

## 5. Procena rizika od poljoprivredne suše u Vojvodini

### Odabir odgovarajućeg indeksa SPEI za potrebe praćenja poljoprivredne suše u Vojvodini

Atila Bezdan; Milica Vranešević; Boško Blagojević; Borivoj Pejić; Jovana Bezdan; Dragan Milić; Nedeljko Tica; Vladislav Zekić

#### Uvod

Na teritoriji Vojvodine, pojava suše može imati značajne posledice za poljoprivrednu proizvodnju. U manjem ili većem intenzitetu suša je izražena skoro svake godine i predstavlja ograničavajući faktor visokih prinosa (Bezdan, 2014). Kako je u agroklimatskim uslovima Vojvodine poljoprivredna proizvodnja ograničena količinom i raspodelom padavina, pojava suše može prouzrokovati veoma nepovoljne uticaje na uspešnost ove delatnosti (Rajić i Bezdan, 2011).

Prethodnih nekoliko godina, poljoprivredna proizvodnja u Vojvodini pretrpela je značajne štete od pojave suše. Procenjena šteta na poljoprivrednim usevima 2012. godine na teritoriji svih 45 vojvođanskih opština i gradova iznosila je oko milijardu evra, kada je prinos pojedinih kultura bio umanjen i za preko 50%.

U svetskim okvirima suša je prirodna nepogoda koja direktno pogađa najveći broj ljudi. U suštini, suša je normalna prirodna pojava koja se periodično javlja u gotovo svim klimatskim regionima (Kogan 1997; Wilhelmi i Wilhite, 2002; Wilhite, 2005). Javlja se u područjima i sa velikim i sa malim visinama padavina. Suša je privremeno odstupanje od normale za razliku od aridnosti koje je stalna ili dugoročna karakteristika klime i vezana je za oblasti sa malim količinama padavina. Složena međuzavisnost između klimatskih, hidroloških, geoloških, geomorfoloških, ekoloških i socio-ekonomskih faktora čine da se fenomen suše veoma teško može u potpunosti opisati samo jednom univerzalnom definicijom (Pereira i Paulo, 2003).

U praksi, suša je prirodna pojava koja se mora posmatrati prostorno (regionalno), sa više aspekata i razmatrati u više naučnih disciplina. Može definisati sa meteorološkog, hidrološkog, agronomskog i socio-ekonomskog aspekta (Wilhite i Glantz, 1985; Prohaska, 2006). Pod pojmom meteorološka suša podrazumevaju dugotrajni vremenski periodi kada su padavine znatno manje od višegodišnjeg proseka, odnosno kada su te padavine na donjoj granici obezbeđenosti. Pod hidrološkom sušom se podrazumevaju periodi vremena sa izrazito malim proticajima reka i niskim vodostajima u akumulacijama i jezerima koji dugo traju. U poljoprivredi se pod sušama podrazumevaju periodi u toku kojih je vlažnost zemljišta znatno ispod prosečne i nedovoljna za razvoj poljoprivrednih kultura. Socio-ekonomska suša povezuje potražnju i snabdevanje određenog ekonomskog dobra (vrednost) s elementima meteorološke, agronomske i hidrološke suše.

Pojava suše ima drugačije značenje i prouzrokuje različite efekte posmatrano iz ugla poljoprivrede, vodoprivrede, hidroenergetike, ekologije i dr. Na primer smanjenje prinosa poljoprivrednih kultura usled suše nije podjednako za sve kulture jer ono zavisi od potreba biljaka za vodom, stepena njihove otpornosti na sušu, od nivoa primenjene agrotehnike i vodnog režima zemljišta. Suša se razlikuje od drugih prirodnih katastrofa u tome što je njen početak spor i teško ga je detektovati a njeni efekti se akumuliraju polako tokom znatnog perioda vremena.

Kompleksna pojava suše može pojednostavljeno da se prikaže pomoću indeksa suše. Da bi se mogle upoređivati suše koje su se dogodile u različitim krajevima sveta i u različitim istorijskim periodima potrebno je pronaći numeričku meru za sušu (indeks). S obzirom na različitost u definisanju suše, vrlo je teško naći univerzalni indeks. Takođe, zbog složenosti suše, ni jedan indeks ne može opisati sušu u potpunosti (Prohaska, 2006).

Danas se u svetu koriste bojni indeksi suše, a jedan od najčešće primenjivanih je SPEI - standardizovani indeks padavina i evapotranspiracije (Vicente-Serrano i sar., 2010; Beguería i sar., 2014). SPEI se bazira na akumuliranoj razlici između padavina i potencijalne evapotranspiracije. Za potrebe ove studije ovaj indeks je odabran iz razloga jer se poljoprivredna suša može najbolje pratiti pomoću indeksa suše koji se bazira istovremeno na padavinama i evapotranspiraciji - dve osnovne komponente vodnog bilansa (Moorhead i sar., 2015).

