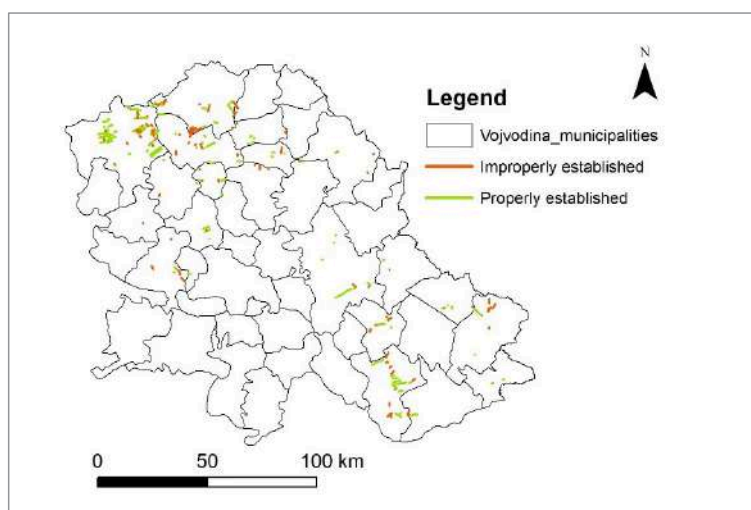
no je unijeti odgovarajući zapis, kako bi se označili svi unosi koji zadovoljavaju zadane uvjete (Slika 114). Kada se primjeni ovaj uvjet, i označe svi pojasevi koji ga ispunjavaju, potrebno je označene pojaseve izvesti u novi shapefile kome će se dodijeliti naziv *Windbreaks\_bearing\_line*.



Slika 114. Označavanje atributa prema danim uvjetima

Izvesti bazu kao *Excel* datoteku, i dodijeliti joj ime *Windbreaks\_bearing\_line*.

U novokreiranoj Excel datoteci, izračunati prosječnu duljinu, širinu, razmak između redova i razmak između stabala u redu. Sve pojaseve koji su propisno uspostavljeni prema danim uvjetim prikazati na karti (Slika 115).



Slika 115. Primjer pojaseva koji su propisno postavljeni prema danim uvjetima

## 10.8. Primjer 8. Određivanje optičke poroznosti

*Iz digitalne baze podataka potrebno je preuzeti fotografije snimljene okomito na pojas za potrebe određivanja optičke poroznosti.*

Optička poroznost predstavlja jedan od najbitnijih pokazatelja strukturnih karakteristika ŠZP jer je u direktnoj vezi s velikim brojem funkcija koje ŠZP vrše (smanjenje brzine vjetra, promjena temperature i dr.) (Xie et al. 2018). Za potrebe određivanja optičke poroznosti pojaseva (Slika 116) potrebno je analizirati fotografije visoke rezolucije snimljene okomito na pojas na osnovu kojih je moguće odrediti odnos površina koje zauzimaju siluete pojasa (stablo, granje, lišće) i površine iza pojasa (nebo, poljoprivredne kulture ili obradivo-neobradivo tlo) (Středová et al. 2012). U GIS bazi podataka agrošumarskih sustava se u atributnoj tablici u koloni pod nazivom **Photo** nalaze snimljene fotografije pojaseva u raster-skom obliku podataka. Ove fotografije je moguće preuzeti iz digitalne baze.



**Slika 116.** Proces određivanja optičke poroznosti

U nastavku je prikazan postupak za određivanje optičke poroznosti u softveru **Adobe Photoshop CS Version 8.0** (Zamora et al. 2015).

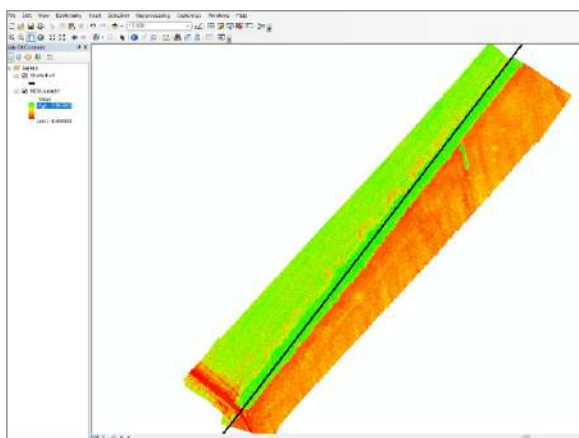
1. Učitavanje fotografije – **Import photo**
2. Dupliciranje sloja – **Duplicate layer**
3. Obrublivanje slike (pojasa) – **Crop image**
4. Postavke kontrasta i osvijetljenja – **Brightness/Contrast increase**
5. Selektiranje pozadine iz pojasa primjenom alata – **Magic Wand i Bruch Tool**
6. Brojanje ukupnog broja piksela pozadine i silueta pojasa na osnovu histograma slike
7. Određivanje optičke poroznosti na osnovu odnosa ukupne površine fotografije, piksela pozadine i piksela silueta pojasa.

## 10.9. Primjer 9. Analiza vegetacijskog indeksa NDVI na ŠZP u ArcMap-u

*Potrebno je izračunati NDVI indeks i analizirati vrijednosti indeksa na površinama pod ŠZP.*

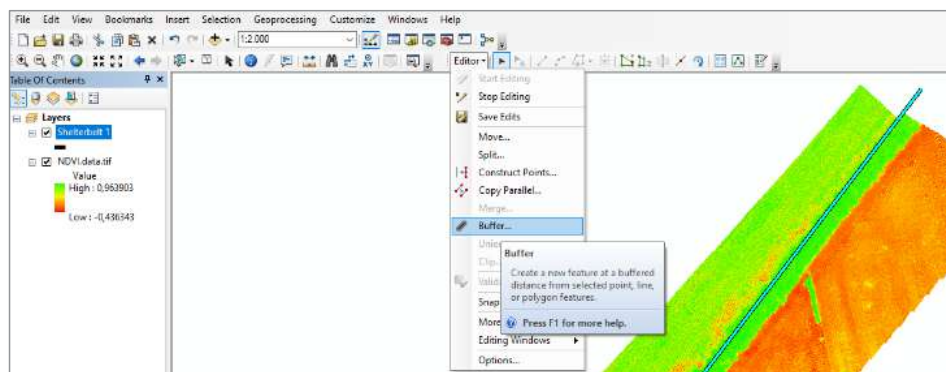
Prvo je potrebno u ArcMap softveru učitati dvije rasterske datoteke koji označavaju fotografije snimljene u crvenom i infracrvenom dijelu spektra elektromagnetskog zračenja. Zatim je potrebno korištenjem *Raster Calculator*-a primijeniti jednadžbu za izračun *NDVI*. Kada se dobije NDVI indeks u obliku novog raster sloja isti je potrebno odrezati (funkcija *Clip*) za površinu pojasa iz atributne tablice (Slika 117).

Kako su pojasevi koji se nalaze u atributnoj tablici označeni linijama (*line*), a na terenu oni svojom geometrijom odgovaraju poligonima (*polygon*), potrebno je konvertirati liniju u poligon. Kako bi se to učinilo najprije je potrebno kreirati novi shapefile za jedan pojas iz atributne tablice digitalne baze podataka koristeći alat *Create a new shapefile from selected features*. Dalje, da bi se linija pretvorila u poligon potrebno je liniji dodijeliti određenu širinu (koja odgovara širini pojasa iz atributne tablice) korištenjem funkcije *Buffer* (iz *Editor*-a) (Slika 118).



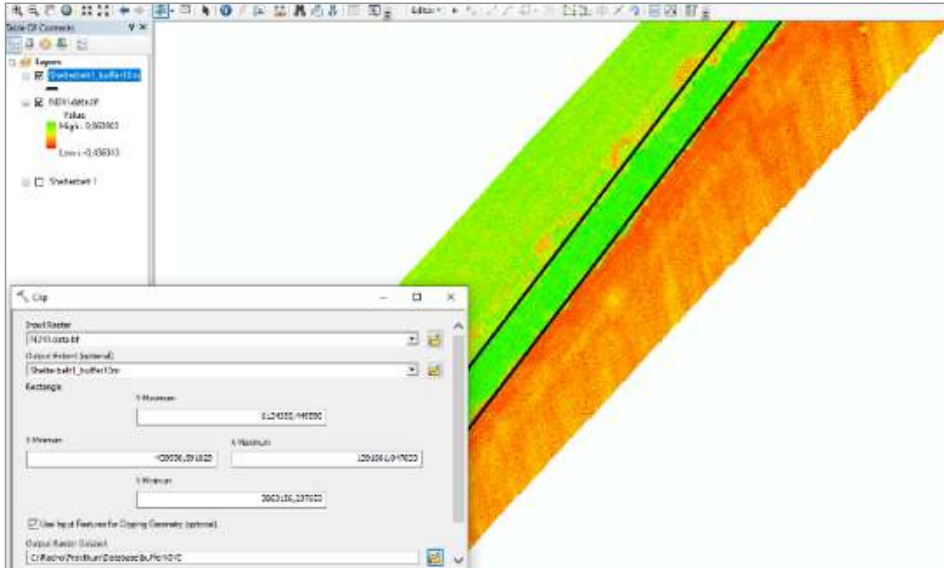
Slika 117. Raster NDVI indeksa i ŠZP predstavljen linijom

potrebno je liniji dodijeliti određenu širinu (koja odgovara širini pojasa iz atributne tablice) korištenjem funkcije *Buffer* (iz *Editor*-a) (Slika 118).