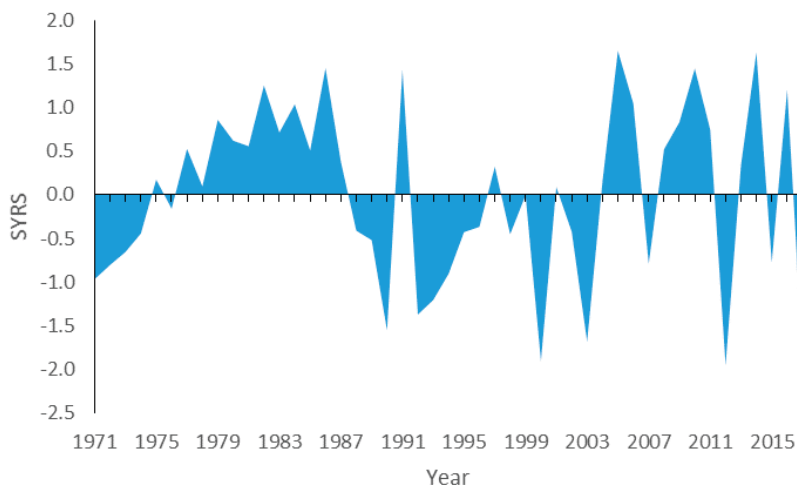
U prvom koraku ove studije, izvršeno je ispitivanje jačine veze između prosečnih prinosa kukuruza na teritoriji Vojvodine, kao jedne od najzastupljenijih i najznačajnijih poljoprivrednih kultura u regionu, i vrednosti SPEI proračunate za pojedine mesece i za različite vremenske intervale u cilju odabira odgovarajućeg indeksa SPEI za potrebe praćenja poljoprivredne suše u Vojvodini. U nastavku je na osnovu analitičke kalkulacije troškova u proizvodnji kukuruza procenjen prinos kukuruza koji omogućava profitabilnu proizvodnju a zatim na osnovu prethodno određenih jednačina regresije utvrđene su vrednosti indeksa SPEI pri kojoj mogu nastati štete. Ove vrednosti SPEI predstavljaju granične vrednosti na koje bi trebalo obratiti pažnju prilikom analiza pojava poljoprivredne suše u Vojvodini.

Analiza je vršena za devet opština (Bečej, Kikinda, Subotica, Novi Sad, Sremska Mitrovica, Sombor, Vršac, Zrenjanin i Beograd), u periodu od 1971. do 2017. godine. Razmatrane su opštine u kojima se nalaze glavne meteorološke stanice Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije. Podaci o prosečnim prinosima kukuruza preuzeti su iz statističkih godišnjaka Republike Srbije (RZS, 2019). Za postupak obračuna visine i strukture troškova u proizvodnji kukuruza korišćena je metoda analitičke obračunske kalkulacije (Marko i sar., 1998). Metodom regresije procenjena je vrednost indeksa SPEI pri kojoj mogu nastati štete. Kalkulacije troškova u proizvodnji kukuruza su izvršene korišćenjem podataka iz izveštaja Privredne komore Vojvodine.

Kukuruz je visokoprinosni i najvažniji ratarski usev, gaji se na velikim površinama za zrno, zelenu stočnu hranu kao glavni, drugi i postrni usev. Najzastupljenija je ratarska biljna vrsta u Srbiji, gde se gaji na 35-40% obradivih površina i to uglavnom u ravničarskim predelima Vojvodine (Spasojević i sar., 1994). Kukuruz je biljka sa velikim potencijalom za prinos (preko 20 t/ha). U širokoj proizvodnji, u srednje

povoljnijim godinama mogu se postići prinosi 7-8 t/ha bez navodnjavanja, a u uslovima navodnjavanja oko 10 t/ha.

Razvoj i napredak poljoprivredne proizvodnje, kao što je veći i češći unos sredstava za prihranu biljaka, korišćenje novih sorti, pojačano suzbijanje korova i poboljšana obrada zemljišta najčešće dovodi do pojave uzlaznih trendova poljoprivredne proizvodnje, odnosno do pojave trenda porasta prinosa poljoprivrednih kultura (Potopová i sar., 2015). Da bi se analizirao samo uticaj klimatskih uslova na prinos kultura neophodno je ukloniti trendove u vremenskim serijama prinosa (Potopová i sar., 2016; Lobell i Asner, 2003). U ovoj studiji su trendovi u vremenskim serijama prinosa kukuruza uklonjeni korišćenjem kvadratne regresije. Dobijeni reziduali "de-trendovanih" serija prinosa kukuruza su dalje korišćeni za dobijanje standardizovane serije reziduala prinosa (SYRS) (Slika 5.1).



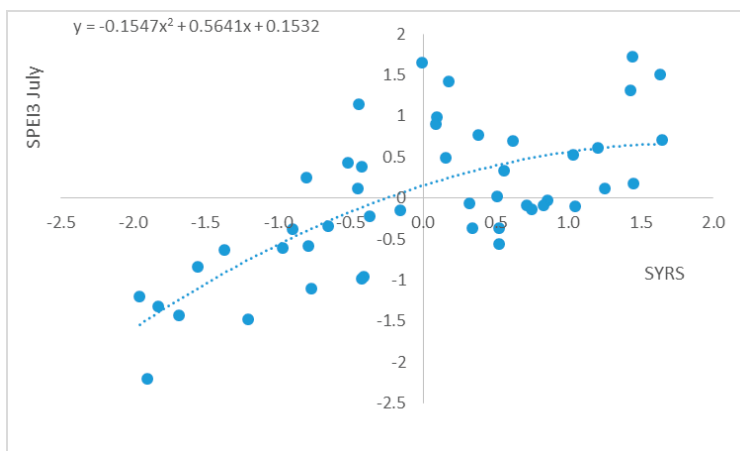
Slika 5.1. SYRS vrednosti za kukuruz u Vojvodini, 1971-2017

U nastavku su prikazani rezultati proračun koeficijenata korelacije u cilju ispitivanja jačina veze između prosečnih prinosa kukuruza i prosečnih vrednosti indeksa SPEI za teritoriju Vojvodine (Tabela 5.1).