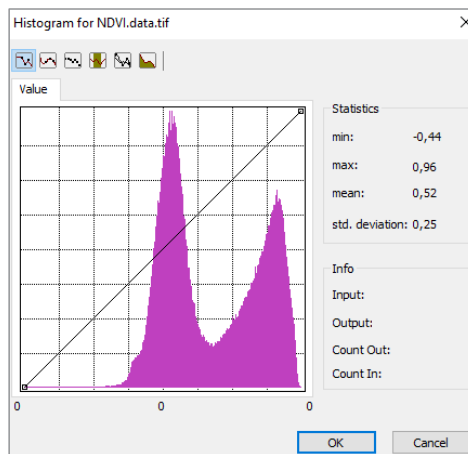
Slika 118. Funkcija *Buffer*

Kada je kreiran novi shapefile pojasa (poligon) potrebno je izračunati NDVI sloj iz prethodnog koraka izrezati (primjenom funkcije **Clip (Management)**) i na taj način dobiti **NDVI** snimak koji obuhvaća površinu gdje se nalazi pojas (Slika 119).



Slika 119. Primjena funkcije *Clip*

Dalje, vrijednosti NDVI-a za površinu pojasa mogu se očitati s histograma NDVI indeksa, kojem se pristupa iz **Layer Properties – Symbology – Histograms**. Tu se nalaze srednja, minimalna, maksimalna vrijednost NDVI indeksa kao i standardna devijacija (Slika 120).



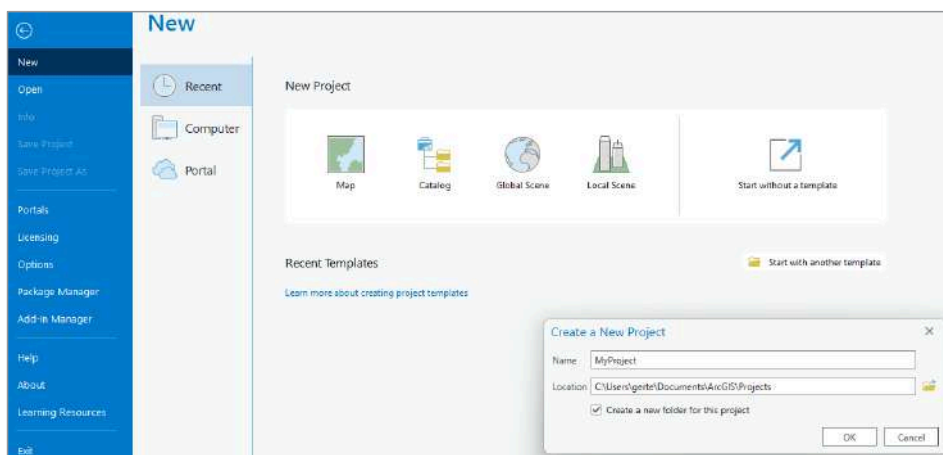
Slika 120. Histogram vrijednosti *NDVI* indeksa

## 10.10. Primjer 10. Određivanje visine ŠZP na osnovu DSM-a

*Na osnovu serije snimaka snimljenih dronom potrebno je napraviti digitalni model površina (DSM) za potrebe očitavanja visine ŠZP*

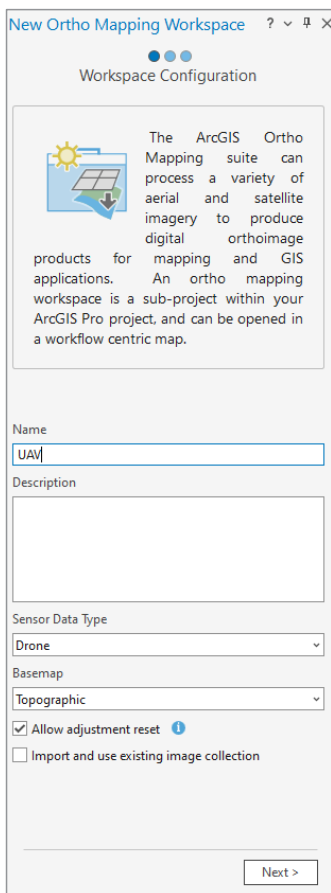
Za ovaj će se zadatak koristiti **ArcGIS Pro** softver. U softverskom paketu ArcGIS Pro potrebno je prilikom pokretanja programa s lijeve strane obilježiti **New** i zatim u okviru dijela **New Project** potrebno je izabrati **Map**. Nakon toga otvara se novi prozor gdje je potrebno unijeti naziv projekta (**MyProject**) i lokaciju gdje će se projekt nalaziti na računalu (Slika 121).

Kada se otvori radna površina potrebno je izabrati karticu **Imaginery** i odabrati opciju **New Workspace**.

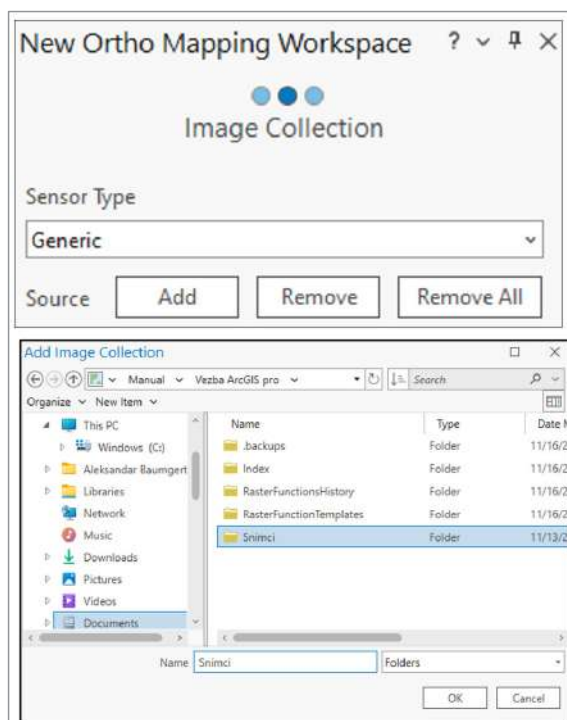


Slika 121. Kreiranje novog projekta u ArcGIS PRO

Zatim će se otvoriti novi prozor (**New Ortho Mapping Workspace**) gdje je potrebno dodijeliti naziv novoj radnoj površini (**UAV**) (Slika 122). Potom se može odabrati tip senzora (već je postavljeno na **drone**), a među opcijama se još nalaze i satelitski snimci. Na kraju se postavlja **Basemap** koji je automatski postavljen na topografsku kartu koju nudi softver. Kada se prijeđe na idući set postavki pojavljuje se prozor gdje je potrebno izabrati folder (**Source – Add**) u kojem se nalaze snimci snimljeni dronom (Slika 123).

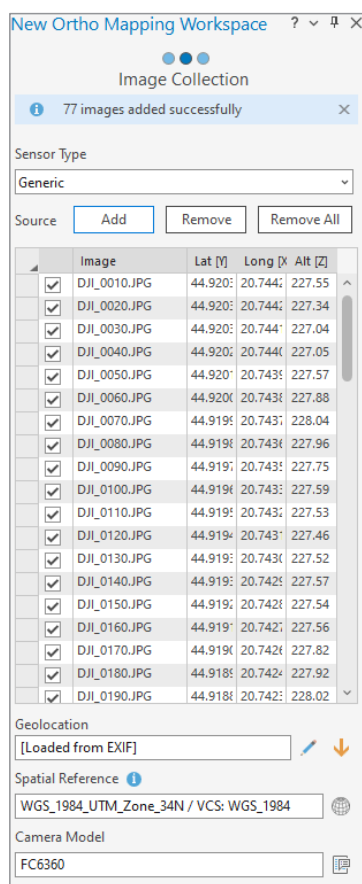


Slika 122. Otvaranje New Ortho Mapping Workspace



Slika 123. Učitavanje fotografija snimljenih dronom

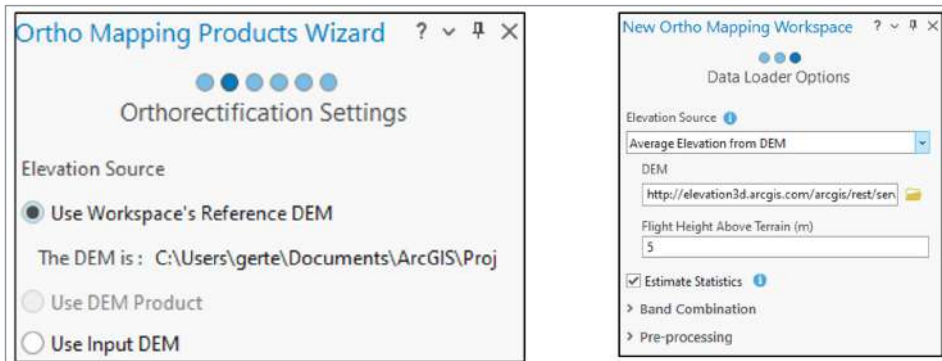
U idućem prozoru (Slika 124) nalaze se informacije o broju snimaka koje su uspješno učitate. U ovom prozoru moguće je dodati još snimaka pritiskom na ikonu **Add**. Dalje se u listi redom nalaze sve snimke koje su učitate s njihovim koordinatama (X i Y) i nadmorskom visinom (Z). Ako pojedina snimka nije zadovoljavajuće kvalitete ili iz bilo kojeg razloga ne treba ući u daljnju analizu, moguće je maknuti kvačicu i na taj način izuzeti tu snimku iz daljnje analize.