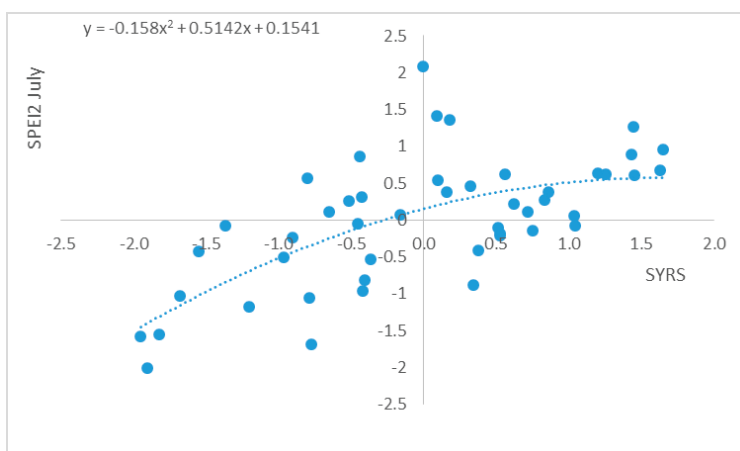
Tabela 5.1. Pearson-ovi koeficijenti korelacije između SYRS kukuruza i indeksa SPEI

SPEI1 <sub>maj</sub>	SPEI1 <sub>jun</sub>	SPEI1 <sub>jul</sub>	SPEI1 <sub>av</sub>	SPEI1 <sub>maj</sub>	SPEI2 <sub>jun</sub>	SPEI2 <sub>jul</sub>	SPEI2 <sub>av</sub>	SPEI3 <sub>maj</sub>	SPEI3 <sub>jun</sub>	SPEI3 <sub>jul</sub>	SPEI3 <sub>av</sub>
0.398	0.452	0.517	0.545	0.430	0.547	0.636	0.617	0.543	0.541	0.678	0.659

Sve vrednosti Pearson-ovog koeficijenta korelacije ukazuju da postoji statistički značajna veza između prinosa kukuruza u Vojvodini i indeksa SPEI, na osnovu praga značajnosti od  $\alpha = 5\%$ . Statistički najznačajnija veza sa prinosima je sa indeksima SPEI3 u julu mesecu i SPEI2 takođe u julu mesecu. Iz tog razloga su ovi indeksi pogodni za praćenje poljoprivredne suše u Vojvodini. Na slikama 5.2 i 5.3 prikazani su dijagrami rasturanja i linije kvadratne regresije indeksa SPEI3Jul i SPEI2Jul i prosečnih prinosa kukuruza



Slika 5.2. Dijagram rasturanja i linija kvadratne regresije, SPEI3 Jul



Slika 5.3. Dijagram rasturanja i linija kvadratne regresije, SPEI2 Jul

Na osnovu izveštaja Privredne komore Vojvodine (PKV, 2016) o uslovima ostvarivanja ratarske proizvodnje, sačinjena je tabela 5.2 gde su prikazani prosečni prinosi kukuruza u Vojvodini, prosečne prodajne cene, vrednost proizvodnje, visina direktnih troškova i visina bruto marže. Podaci su prosečni za celu teritoriju Vojvodine i odnose se za 2007., 2008., 2009., 2010., 2011., i 2014. godinu. Za ostale godine podaci nisu bili dostupni. Direktni troškovi proizvodnje su uključivali troškove semena, troškove đubriva (NPK, UREA, KAN), troškove pesticida i troškove dizel goriva. Procenjeni prosečni profitabilan prinos kukuruza u posmatranim godinama iznosi 3880 kg/ha.

Table 5.2. Calculation of costs in the production of Maize, Gross margin and Profitable Yield

	2007	2008	2009	2010	2011	2014
Prosečan prinos (kg/ha)	4050	5235	5900	6710	5990	10000
Cena (RSD/kg)	14	10	9,4	18,3	15,7	13
Vrednost proizvodnje (RSD /ha)	56700	52350	55460	122811	93908	130000
Direktni troškovi (RSD /ha)	31399	42440	52593	43789	52702	70800
Bruto marža (RSD /ha)	25301	9910	2867	79022	41206	59200
Profitabilan prinos (kg)	2243	4244	5595	2393	3357	5446

Na osnovu prethodnih proračuna određeno je da je kritična vrednost indeksa SPEI3 u Julu mesecu – 0,52, a da je kritična vrednost za indeks SPEI3 u junu -0,6. Ispod tih vrednosti indeksa mogu nastati gubici u proizvodnji kukuruza u Vojvodini.

## Procena rizika od suše

Koncept rizika, hazarda i ranjivosti proučavali su brojni autori, Blaikie i sar. (1994), Knutson i sar. 1998, Wilhite (2005), Greiving i sar. (2006), Kumpulainen (2006), Petro-nijević i sar. (2010), Bezdan (2014) i drugi. Jedna od najjednostavnijih definicija pojma rizika ističe da je rizik proizvod stepena štete uzrokovane određenim događajem i verovatnoće njegovog pojavljivanja. Verovatnoća događaja zavisi od jačine prirodno hazarda. Što je jačina prirodno hazarda veća, to je verovatnoća njegovog pojavljivanja manja. Stepenn rizika je mera opasnosti koja se pojavljuje u nekoj situaciji. Prema Thywissen (2006) rizik od nastanka hazardnih događaja je kombinacija verovatnoće pojave i posledica ostvarenja hazardno događaja i u opštem slučaju se može izraziti kao prostorna funkcija niza kompleksnih parametara ako što su hazard, ranjivost, izloženost, otpornost. Dakle, rizik zavisi od verovatnoće ostvarenja kao i intenziteta posledica ostvarenja određenog događaja. Mogućnost nastanka rizika može biti učestalo, često, retko ili nikakvo a posledice ispoljavanja rizika mogu biti katastrofalne, kritične, male ili minorne.

Postoji više metoda procene rizika, a jedna od najčešće korišćenih se bazira na formuli koju su predložili Blaikie i sar. (1994) gde je rizik jednak proizvodu hazarda i ranjivosti:

$$\text{Rizik} = \text{Hazard} \times \text{Ranjivost}$$

Hazard se definiše kao potencijalno štetan fizički događaj, pojava ili ljudska aktivnost koji može da prouzrokuje gubitak života, povredu, oštećenje imovine, socijalne ili ekonomske promene ili degradaciju životne sredine (UN/ISDR, 2004).

Hazard može biti različitog porekla: prirodnog porekla ili prouzrokovan ljudskim aktivnostima nastalih najčešće usled ljudskog nemara. Prirodni hazardi nastaju usled prirodnih fenomena i mogu se podeliti na (UN/ISDR, 2004):

- geološke hazarde (zemljotresi, klizišta, cunami itd.);
- hidrometeorološke hazarde (poplave, suše, oluje, cikloni, uragani itd.) i
- biološke hazarde (zagađenje životne sredine, epidemije, napadi štetočina itd.).

Ranjivost je izuzetno važan parametar koji se koristi u proceni rizika. Postoje različita tumačenja i definicije pojma ranjivosti u zavisnosti u kom kontekstu se koristi. Ranjivost ukazuje na potencijalnu štetu i promenljiva je koja je usmerena ka napred, i u tom smislu ranjivost omogućava prognozu šta se može desiti određenoj populaciji u uslovima određenog rizika i hazarda (Cannon i sar., 2005). U opštem smislu, ranjivost se može definisati kao stepen do koga će sistem verovatno biti oštećen zbog svoje izloženosti hazardu, pritiscima ili stresorima različitog porekla (Turner, 2003). Ranjivost ima više dimenzija (fizičku, društvenu, ekonomsku, faktora sredine, institucionalnu i ljudsku) i mnoge od njih se ne mogu lako kvantitativno odrediti.

Procena ranjivosti, hazarda i rizika izvršene su korišćenjem GIS okruženju. Korišćene su tehnike klasifikacije, reklasifikacije i preklapanja slojeva a težinski koeficijenti slojeva određeni su analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP). Da bi se u GIS-u moglo izvršiti preklapanje slojeva, koji mogu sadržati različite tipove podataka, slojeve bilo je potrebno standardizovati, odnosno klasifikovati po određenom kriterijumu. Klasifikacijom slojeva po određenom kriterijumu se svim slojevima dodeljuje isti tip podataka i u istom opsegu. U ovom slučaju su ulaznim slojevima klasifikacijom dodeljene celobrojne vrednosti u opsegu od 1 do 5, gde 1 označava najmanju ranjivost, hazard ili rizik a 5 označava najveću.

## **Procena ranjivosti na sušu**

Faktori koji utiču na ranjivost područja na sušu, odnosno indikatori koji će predstavljati komponente ranjivosti na sušu su određeni na osnovu prirodnih uslova i antropogenih uticaja na području Vojvodine. Faktori su odabrani na osnovu njihovog uticaja na samu pojavu suše ili na ublažavanje efekata suše, na osnovu dostupnosti podataka i na osnovu istraživanja brojnih autora u oblasti procene ranjivosti na sušu. Odabrani su sledeći faktori ranjivosti na poljoprivrednu sušu: proizvodne osobine zemljišta, potrebe useva za navodnjavanjem i način korišćenja zemljišnog pokrivača.

## **Proizvodne osobine zemljišta**

Produktivnost, odnosno plodnost zemljišta je sposobnost zemljišta da daje određenu visinu prinosa (Živkoviću i sar.,1972). Praktično, ocena produktivnosti zemljišta, pod uslovom da je zemljište snabdeveno hranljivim sastojcima, nije zaslanjeno,

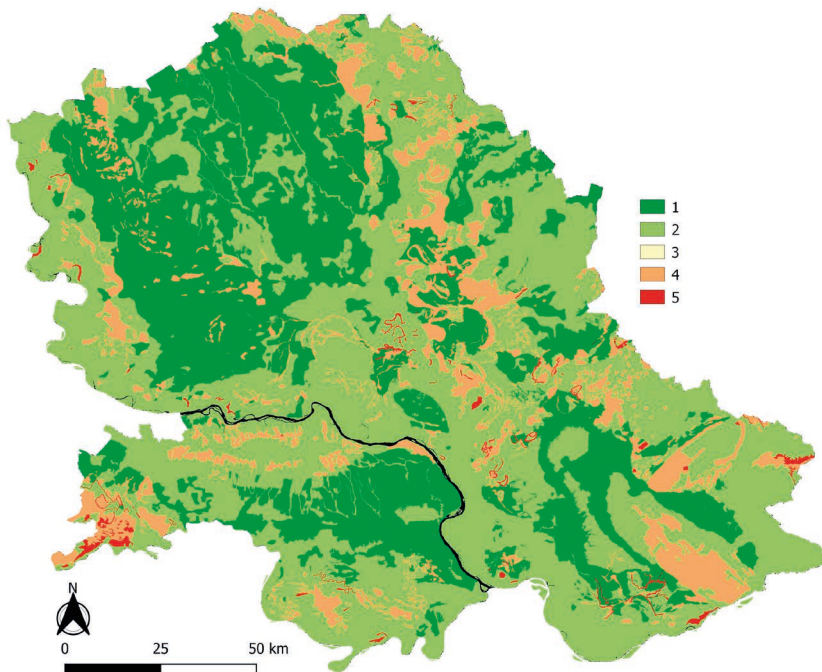
alkalizovano ili zabareno, se može izvršiti na osnovu: tipa, podtipa (mehanički sastav) i dubine zemljišta do stene. Na osnovu ovih kriterijuma je izvršena klasifikacija zemljišta prema proizvodnim osobinama, gde su zemljišta podeljena u četiri klase:

- **I klasa** – zemljišta sa najstabilnijom i najvišom proizvodnom vrednošću;
- **II klasa** – zemljišta nešto niže proizvodne vrednost, ali se na njima uz primenu odgovarajuće agrotehnike, upotrebu većih količina đubriva i uz potrebnu vlažnost mogu postizati visoki prinosi;
- **III klasa** – zemljišta slabe proizvodne vrednosti, najviše se koriste se za voćnjake, vinograde, pašnjake i šume;
- **IV klasa** – zemljišta vrlo niske plodnosti gde preduzimanje meliorativnih mera nema značaja za biljnu proizvodnju, koriste se za pašnjake ili šume.