Slika 124. Učitane fotografije, postavke projekcije i modela kamere

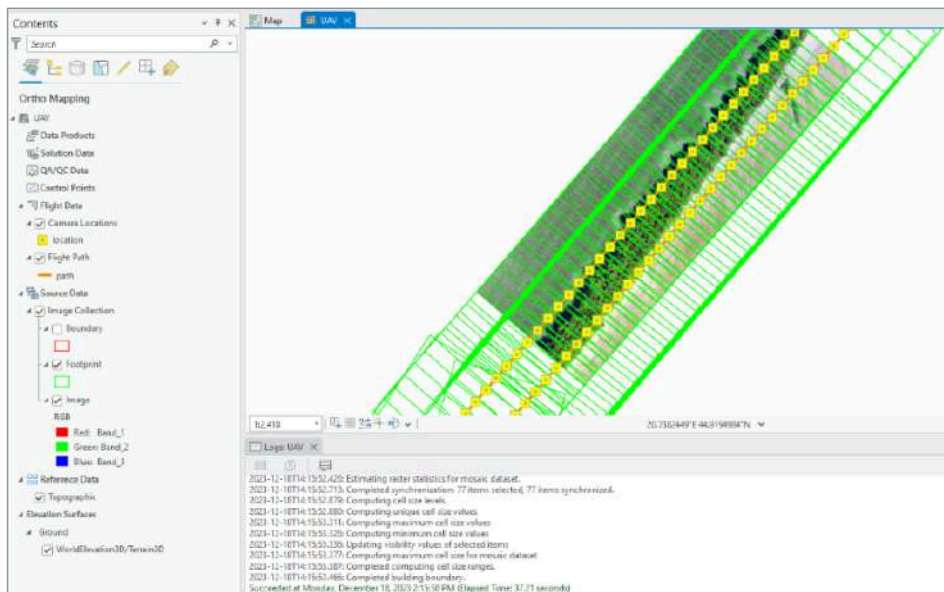
U polju **Geolocation**, automatski je unijeta opcija učitavanja lokacije iz ekstenzije **EXIF** koja se automatski stvara kada dron odradi snimanje, a nalazi se u folderu gdje su smještene snimke. Također je automatski učitani i koordinatni sustav koji je bio postavljen na letjelici kada se snimalo. Na kraju, informacija o modelu kamere (**FC6360**) je automatski preuzeta.

Kada se nastavi s postavkama, u idućem prozoru se određuje izvor **DEM**-a (postavljeno je da se učitava **ArcGIS DEM** preuzet s **ESRI platforme**) (Slika 125). Potrebno je unijeti visinu na koju je letjelica bila postavljena u trenutku kada se snimalo. Ostale postavke mogu se ostaviti na predloženim vrijednostima.



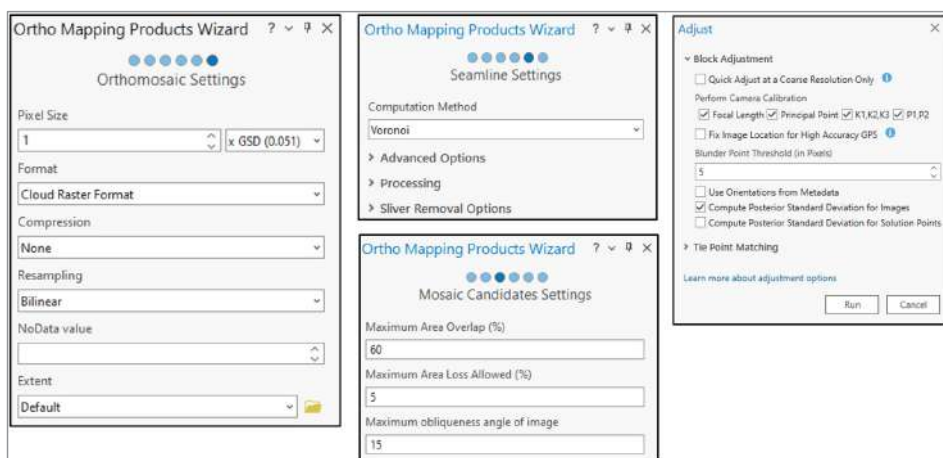
Slika 125. Postavke izvora DEM-a i visine snimanja

Nakon što se završi s postavkama u novom prozoru s lijeve strane u **Contents** će se pojaviti kolekcija slika (**Image Collection**), granica snimanja (**Boundary**), **footprint** i preklapljenе fotografije ŠZP-a (Slika 126).



Slika 126. Prikaz preklapljenih fotografija ŠZP-a

Potom je potrebno kliknuti na ikonu **Adjust** nakon čega se otvara novi prozor s postavkama koje treba ostaviti na ponuđenim vrijednostima i pokrenuti proces (Slika 127). Nakon što se završi poravnavanje potrebno je pokrenuti ikonu **Orthomosaick**. Sve postavke je potrebno ostaviti na ponuđenim vrijednostima.



Slika 127. Daljnje postavke u okviru funkcije *Adjust* i *Orthomosaic*

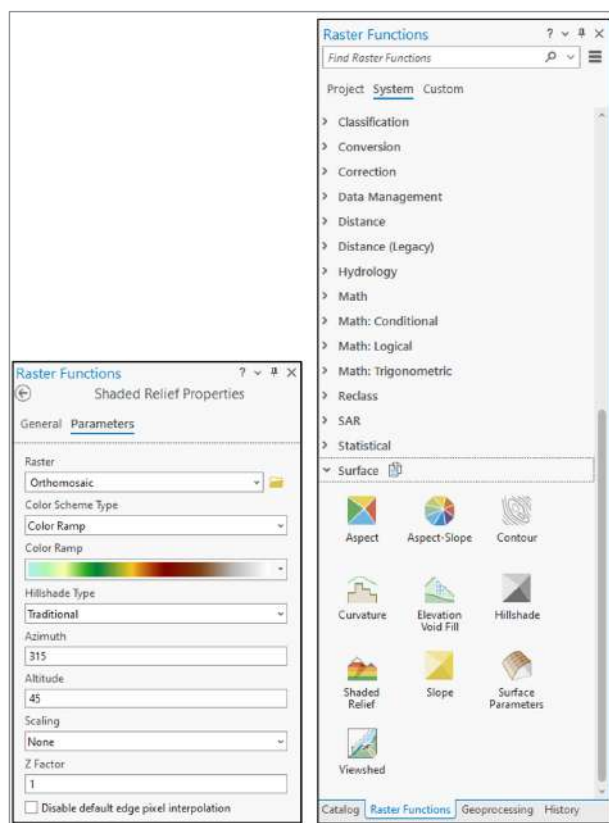
Kada su se unijele sve postavke potrebne za kreiranje ortomozaika i pokretanje procesa nakon par minuta pojavljuje se ortomozaik terena sastavljen od fotografija snimljenih dronom (Slika 128).



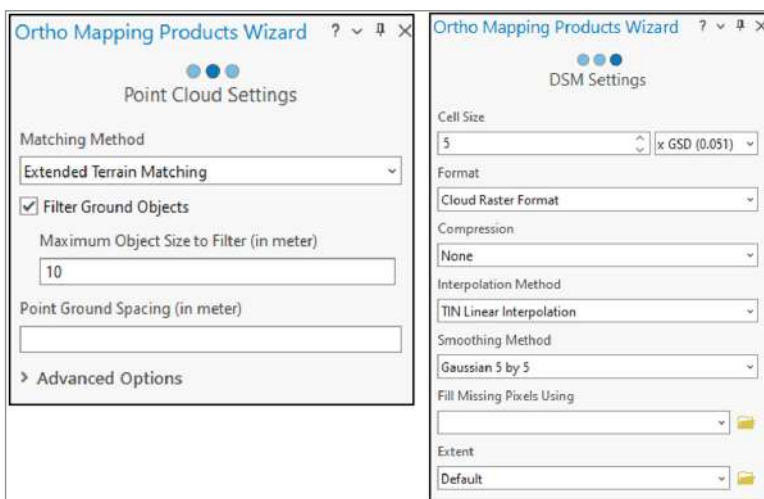
Slika 128. Otomozaik sa ŠZP

Kako bi se dobio podatak o visinama objekata na terenu, treba primijeniti funkciju *Shaded Relief*, nakon čega je moguće generirati digitalni model površine (*DSM*) (Slika 129).

Kreiranje digitalnog modela površine (terena) – *DSM*-a se pokreće klikom na ikonu ( ). Nakon toga se otvaraju dva prozora gdje je potrebno ostaviti ponuđene postavke i pokrenuti proces (Slika 130).

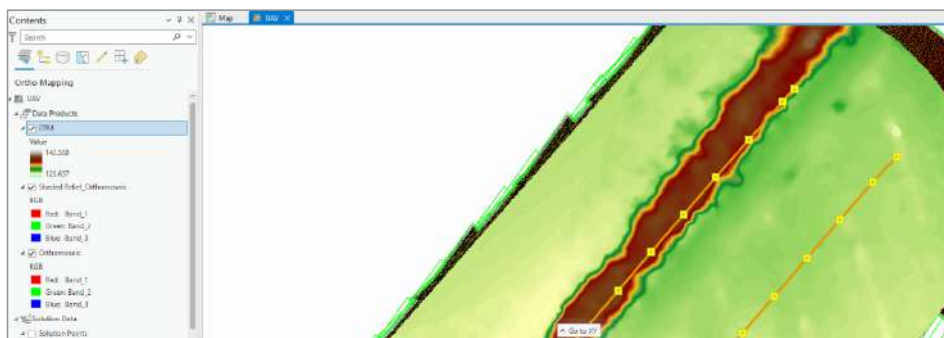


Slika 129. Shaded Relief alat



Slika 130. Postavke u okviru alata DSM

Proces traje nekoliko minuta te se po njegovu završetku pojavljuje digitalni model terena. Sada je moguće odrediti visinu pojasa (u ovom slučaju smeđe površine koja predstavlja vrhove krošnje stabala). Nadmorsku visinu krošnje stabla potrebno je oduzeti od površine terena (svjetlo zelena boja). Razlika ove dvije visine predstavlja visinu pojasa (Slika 131).



Slika 131. Kreiran digitalni model površine (DSM)

## 11. Procjena usluga ekosustava

Usluge ekosustava prvi put su definirane u publikaciji Milenijska procjena ekosustava (MEA, 2005). One se mogu podijeliti u četiri kategorije, i to:

1. Usluge podrške (*Supporting*) – osnovne usluge koje omogućavaju život ljudima, poput formiranja tla, kruženja hranljivih tvari i primarne proizvodnje.
2. Usluge podržavanja (*Provisioning*) – svi proizvodi dobiveni iz ekosustava, poput hrane, sirovina (drveta, biomase za gorivo, organske materije), genetskih resursa i drugih.
3. Usluge regulacije (*Regulation*) – koristi dobivene regulacijom procesa u ekosustavu, uključuju pročišćavanje vode i zraka, skladištenje i vezanje ugljika, regulaciju klime, oprašivanje i drugo.
4. Kulturne usluge (*Cultural*) – nematerijalne koristi koje ljudi dobijaju iz ekosustava, poput rekreativnih, sportskih, estetskih i drugih vrijednosti.

Danas se agrošumarstvo promatra kao jedno od rješenja temeljenih na prirodi i kao način za unaprjeđenje održivosti ekosustava u odnosu na tradicionalnu poljoprivredu. Prvenstveno zbog toga jer sustavi agrošumarstva osiguravaju veliki broj usluga ekosustava.

Procjena usluga ekosustava postala je alat koji mogu koristiti različiti donositelji odluka s ciljem kvantifikacije ekološkog utjecaja različitih komponenti sustava. Međutim, procjena usluga ekosustava može biti zahtjevan zadatak jer je neke od njih teško kvantificirati i izmjeriti, stoga je izazovno i uspostaviti i pratiti jedinstvenu metriku koja bi predstavljala određenu uslugu. Ipak, s vremenom su se pojavili različiti modeli, prostorni i neprostorni, s funkcijom procjene usluga ekosustava. Stewart et al. (2022) identificirali su ukupno 63 alata koji su razvijeni kako bi kvantificirali usluge ekosustava koje pružaju agrošumarski ekosustavi. Neki od njih su: InVEST, SolVES, ARIES (SEEA) ili iTree Eco.

Razvijen na Sveučilištu Stanford, InVEST je model koji se koristi za kartiranje i kvantifikaciju usluga ekosustava. Ovaj set alata razvijen je za donositelje odluka kako bi im pomogao da usklade ekološke i ekonomske ciljeve prilikom upravljanja ekosustavima.

U okviru ovog primjera, dva modula InVEST modela biti će prikazana u detalje. Prvi model se odnosi na procjenu usluge ekosustava – skladištenje ugljika. Ovaj model se može primjeniti na primjeru svih agrošumarskih praksi. Drugi se odnosi na procjenu gubitaka tla uslijed erozijskih procesa, kod silvopastoralnih sistema i šumskog ratarstva, ukoliko su uspostavljeni na površinama koje se nalaze na nagibu.

Priprema ulaznih podataka se obavlja korištenjem različitih softverskih alata, poput GIS-a, Excel-a ili sličnih. Također, svi ulazni podaci korišteni za parametризaciju modela za procjenu usluga ekosustava mogu se besplatno preuzeti.

Model je moguće preuzeti s linka – <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest/invest-downloads-data>

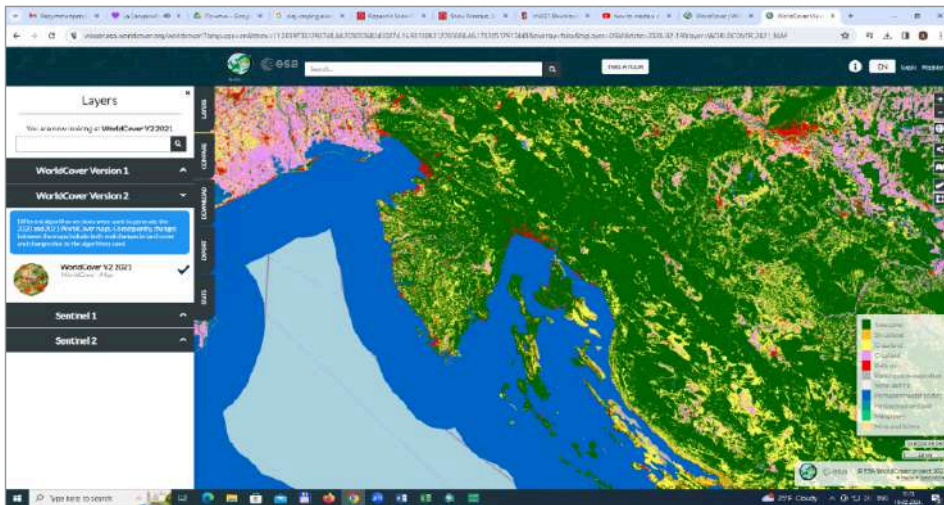
U nastavku se nalazi primjer modula i objašnjenje za procjenu usluge ekosustava **skladištenje ugljika** na površini gdje je se nalaze zaštitni pojasevi (*Shelter-beds*).

Prema korisničkom manualu: InVEST model skladištenja i sekvenciranja ugljika kao ulazne podatke (Tablica 8) koristi karte *načina korištenja zemljišta*, zajedno s podacima o *usvojenom ugljiku u različitim komponentama* (biomasa nadzemnog i podzemnog dijela, tla i mrtva organska tvar) kako bi procijenio količinu ugljika koja se skladišti u cijelom sustavu.

**Tablica 8.** Ulazni podaci za izračun skladištenja ugljika u InVEST modelu

Ulazni podaci	Format	Izvor
Način korištenja zemljišta	Raster	<a href="http://WorldCover.org">WorldCover   WORLDCOVER (esa-worldcover.org)</a>
Rezerve ugljika (Carbon pools) u nadzemnoj i podzemnoj biomasi	Raster	<a href="https://webmap.ornl.gov/ogc/dataset.jsp?ds_id=1763">https://webmap.ornl.gov/ogc/dataset.jsp?ds_id=1763</a>
Rezerve ugljika (Carbon pools) u tlu	Raster	<a href="https://soilgrids.org/">https://soilgrids.org/</a>

Prvi korak primjene modela je određivanje područja istraživanja. Ovo je moguće crtanjem poligona (shapefile) u softveru **ArcMap** oko agrošumarske prakse *Zaštitni pojas* koji se nalazi u okviru digitalne baze podataka o praksama agrošumarstva na području Zapadnog Balkana.

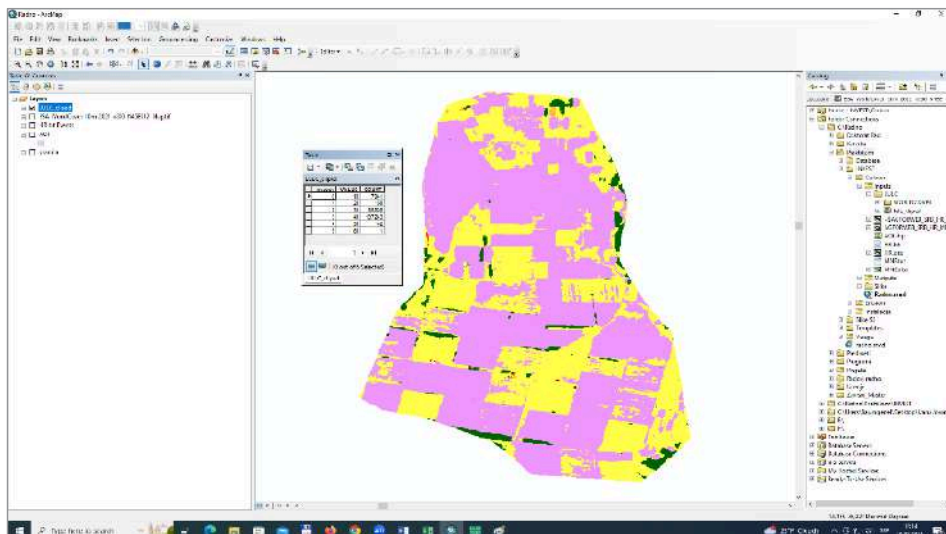


Slika 132. Sučelje stranice WorldCover

U narednom koraku potrebno je preuzeti podatke (*raster*) o načinu korištenja zemljišta iz WorldCover baze (Tablica 8 i Slika 132) ili iz CORINE baze podataka.

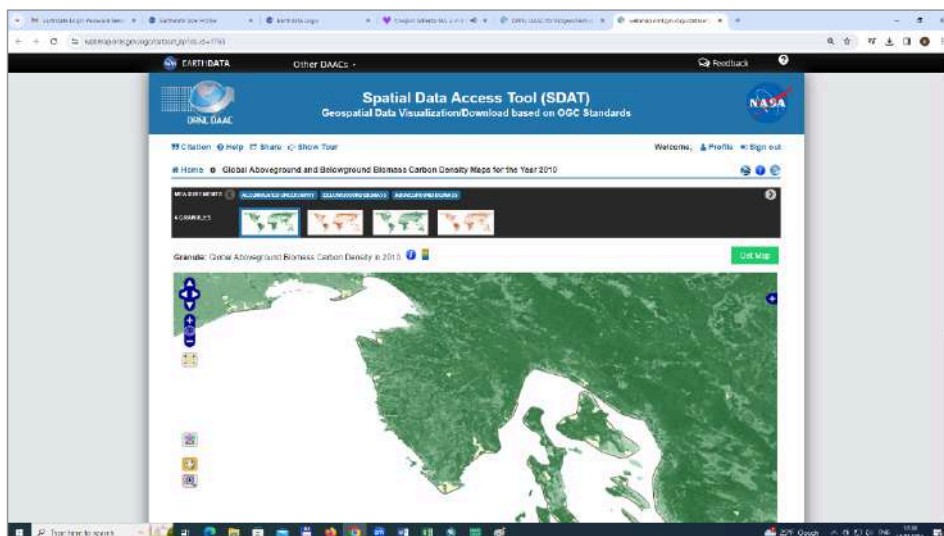
Dalje je potrebno koristiti funkciju *Clip* da bi se podaci ograničili (izrezali) samo na područje istraživanja.