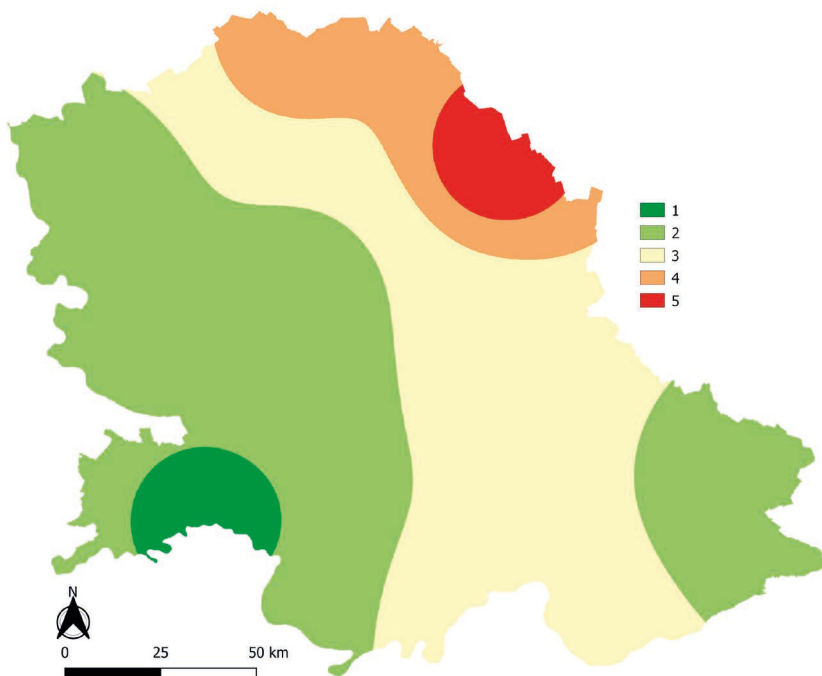
Reklasifikacija proizvodnih osobina zemljišta (Slika 5.4) je izvršena na sledeći način: zemljištima sa najboljim proizvodnim osobinama je dodeljena 1. klasa ranjivosti, zemljištima sa nešto slabijim proizvodnim osobinama je dodeljena 2. klasa ranjivosti, zemljištima sa slabim proizvodnim osobinama je dodeljena 4. klasa ranjivosti a zemljištima sa vrlo niskom plodnošću je dodeljena 5. klasa ranjivosti po ovom kriterijumu, slika 5.4. Oko 34% zemljišta Vojvodine imaju visoku proizvodnu vrednost (1), 54% zemljišta imaju nešto slabije proizvodne osobine (2), 11% zemljišta imaju slabe proizvodne vrednosti (4) a oko 1% zemljišta su vrlo niske plodnosti i spadaju u 5. klasu ranjivosti po ovom faktoru.

## Potrebe poljoprivrednih kultura za navodnjavanjem

Potrebe poljoprivrednih kultura za navodnjavanjem su određene korišćenjem simulacionog modela WinSAREG (Pereira i sar., 2003; Parades i Pereira, 2010) koji se bazira na FAO-56 metodologiji za proračun evapotranspiracije, vodnog bilansa i potreba za navodnjavanjem (Allen i sar., 1998). Potrebe za navodnjavanjem su proračunate za devet poljoprivrednih kultura (kukuruz, soja, šećerna repa, suncokret, krompir, grašak, kupus, vinova loza i jabuka) za devet meteoroloških stanica u Vojvodini (Bečej, Kikinda, Palić, Rimski Šančevi, Sremska Mitrovica, Sombor, Vršac, Zrenjanin i Beograd) u višegodišnjem periodu od 1971. do 2017. godine. Evapotranspiracija useva je računata na osnovu koeficijenata useva za određene faza razvoja. U cilju procene ranjivosti na poljoprivrednu sušu, vrednosti prosečnih potreba za navodnjavanjem su klasifikovane u pet ekvidistantnih klasa sa vrednostima od 1 do 5, za svaku kulturu. Zatim je izvršeno njihovo sabiranje i ponovna klasifikacija u pet ekvidistantnih klasa. Time je dobijena rezultujuća karta koja objedinjava potrebe za navodnjavanjem svih devet analiziranih kultura i ona zapravo predstavlja kartu ranjivosti na poljoprivrednu sušu po ovom kriterijumu, Slika 5.5.