U okviru atributne tablice pojavljuju se klase (kolona *VALUE*) koje označavaju klase načina korištenja zemljišta i broj piksela za svaku od klasa (kolona *COUNT*). Karta načina korištenja sastoji se od četiri kategorije: klasa 10 (šuma), 30 (travnate površine), 40 (poljoprivredne površine) i klase 50 (urbana površina) (Slika 133). Potrebno je za svaku od klasa načina korištenja zemljišta odrediti koliko se ugljika nalazi u nadzemnoj, podzemnoj i mrtvoj biomasi kao i u tlu.



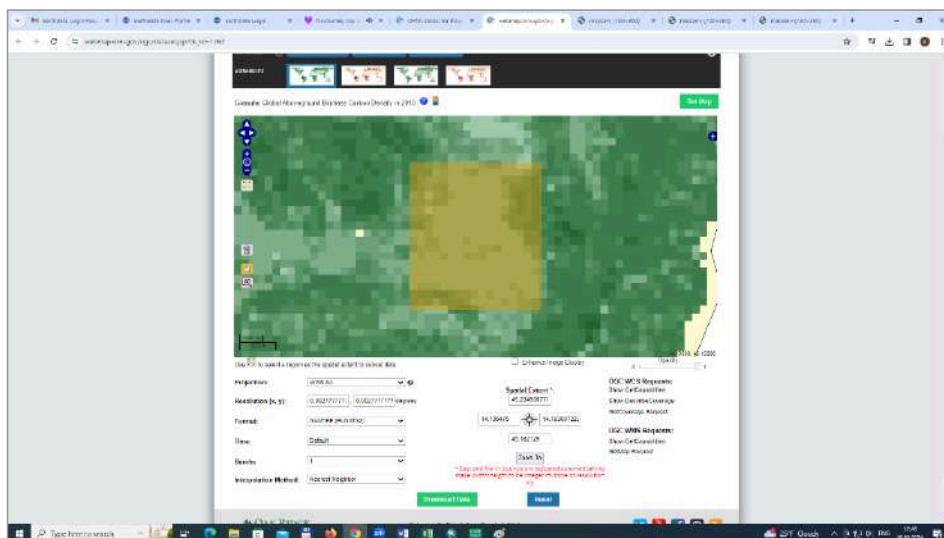
Slika 133. Klipovan (ograničen) način korištenja zemljišnog prostora za istraživano područje

Podaci o skladištenju ugljika za nadzemnu biomasu su dostupni na stranici ([https://webmap.ornl.gov/ogc/dataset.jsp?ds\\_id=1763](https://webmap.ornl.gov/ogc/dataset.jsp?ds_id=1763)) (Slika 134).



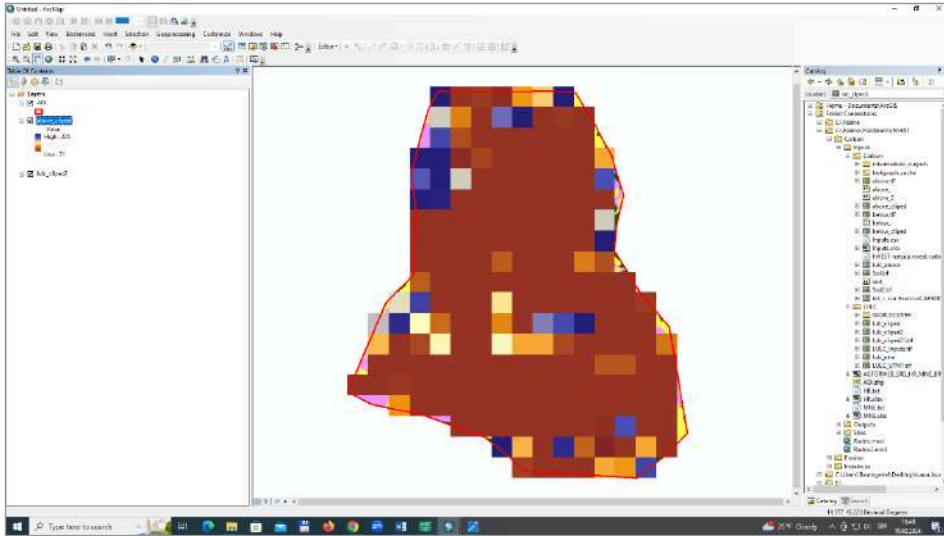
Slika 134. Sučelje baze podataka za sadržaj ugljika u nadzemnoj biomasi

Na platformi je potrebno unijeti koordinate istraživanog područja u polje *Spatial extent*, izabrati tip podatka *GeoTIFF* i na kraju birati opciju *Download Data* (Slika 135).



Slika 135. Učitavanje istraživanog područja

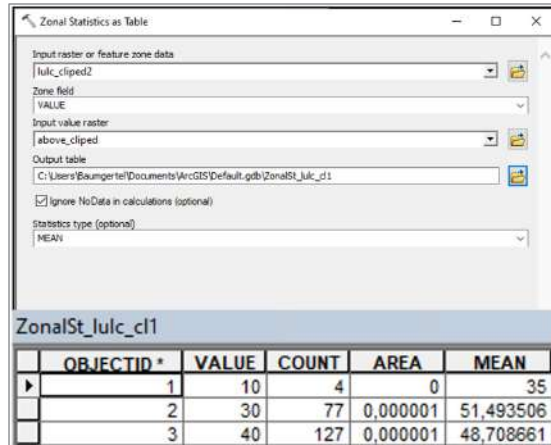
Kada se preuzmu podaci (raster) o sadržaju ugljika u nadzemnoj biomasi potrebno je koristiti funkciju *Clip* da bi podaci bili ograničeni samo za istraživano područje (Slika 136).



Slika 136. Sadržaj ugljika u nadzemnoj biomasi za istraživano područje

Kada se izreže karta ugljika u nadzemnoj biomasi potrebno je primijeniti funkciju *Zonal Statistics as Table* (Slika 137) koja za svaki piksel jednog rastera (u ovom slučaju rastera načina korištenja zemljišta) računa srednje vrijednosti piksela s drugog rastera (rastera usvajanja ugljika za nadzemnu biomasu).

U alatu *Zonal Statistics as Table* u polju *Input raster* je potrebno unijeti raster načina korištenja zemljišta dok u polju *Input value raster* treba unijeti izrezan raster sadržaja ugljika u nadzemnoj biomasi. Rezultat primjene ove funkcije predstavljen je tablicom u kojoj je svakoj od prepoznatih klasa načina korištenja zemljišta dodeljena srednja vrijednost sadržaja ugljika u nadzemnoj biomasi. Dalje je potrebno vrijednosti ugljika pomnožiti sa 0.1 (Spawn et al., 2020). Isti postupak je potrebno ponoviti za podatke o sadržaju ugljika u podzemnoj biomasi za svaku od klasa načina korištenja zemljišta ka i sadržaja ugljika u tlu koristeći baze podataka navedene u Tablici 8.



Slika 137. Primjena funkcije *Zonal Statistics as Table*

U narednom koraku je potrebno za svakoj od navedenih klasa načina korištenja zemljišta dodijeliti odgovarajuću vrijednost koja opisuje/kvantificira sposobnosti za skladištenje ugljika (Carbon pool) i pripremiti *.csv* tablicu koja sadrži sljedeće elemente:

**lucode** (data type: integer) – jedinstven kôd načina korištenja zemljišnog prostora

**c\_above** (data type: number; units: t/ha) –ugljika u nadzemnoj biomasi

**c\_below** (data type: number; units: t/ha) –ugljik u podzemnoj biomasi

**c\_soil** (data type: number; units: t/ha) –ugljik u tlu

**c\_dead** (data type: number; units: t/ha) –ugljik mrtve biomase

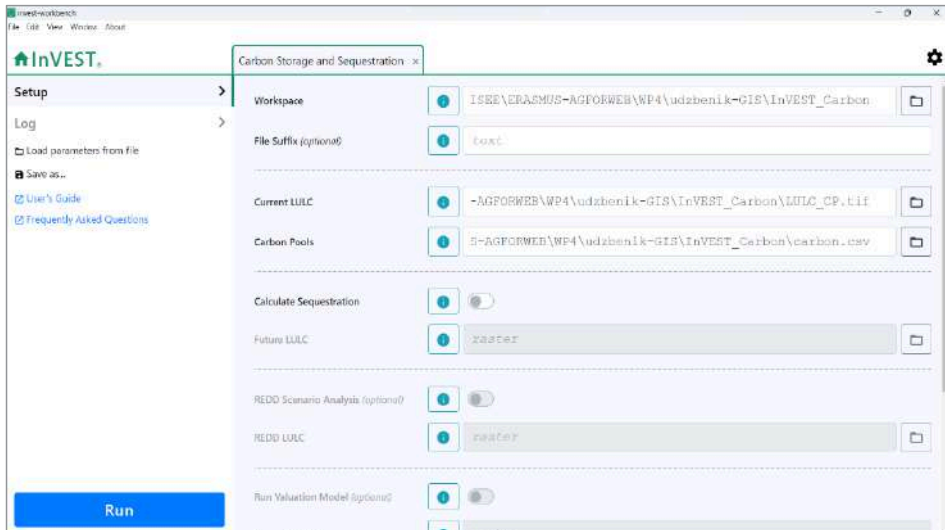
Tablicu je moguće pripremiti u *Excel*-u i spremite je u formatu *.csv* (*Save as – csv (Text)*) (Tablica 9).