Slika 5.4. Reklasifikovana karta proizvodnih osobina zemljišta u Vojvodini



Slika 5.5. Reklasifikovana karta prosečnih potreba poljoprivrednih useva za navodnjavanjem



## Način korišćenja zemljišnog pokrivača

Sloj načina korišćenja zemljišta je izveden iz CORINE Land Cover 2012 (CLC2012) prostorne baze podataka o zemljišnom pokrivaču. Reklasifikacija CLC2012 prostorne baze podataka je izvršena tako što je klasama "Pašnjaci" i "Pretežno poljoprivredna zemljišta s većim područjima prirodne vegetacije" dodeljena vrednost 1 koja označava najnižu vrednost ranjivosti na sušu, klasama "Nenavodnjavano obradivo zemljište", "Vinogradi", "Plantaže voćaka i znatog voća" i "Kompleks kultivisanih parcela" je dodeljena vrednost 2 koja označava nešto veći stepen ranjivosti, a ostale klase su izuzete iz procene rizika od poljoprivredne suše, Slika 5.6. Tu spadaju urbane i veštačke površine, šumska područja i vodene površine. Pašnjacima i poljoprivrednim područjima gde je prirodna vegetacija znatno zastupljena je dodeljena niža vrednost ranjivosti na sušu nego ostalim poljoprivrednim površinama zbog veće prilagodljivosti vegetacije na tim područjima vremenskim prilikama (Wilhelmi i Wilhite, 2002).

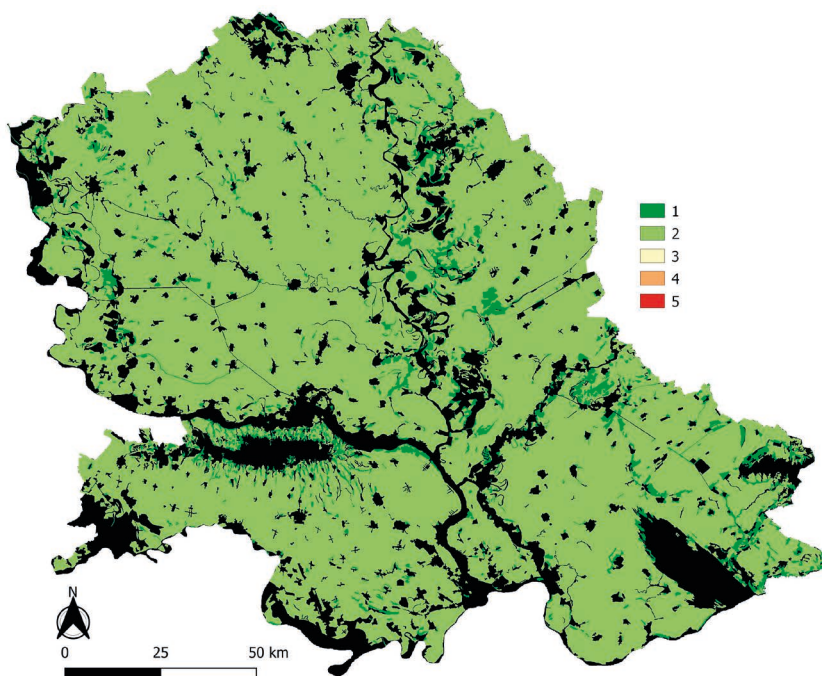
## Određivanje vrednosti težinskih koeficijenata

Pojedini faktori ranjivosti i hazarda, zbog prirode svoje pojave, mogu imati veći ili manji uticaj na krajnji rezultat procene rizika i zbog toga im je potrebno dodeliti odgovarajuće težinske koeficijente. U ovoj studiji je za određivanje težinskih koeficijenata metoda analitičkog hijerarhijskog procesa AHP.

Analitički hijerarhijski proces – AHP (Saaty, 1980) je jedan od najčešće korišćenih metoda višekriterijumske analize za podršku odlučivanju u poljoprivredi (Matić-Kekić i Draginčić, 2013). AHP metodologija podrazumeva formiranje hijerarhije problema odlučivanja, gde se cilj nalazi na vrhu, ispod su kriterijumi, a na dnu su alternative. Kriterijumi se u parovima vrednuju u odnosu na cilj, a zatim i alternative u odnosu na svaki kriterijum. To znači da se vrednovanja vrše poređenjem u parovima svih elemenata na istom nivou hijerarhije u odnosu na elemente na višem nivou. Svakom poređenju dodeljuju se numeričke vrednosti sa Satijeve skale relativnog značaja (Draginčić et al., 2011). Detaljan opis dodeljivanja težinskih vrednosti metodom AHP-a se može pronaći u literaturi (Blagojević et al., 2016a; Blagojević et al., 2016b; Blagojević et al., 2016c; Srdjević et al., 2015; Blagojević et al., 2014; Bezdan et al., 2019).

Za potrebe ove studije, poređenje između alternativa – faktora ranjivosti (proizvodne osobine zemljišta, način korišćenja zemljišta i potrebe useva za navodnjavanje) je izvršeno na bazi literaturnih podataka i mišljenja eksperata. Na osnovu primene AHP metodologije dobijene su sledeće vrednosti težinskih koeficijenata faktora ranjivosti na suše: proizvodne osobine zemljišta (0.5), potrebe useva za navodnjavanje (0.4) i način korišćenja zemljišta (0.1).

Rezultati određivanja težinskih vrednosti faktora ranjivosti metodom AHP-a pokazuju da najveći uticaj na ranjivost na poljoprivrednu sušu imaju proizvodne osobine zemljišta i potrebe poljoprivrednih useva za navodnjavanje a način korišćenja zemljišta ima znatno manji uticaj.