**Tablica 9.** Podaci o sadržaju ugljika za svaku od klasa načina korištenja zemljišta

lucode	c_above	c_below	c_soil	c_dead
10	7.5	2.28	72.72	2.8
20	0	0	0	0
30	5	1.204	74.25	0
40	4.9	1.179	74.87	0
50	3.5	0.6	0	0

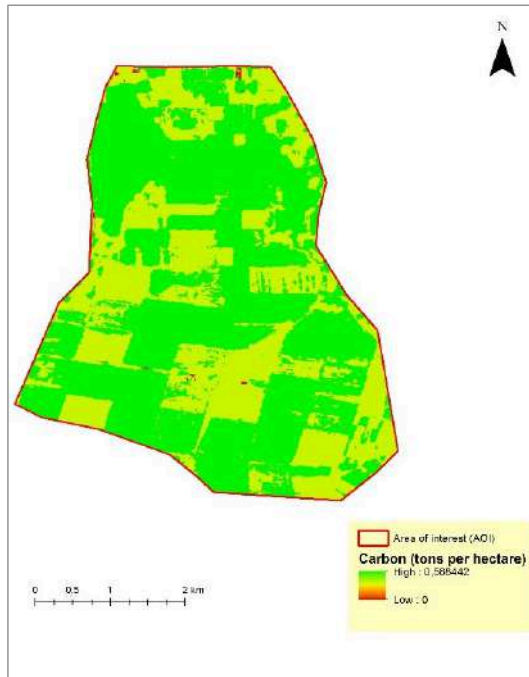
Prema Grace et al. (2006) ugljik u mrtvoj biomasi (2.8) se može pronaći za šumu (klasa 10), dok kod ostalih klasa načina korištenja treba koristiti vrijednosti 0.

Na kraju je potrebno pokrenuti *INVEST* model i izabrati opciju **Carbon Storage Sequestration**. Za svaku od traženih ulaznih podataka potrebno je učitati podatke iz foldera (za **Current LULC** – raster, a za **Carbon pools** u *.csv* formatu) (Slika 138).



Slika 138. Sučelje InVEST modela (Carbon Sequestration)

Nakon pokretanja modela (klikom na **RUN**), dobijaju se izlazni podaci u formi rastera (Slika 139).



Slika 139. Izlazna karta o skladištenju ugljika u okviru sustava šumskog ratarstva

U nastavku (Tablica 10) se nalaze ulazni podaci za modul *Sediment Delivery Ratio*, odnosno procjenu nastanka erozijskih procesa. Softver bazira procjenu na osnovu *RUSLE* jednadžbe.

**Tablica 10.** Ulazni podaci za procjenu gubitaka tla u InVEST modelu

Ulazni podatak	Tip podatka	Izvor
Digitalni model terena (DEM) na području od interesa	raster	<a href="https://earthexplorer.usgs.gov/">https://earthexplorer.usgs.gov/</a>
Karta erozivnosti kiše na području od interesa	raster	<a href="https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/global-rainfall-erosivity">https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/global-rainfall-erosivity</a>
Karta erodibilnosti tla na području od interesa	raster	<a href="https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/global-soil-erodibility">https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/global-soil-erodibility</a>
LULC karta na području od interesa	raster	WorldCover   WORLDCOVER ( <a href="http://esa-worldcover.org">esa-worldcover.org</a> )
Biofizička tablica	.csv	
Slijev	vector	<a href="https://data.apps.fao.org/catalog/iso/1849e279-67bd-4e6f-a789-9918925a11a1">https://data.apps.fao.org/catalog/iso/1849e279-67bd-4e6f-a789-9918925a11a1</a>
Data on: Prag protoka akumulacije, Akumulacija, Borselli K parametar, Maksimalna SDR vrijednost, Borselli IC0 parametar, Maksimalna L vrijednost		

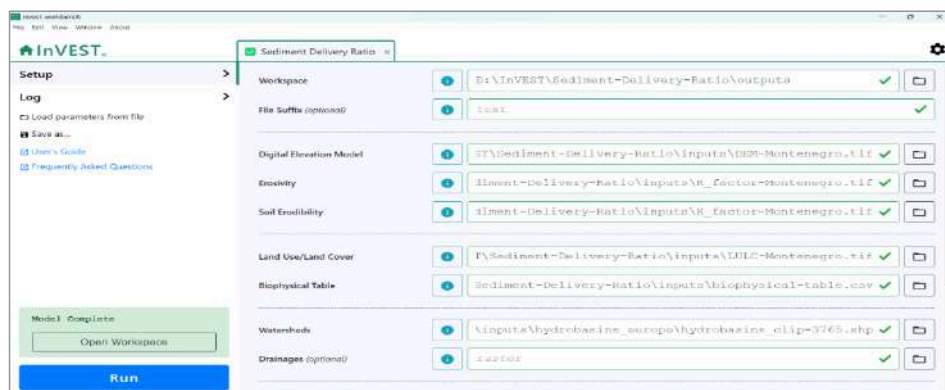
Digitalni model terena (*DEM*), karta erozivnosti kiše i erodibilnosti tla, kao i kartu načina korištenja zemljišta moguće je preuzeti s linkova navedenih u tablici isto kao u prethodnom zadatku. U ovom modulu InVEST modela *watersheds* je jedini ulazni podataka vektorskom obliku i također ga je moguće preuzeti s linka iz tablice. Excel tablica (Biophysical table) povezuje različite načina korištenja zemljišta sa tkz. *P* faktorom (*support practice factor*) i *C* faktorom (*cover management factor*) iz *RUSLE* jednadžbe koji predstavljaju eventualne primjenjene konzervacijske mjere u slivu kao i način korištenja zemljišta. U istraživanju (Chuenchum et al. 2021) prikazana je veza između načina korištenja zemljišta i ova dva faktora.

Tablica 11. Vrijednosti C i P faktora u odnosu na klasu način korištenja zemljišta

Land Cover of the RUSLE	C Factor	P Factor
Urban area	0.1	1.0
Bare land	0.35	1.0
Dense forest	0.001	1.0
Sparse forest	0.01	1.0
Mixed forest and cropland	0.1	0.8
Cropland	0.5	0.5
Paddy fields	0.1	0.5
Dense grassland	0.08	1.0
Sparse grassland	0.2	1.0
Mixed grassland and cropland	0.25	0.8
Wetland	0.05	1.0
Water body	0.01	1.0
Permanent ice and snow	0.001	1.0

Za ostale parametre (*Threshold Flow Accumulation, Borselli K Parameter, Maximum SDR Value, Borselli IC0 Parameter, Maximum L value*) koji su potrebni za pokretanje simulacije potrebno je istražiti postojeću literaturu ili ostaviti ponuđene vrijednosti.

Na slici (Slika 140) se nalaze izgled sučelja InVEST modela za podmodel *Sediment Delivery Ratio* s ulaznim podacima koje je neophodno unijeti u model.



Slika 140. Sučelje InVEST modela (Sediment delivery Ratio)

Kada se unesu svi parametri u model, klikne se Run te se po završetku modela dobiveni rezultati u raster obliku mogu učitati u GIS softver i interpretirati.

Pored dva modela (*Carbon sequestration* i *Sediment Delivery Ratio*) koji su predstavljeni u ovoj publikaciji, i drugi *InVEST* modeli mogu se primjeniti i koristiti koristeći podatke iz digitalne baze podataka razvijene unutar AGFROWEB projekta. Neke od njih su Oprašivanje usjeva, Kvaliteta staništa, Procjena rizika staništa, Odnos isporuke hranljivih tvari, Sezonski prinos vode, Rekreacija i Turizam. Na primjer, agrošumarski sustavi su se pokazali korisnim za unapređivanje ili održavanje usluge oprašivanja, zbog čega se ti sustavi promatraju kao održiva alternativa konvencionalnoj poljoprivredi (Centeno-Alvarado et al. 2023). InVEST sadrži model Oprašivanje usjeva koji se fokusira na divlje pčele kao ključne životinjske oprašivače, stoga se ovaj model može koristiti za procjenu oprašivača u agrošumarskim sustavima. Međutim, da bi se parametrizirao ovaj podmodel, potrebno je posjedovati informacije o usjevima koji se uzgajaju u okviru tih sustava, prisutnim vrstama oprašivača, njihovim dometima leta i slično. Model zatim generira rezultat koji sumira prosječnu i ukupnu zastupljenost oprašivača na određenoj farmi i unutar piksela za definiranu sezonu.

## 12. Zadatci

### *Zadatak 1. Analiza utjecaja klime*

Analizirati vezu između kvalitete ŠZP, na osnovu različite zastupljenosti vrsta drveća i grmlja, te prosječne temperature/količine oborina. Postoji li korelacija između razine kvalitete i specifičnih klimatskih uvjeta?

### *Zadatak 2. Analiza vegetacije*

Napraviti analizu i provjeriti jesu li određene vrste drveća (dominantne i prateće vrste) u agrošumskim sustavima usklađene s prirodno potencijalnom vegetacijom (PPV). Preklopiti PPV kartu s postojećim šumskim zaštitnim pojasevima i konsocijacijama šumskog drveća i poljoprivrednih kultura.

### *Zadatak 3. Klasifikacija satelitskih snimaka*

S GEE platforme preuzeti kartu načina korištenja zemljišta iz CORINE baze na osnovu koje je potrebno izdvojiti samo poljoprivredne površine za općinu Pančevo. Zatim koristeći digitalnu bazu podataka usporediti odnos između površine pod poljoprivredom i površina pod ŠZP.