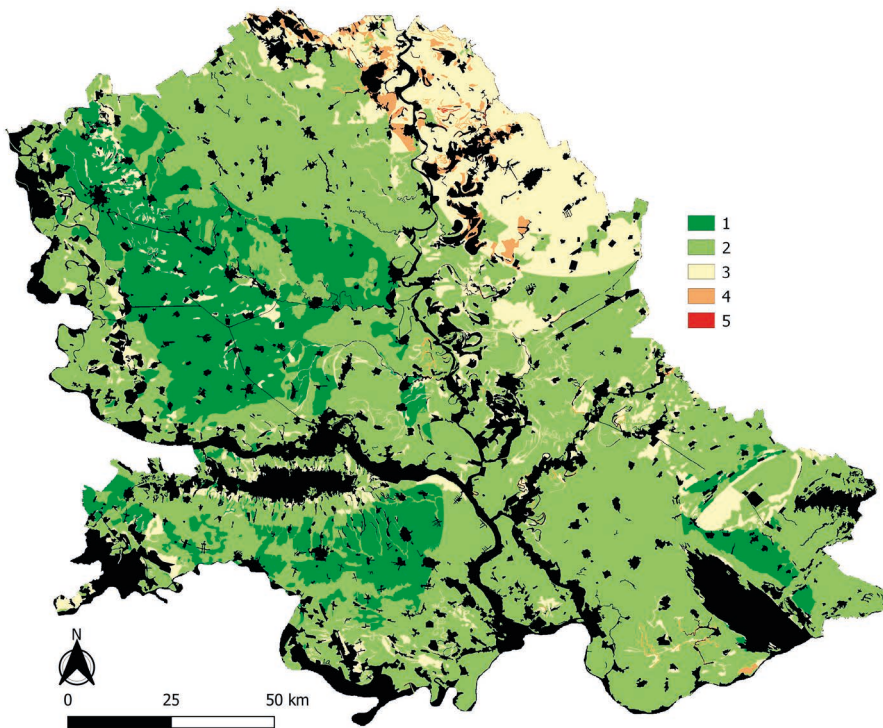


Slika 5.6. *Reklasifikovana karta načina korišćenja zemljišnog pokrivača*

## Karta ranjivosti na poljoprivrednu sušu

Množenjem rasterskih slojeva faktora ranjivosti na sušu (karakteristike zemljišta, karakteristike reljefa, načina korišćenja zemljišnog pokrivača i potreba useva za navodnjavanjem) sa odgovarajućim težinskim koeficijentima, zatim sabiranjem tih slojeva u GIS-u i njihovom klasifikacijom u pet ekvidistantnih klasa dobijena je karta ranjivosti na poljoprivrednu sušu (Slika 5.7).

Veći deo teritorije Vojvodine, oko 54% površine, ima niske vrednosti ranjivosti na poljoprivrednu sušu (klase ranjivosti 1 i 2). Površine sa najnižom klasom ranjivosti su u Sremu i centralnim i zapadnim delovima Bačke gde vladaju veoma pogodni uslovi u vidu niskih potreba useva za navodnjavanjem i povoljnim karakteristikama pedološkog pokrivača. Najnepogodniji reoni u pogledu ranjivosti na sušu su severoistočni krajevi Banata uglavnom zbog nepovoljnih klimatskih i pedoloških karakteristika u odnosu na ostale krajeve Vojvodine.



Slika 5.7. Karta ranjivosti na poljoprivrednu sušu

## Procena hazarda od suše

Da bi se mogla izvršiti procena hazarda potrebno je odabrati odgovarajuće indikatore suše i odgovarajuće metode njihove analize. U ovoj studiji razmatran je indeks SPEI3 u julu mesecu jer su prethodne analize pokazale da je jedan od najpogodnijih indeksa za praćenje poljoprivredne suše. Posmatrajući generalno, hazard kvantifikuje verovatnoću pojave potencijalno štetnog događaja. Hazard se može proceniti na osnovu intenziteta i verovatnoće pojave potencijalno štetnog događaja. Na ovom principu je baziran Drought Hazard Indeks –DHI (Dabanli,2018; Kim i sar., 2015; Shahid i Behrrowan, 2008). Verovatnoća pojave je određena na osnovu frekvencije pojavljivanja suše određenih kategorija (Sonmez i sar., 2005). Kao što je prethodno rečeno, suša je posmatrana indeksom SPEI3 u julu mesecu. Prema procedure računanja DHI, kategorijama suše dodeljene su težinske vrednosti, a zatim je svakoj kategoriji suše dodeljena odgovarajuća ocena na osnovu frekvencije pojavljivanja (Tabela 5.3). Primenjen je princip da se intenzivnijim kategorijama suše dodele veće težinske vrednosti. Takođe, ako se suša često javlja na nekom području, dodeljuje se veća vrednost ocene.

Tabela 5.3. Težine i ocene dodeljene odgovarajućim kategorijama suše

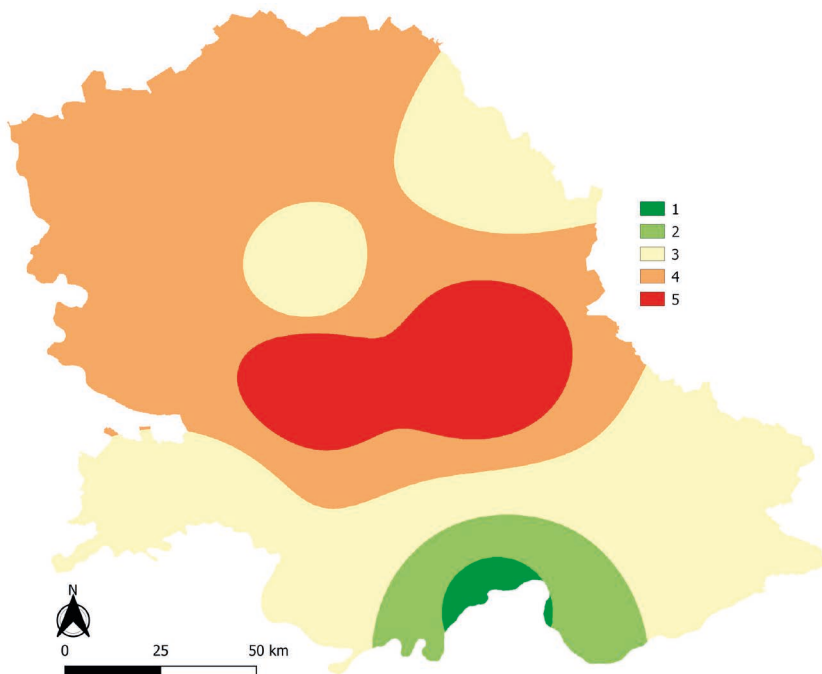
SPEI3 Jul	Kategorija suše	Težina (W)	Frekvencija pojavljivanja	Ocena (R)
0 do -0.99	Normalni uslovi / blaga suša (ND)	1	Niska	1
			Umerena	2
			Visoka	3
			Veoma visoka	4
-1.00 do -1.49	Umerena suša (MD)	2	Niska	1
			Umerena	2
			Visoka	3
			Veoma visoka	4
-1.50 do - 1.99	Jaka suša (SD)	3	Niska	1
			Umerena	2
			Visoka	3
			Veoma visoka	4
< -2.00	Ekstremna suša (ED)	4	Niska	1
			Umerena	2
			Visoka	3
			Veoma visoka	4