### *Zadatak 4. Distribucija vrsta drveća*

Iz postojeće baze podataka izvezite shapefile sa invazivnim/alohtonim vrstama u šumskim zaštitnim pojasevima (ŠZP). Analizirati njihovu rasprostranjenost (postotni udio u odnosu na ukupan broj ŠZP-a) u različitim općinama i postotak njihove duljine prema ukupnoj duljini ŠZP-a u tim općinama.

### *Zadatak 5. Korelacija osobina tla s klimatskim parametrima*

Koristeći GEE, preuzeti određena svojstva tla (dušik, pH, organski ugljik, pijesak, prah, glina, gustoća tla) s platforme Soil Grids. Analizirati korelaciju sa temperaturom i oborinama na površinama gdje su zastupljeni sustavi agrošumarstva. Koji su zaključci?

### *Zadatak 6. Optimalno postavljanje šumskih zaštitnih pojaseva*

Na osnovu karte prirodno potencijalne vegetacije odrediti odgovarajuće drvenaste vrste za podizanje ŠZP na području općine Sombor i predložiti odgovarajuće lokacije u vidu ekoloških uvjeta (klima, geologija i svojstva tla).

### **Zadatak 7. Korelacija zemljišta i geologije**

Izračunati postotni udio specifične geološke podloge i tipova tla na kojima su uspostavljeni agrošumski sustavi. Koji je najčešći tip zemljišta? Koja geologija prevladava?

### **Zadatak 8. Erozija i sustavi agrošumarstva**

Na osnovu karte ugroženosti procesima erozije predložite pogodne lokacije za uspostavljanje nekog od agrošumskih sustava.

### **Zadatak 9. Procjena organskog ugljika u tlu (SOC)**

Procjeniti rezerve organskog ugljika u tlu i nadzemnoj biomasi u agrošumskim sustavima. Kakvi se obrasci primjećuju, promatrajući konsocijacije šumskog drveća i poljoprivrednih kultura, šumske zaštitne pojaseve, silvopastoralne sustave i šumsko ratarstvo?

### **Zadatak 10. Procjena rizika od erozije**

Procjeniti gubitke tla u sustavima šumskog ratarstva primenom *(R)USLE* modela. Koji faktor ima najveći utjecaj na rezultate? Izračunati koliko se zemljišnog organskog ugljika transportira kroz hidrografsku mrežu kroz procese erozije. Za potrebe ovog zadatka koristiti InVEST model.

### **Zadatak 11. Proračun vegetacijskih indeksa**

Primjenom GEE platforme, izračunati vegetacijske indekse (*DVI*, *RVI*, *MSR*, *PSRI*, *EVI*). Procjeniti zdravstveno stanje praksi agrošumarstva na osnovu dobivenih rezultata.

### **Zadatak 12. Obnavljanje šumske komponente u ŠZP**

Identificirati šumske zaštitne pojaseve u kojima se u horizontalnoj kompoziciji šumske komponente javljaju praznine, i ustanoviti broj sadnica koje su potrebne da se pojasevi obnove na tim dionicama.

### **Zadatak 13. Zastupljenost vrsta u sistemima agrošumarstva**

Koristeći bazu podataka, odrediti broj agrošumskih praksi koje su monokulturne po sastavu šumske komponente, odrediti im površinu i izdvojiti one u kojima se javljaju alohtone ili invazivne vrste.

### Zadatak 14. Izračun vegetacijskog indeksa

Koristeći ArcMap ili GEE, odrediti SAVI indeks (*Soil-Adjusted Vegetation Index*) u agrošumskim sustavima u najsušnijim mjesecima (koristiti podatke s portala *TerraClimate*).

### Zadatak 15. Analiza podignutih ŠZP u odnosu na smjer dominantnog vjetra

Usporediti putnu infraskrukturu sa šumskim zaštitnim pojasevima. Ukoliko se ne zadovoljava uvjet da je pravac dominantnog vjetra što je više moguće okomit na pojaseve, neophodno je povećati duljinu pojaseva prema formuli (Lukić, 2019). Prikazati izmjene na karti.

### Zadatak 16. Procjena rezervi ugljika

Koristeći InVEST softver, procijeniti rezerve ugljika za različite prakse agrošumarstva. Koja agrošumska praksa ima najveći prosječni sadržaj ugljenika u tlu i nadzemnoj biomasi?

### Zadatak 17. Sekvestracija ugljika

Locirati područja na kojima je neophodno uspostaviti neki od agrošumskih sustava. Korištenjem InVEST softvera, odrediti sekvestraciju ugljika na tim područjima.

### Zadatak 18. NDVI indeks

Učitati agrošumske sustave iz baze podataka u obliku *shapefile*-a u GEE, i izračunati NDVI indeks samo za površine pod agrošumskim sistemima.

### Zadatak 19. Uspostavljanje sustava agrošumarstva u scenarijima povećanja temperature zraka

Koristeći bazu podataka za portala *TerraClimate*, izvući klimatske podatke (oborine i temperaturu) za buduće +2°C i +4°C scenarije. Mogu li se, u pogledu sastava biljnih vrsta u agrošumskim sustavima, očekivati promjene prilikom uspostavljanja novih sustava?

### Zadatak 20. VCI – indeks stanja vegetacije

Za agrošumske sustave, usporedite trenutno s povijesnim stanjem vegetacije, tj. različite faze u pojavi suše, za period od 2000-2020, koristeći VCI index (*The Vegetation Condition Index*) koji se računa prema formuli (Baniya et al. 2019):

$$VCI = 100 \times (NDVI_i - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}),$$

pri čemu je  $NDVI_i$  vrijednost NDVI indeksa za određenu godinu, dok su  $NDVI_{min}$  i  $NDVI_{max}$  višegodišnje minimalne i maksimalne vrijednosti NDVI-a za  $i$ -ti period (2000-2020).



## 13. Korištene funkcije i alati

ArcMap	
Alat	Opis alata
Layer to KML	Konvertira obilježje ili raster u <i>KML</i> datoteku
Add XY Data	Dodaje podatke iz tablice koji sadrže geografske lokacije u obliku <i>X</i> i <i>Y</i> koordinata na kartu
Save As Layer File	Sprema sloj kao datoteku s definiranim svojstvima, simbologijom, kao i lokacijom gdje su originalni podaci spremljeni, ali ne sadrži podatke
Export data	Izvozi rasterski sloj u format po izboru
Export map	Izvozi trenutnu kartu u datoteku ( <i>PNG, JPG, PDF...</i> )
Sort ascending	Sortira podatke u atributnoj tablici rastućim redoslijedom
Sort descending	Sortira podatke u atributnoj tablici padajućim redoslijedom
Calculate geometry	Popunjava vrijednostima izvedenima iz karakteristika vektora (površina, promjer, dužina, <i>X</i> i <i>Y</i> koordinate)
Clip (Data Management)	Reže dio skupa rasterskih podataka
Clip (Analysis)	Reže dio vektorskih podataka
Selection – Create Layer from selected feature	Stvara novi sloj iz izabranog obilježja
Intersect	Izračunava geometrijski presjek ulaznih karakteristika
Field calculator	Popunjava polje navedenim izrazom za proračun
Reclassify	Reklasificira vrijednosti rastera
Raster to Polygon	Pretvara rasterske karakteristike u poligone
Dissolve	Spaja karakteristike na osnovu navedenih atributa
Line bearing	Dodaje atribut u kojem se skladišti azimut pravca svake (poli)linije
Raster calculator	Izvršava jedan izraz kartografske algebre koristeći <i>Python</i> sintaksu u sučelju sličnom kalkulatoru
Buffer	Stvara poligone oko ulaznih svojstava (točka, linija, poligon) na odabranoj udaljenosti
Zonal Statistics as Table	Analizira vrijednosti rastera unutar zona drugog skupa podataka
Euclidean distance	Računa, za svaku ćeliju, Euklidsku udaljenost do najbliže točke ili objekta

ArcGISPro	
Alat	Opis alata
Create an ortho mapping workspace	Radni prostor za orto mapiranje je funkcija gdje se nalazi proces za kreiranje ortofoto snimaka
Shaded Relief function	Stvara 3D prikaz terena u boji na osnovu slika nadmorske visine.
DSM	Digitalni model površine (DSM) je model visine koji sadrži nadmorsku visinu terena kao i nadzemne značajke kao što su zgrade, vegetacija, tornjevi i druga infrastruktura

Google Earth Engine	
Funkcija	Opis funkcije
<i>ee.Terrain.aspect</i>	Računa ekspoziciju u stupnjevima iz DEM-a
<i>ee.Terrain</i>	Grupa funkcija vezanih za analizu terena
<i>ee.ImageCollection</i>	Stvara kolekcije slika iz određene baze
<i>var</i>	Ključna riječ koja se koristi za definiranje varijable u <i>Google Earth Engine</i> platformi
<i>ee.Image</i>	Konstruktor za učitavanje slika unošenjem ID produkta s <i>Earth Engine</i> -a u <i>ee.Image</i> konstruktoru
<i>imageVisParam</i>	Parametri vizualizacije koji definiraju kako slika treba biti prikazana na mapi
<i>Map.addLayer</i>	Dodaje EE objekt na mapu kao sloj
<i>Run</i>	Pokreće skriptu
<i>Export.image.toAsset</i>	Izvozi sliku u folder <i>Earth Engine</i> -a
<i>.select</i>	Bira slojeve iz satelitskih snimaka
<i>ee.Terrain.slope</i>	Računa nagib u stupnjevima iz DEM sloja
<i>.filter</i>	Konstruira novi filter
<i>ee.Filter.date</i>	Filtrira kolekciju prema opsegu datuma
<i>.filterBounds</i>	Stvara filter koji reže objekt (sliku) danom geometrijom