DHI se dobija integracijom težinskih vrednosti i ocena na sledeći način:

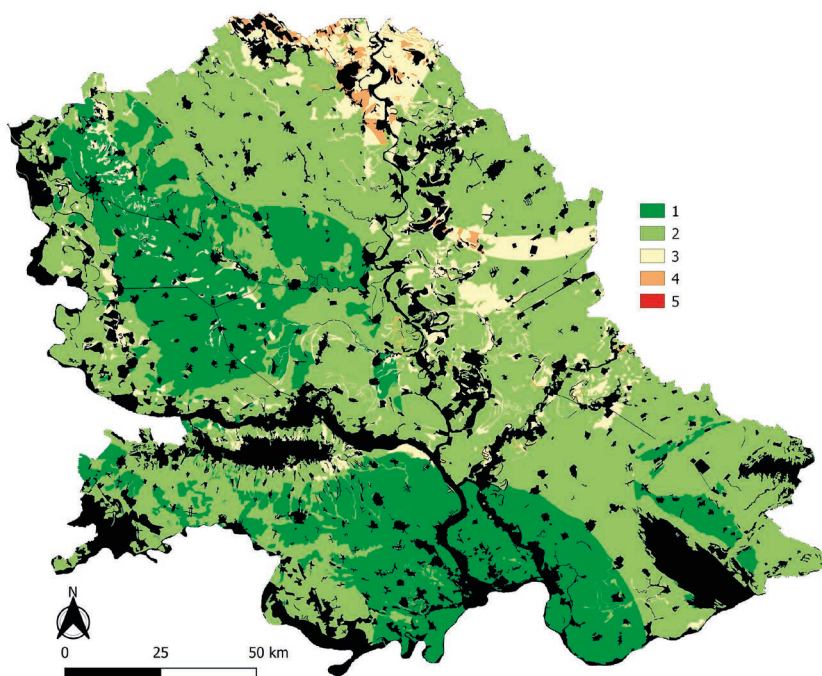
$$DHI = (ND_w \times ND_R) + (MD_w \times MD_R) + (SD_w \times SD_R) + (ED_w \times ED_R)$$

Gde ND, MD, SD i ED predstavljaju kategorije suše, W predstavlja odgovarajuću težinsku vrednost, a R predstavlja odgovarajuću ocenu.

DHI je izračunat sa svaku posmatranu meteorološku stanicu, za period od 1971 do 2017. godine. Vrednosti DHI su reklasifikovane da odgovaraju opsegu od 1 do 5, gde 1 odgovara najmanjoj vrednosti hazarda, a 5 najvećoj. Rezultat je prikazan na karti na slici 5.8. Može se uočiti da su najugroženiji centralni delovi Vojvodine, a najmanje ugroženi sušom su južni krajevi.



Slika 5.8. Karta hazarda od suše prema indeksu DHI



Slika 5.9. Karta rizika od poljoprivredne suše na teritoriji Vojvodine

## Procena rizika od poljoprivredne suše

Procena rizika na poljoprivrednu sušu je izvršena prema metodi koja se bazira na formuli gde je rizik jednak proizvodu hazarda i ranjivosti. U prethodnim koracima izvršene su procene ranjivosti na poljoprivrednu sušu i opasnosti od suše. Preklapanjem tih slojeva u GIS-u, njihovim množenjem i klasifikacijom rezultujuće karte na pet ekvidistantnih klasa dobijena je karta rizika od poljoprivredne suše na teritoriji Vojvodine (Slika 5.9).

Procenjeno je da je najveći rizik od poljoprivredne suše, 4. klasa rizika, u severnim - severoistočnim krajevima Vojvodine. U tim krajevima je procenjena najveća vrednost hazarda i visoka ranjivost zbog lošijih osobina zemljišta i visokih potreba za navodnjavanjem poljoprivrednih kultura u poređenju sa ostalim krajevima. Oko 2% teritorije Vojvodine, u koju se ne ubrajaju urbane i veštačke površine, šumska područja i vodene površine, spada u 4. klasu rizika. Na oko 8% teritorije Vojvodine procenjena je 3. klasa rizika, na oko 64% teritorije 2. klasa a na oko 26% 1. klasa, odnosno najmanja klasa rizika od poljoprivredne suše. Najmanji rizik je procenjen u severozapadnom delu Vojvodine u okolini Sombora i na jugu Vojvodine na potezu od Sremske Mitrovice, preko Beograda do okoline Vršca, pre svega zbog povoljne kombinacije klimatskih i zemljišnih uslova.