Funkcija	Opis funkcije
<i>filterMetadata('CLOUD_Y_PIXEL_PERCENTAGE', 'less_than', 10)</i>	Filtrira sve slike u kolekciji koje imaju manje od 10% oblačnosti
<i>.median()</i>	Smanjuje kolekciju slika tako što računa medijan svih vrijednosti u svakom pikselu u nizu svih odgovarajućih bandova
<i>.subtract</i>	Oduzima drugu vrijednost od prve za svaki podudarni par slojeva satelitskih snimaka
<i>.add</i>	Dodaje prvu vrijednost drugoj za svaki podudarni par slojeva satelitskih snimaka
<i>.divide</i>	Dijeli prvu vrijednost drugom, vraćajući 0 za dijeljenje s 0 za svaki podudarni par slojeva satelitskih snimaka
<i>.rename</i>	Mijenja naziv
<i>.reduce</i>	Primjenjuje reduktor
<i>ee.Reducer.minMax</i>	Vraća reduktor koji računa <i>Min</i> i <i>Max</i> vrijednosti ulaznih slojeva
<i>.get</i>	Funkcija za izdvajanje svojstva
<i>.visualize</i>	Funkcija za vizualizaciju
<i>Map.addLayer</i>	Dodaje objekt na kartu kao sloj
<i>Map.centerObject</i>	Postavlja objekt na centar karte

Excel	
Funkcija	Opis funkcije
COUNTIF	Određuje broj ćelija koje ispunjavaju zadani kriterij
COUNTIFS	Primenjuje kriterije na ćelije u više opsega i broji koliko puta su svi kriteriji ispunjeni.
SUM	Zbraja pojedinačne vrijednosti, reference ćelija ili opsege ili kombinaciju sva tri
SUMIFS	Zbraja sve argumente koji ispunjavaju više kriterija
Conditional formatting	Pomaže da rezultati, ili obrasci u podacima budu uočljiviji



## 14. Literatura

1. 2010. Shelterbelts: Design Guidelines for Farmyard, Field, Roadside, Livestock, Wildlife, and Riparian Buffer Plantings on the Prairies. Ottawa – Ontario: Agriculture and Agri-Food Canada. 2010 AAFC, No. 11215E, ISBN: 978-1-100-13649-3
2. Abbass K, Qasim MZ, Song H, Murshed M, Mahmood H, Younis I. A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2022 doi: 10.1007/s11356-022-19718-6.
3. Baniya, B., Tang, Q., Xu, X., Haile, G.G., Chhipi-Shrestha G. 2019. Spatial and Temporal Variation of Drought Based on Satellite Derived Vegetation Condition Index in Nepal from 1982–2015, *Sensors*, , 19, 430; doi:10.3390/s19020430
4. Baumgertel, A., Lukić, S., Belanović Simić, S., Kadović, R. 2019. Identifying Areas Sensitive to Wind Erosion—A Case Study of the AP Vojvodina (Serbia). *Applied Sciences*. 2019; 9(23):5106. <https://doi.org/10.3390/app9235106>
5. Baumgertel, A., Lukić, S., Caković, M. et al. Spatio-Temporal Analysis of Vegetation Response to Climate Change, Case Study: Republic of Serbia. *Int J Environ Res* 18, 21 (2024). <https://doi.org/10.1007/s41742-024-00571-z>
6. Baumgertel, A., Lukić, S., Caković, M., Miljković, P., Lazić, I., Djurdjević, V., Marković, M. 2022. Spatiotemporal analysis of the future sensitivity to wind erosion using ensemble of the regional climate models: a case study. *International Journal of Global Warming*. DOI: 10.1504/IJGW.2022.124203
7. Bentrup, G., Kellerman, T. 2003. Agroforestry and GIS: achieving land productivity and environmental protection. In: *Proc. of the 8th North American Agroforestry Conference*. 23-25 June 2003. Corvallis, OR. pp. 15-25
8. Bhagat, V., Kadam, A., Kumar, S. 2019. Analysis of Remote Sensing based Vegetation Indices (Vis) for Unmanned Aerial System (UAS): A Review, *Remote Sensing of Land*, 3, pp.58-73, doi.org/10.21523/gcj1.19030202
9. Centeno-Alvarado, D., Lopes, A. D., Arnan, X. 2023. Fostering pollination through agroforestry: A global review, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 351, 108478, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108478>
10. Chamine, H.I., Pereira, A.J.S.C., Teodoro, A.C., Teixeira, J. 2021. Remote sensing and GIS applications in earth and environmental systems sciences, *SN Appl. Sci.* 3, 870 (2021). <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04855-3>

11. Deng, R., Xu, Z., Li, Y., Zhang, X., Li, C., Zhang, L. 2022. Farmland Shelterbelt Age Mapping Using Landsat Time Series Images. *Remote Sensing*. 2022; 14(6):1457. <https://doi.org/10.3390/rs14061457>
12. ESRI – Environmental Systems Research Institute. 2023. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/map/main/mapping-and-visualization-in-arcgis-for-desktop.htm> (pristupljeno marta 2024)
13. Grace, J., J. San Jose, P. Meir, HS Miranda, and RA Montes. 2006. Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. *Journal of Biogeography* 33:387-400.
14. Lukić, S. 2019. Šumski zaštitni pojasevi – praktikum. Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet
15. MAE – Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
16. Natural Capital Project. 2023. InVEST 3.14.1. Stanford University, University of Minnesota, Chinese Academy of Sciences, The Nature Conservancy, World Wildlife Fund, Stockholm Resilience Centre and the Royal Swedish Academy of Sciences. <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>
17. Pham-Duc, B., Nguyen, H., Phan, H., Tran-Anh, Q. 2023. Trends and applications of google earth engine in remote sensing and earth science research: a bibliometric analysis using scopus database. *Earth Sci Inform* 16, 2355–2371. <https://doi.org/10.1007/s12145-023-01035-2>
18. Podhrázká, J., Kučera, J., Doubrava, D.; Doležal, P. 2021. Functions of Windbreaks in the Landscape Ecological Network and Methods of Their Evaluation. *Forests*, 12, 67. <https://doi.org/10.3390/f12010067>
19. Salas, E.A.L., Henebry, G.M. 2014. A New Approach for the Analysis of Hyperspectral Data: Theory and Sensitivity Analysis of the Moment Distance Method. *Remote Sensing*. 6(1):20-41. <https://doi.org/10.3390/rs6010020>
20. Sharma, P., Bhardwaj, D.R., Singh, M. K., Nigam, R., Pala, N.A., Kumar, A., Verma, K., Kmar, D., Thakur, P. 2022. Geospatial technology in agroforestry: status, prospects, and constraints, *Environmental Science and Pollution Research*, <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20305-y>
21. Soto, G.E., Pérez-Hernández, C.G., Hahn, I.J., Rodewald, A.D., Vergara, P.M. 2017. Tree senescence as a direct measure of habitat quality: Linking red-edge Vegetation Indices to space use by Magellanic woodpeckers, *Remote Sensing of Environment*, Vol.193, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.02.018>

22. Spawn, S.A., Sullivan, C.C., Lark, T.J. et al. Harmonized global maps of above and belowground biomass carbon density in the year 2010. *Sci Data* 7, 112 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0444-4>
23. Stewart, S.B., O'Grady, A.P., Mendham, D.S., Smith, G.S., Smethurst, P.J. 2022. Digital Tools for Quantifying the Natural Capital Benefits of Agroforestry: A Review. *Land*, 11, 1668. <https://doi.org/10.3390/land11101668>
24. Středová, H., Podhrázská, J., Litschmann, T., Středa, T., Rožnovský, J. 2012. Aerodynamic Parameters of Windbreak Based on its Optical Porosity. *Contributions to Geophysics and Geodesy*. 42. 213-226. 10.2478/v10126-012-0008-5.
25. Tsiaras, S., Domakinis, C. 2023. Use of GIS in Selecting Suitable Tree Crop Cultivation Sites in Mountainous Less Favoured Areas: An Example from Greece, *Forests*, 14(6), 1210; <https://doi.org/10.3390/f14061210>
26. Vacek, Z., Řeháček, D., Cukor, J., Vacek, S., Khel, T., Sharma, R.P., Kučera, J., Král, J., Papaj, V. 2018. Windbreak Efficiency in Agricultural Landscape of the Central Europe: Multiple Approaches to Wind Erosion Control. *Environmental Management*. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1090-x>
27. Weninger, T., Scheper, S., Lackoová, L., Kitzler, B., Gartner, K., King, N.W., Cornelius, W., Peter, S., Michel, K. 2021. Ecosystem services of tree windbreaks in rural landscapes – a systematic review. *Environmental Research Letters*. 16. 10.1088/1748-9326/ac1d0d.
28. Xiang, T.Z., Xia, G.S., Zhang, L. 2020. Mini-Unmanned Aerial Vehicle-Based Remote Sensing: Techniques, Applications, and Prospects, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, Vol. 7, Issue 3, DOI: 10.1109/MGRS.2019.2918840
29. Xie, H., Wang, G., Yu, M. 2018. Ecosystem multifunctionality is highly related to the shelterbelt structure and plant species diversity in mixed shelterbelts of eastern China, *Global Ecology and Conservation*, <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00470>. Izvor 6
30. Zakon o Šumama – Sl. glasnik RS", br. 30/2010, 93/2012, 89/2015 i 95/2018 – dr. zakon
31. Zamora, D., Smith, D., Johnson, G., Current, D., Gullickson, D. (2015). Assessing the Use of Shrub-Willows for Living Snow Fences in Minnesota. Minnesota Department of Transportation Research Services & Library 395 John Ireland Boulevard, MS 330 St. Paul, Minnesota 55155 1899

