



Opis metoda za analizu meteorološke suše

Damir Ugarković, Dora Jezidžić, Zdravko Tonković, Krešimir Popić

Nacrtak – Abstract

Suša je razdoblje bez oborine ili s manjkom oborine u odnosu na višegodišnji prosjek. Postoji više vrsta suše, a cilj je ovoga rada opisati neke od metoda analize meteorološke suše. Metode za analizu meteorološke suše uglavnom primjenjuju kao ulaznu varijablu podatak o količini oborine odnosno podatke o količini oborine i temperaturi zraka. U radu su opisane: metoda postotka normale, metoda anomalije oborine, metoda deficita vode u sušnoj sezoni, metoda klimatograma i metoda percentila. Sve metode zajedno daju približno jednake rezultate u analizi suše. Korelacija između metoda ovisi o njihovoj složenosti odnosno jednostavnosti izračuna ili analize suše. Metode sa složenijom analizom suše su preciznije i preporučljive su za upotrebu, kao što je metoda anomalije oborine, metoda percentila i metoda postotka normale.

Ključne riječi: klima, suša, meteorološka suša, metode

1. Suša i indeksi suše – Drought and drought indices

Statistički gledani pokazatelji suše ili indeksi suše skup su velikoga broja podataka o količini oborine, vodostaju vodotoka i ostalih podataka vezanih uz opskrbu vodom. Međutim, indeks vrijednosti suše obično je jedan broj koji je puno korisniji od samih podataka iz kojih je izračunat. Postoji nekoliko pokazatelja (indeksa) koji brojčano pokazuju koliko je količina oborine u određenom razdoblju odstupila od prosjeka ili normi utvrđenih za razdoblje od više desetljeća.

Suša je manjak oborine ili duže razdoblje bez oborine, odnosno manjak vode u nekom ekosustavu. Ekolozi dijele sušu na ekološku i fiziološku. Ekološka suša je suša vanjske sredine, ekosustava, odnosno suša atmosfere, suša pedosfere i suša hidrosfere. Fiziološka suša je suša stanica, tkiva i organa nekoga organizma (Tikvić i Ugarković 2021). Većina organizama ugiba kada hidratacija stanica, tkiva i organa dosegne određenu letalnu vrijednost koja iznosi 60 % (Gračanin i Ilijanić 1977). Fiziološka se suša može odrediti mjerenjem vodnoga potencijala lišća kod biljaka. Vodni potencijal biljke ukazuje na vodni status biljke i razinu sušnoga stresa (Cochard i dr. 2001).

Meteorolozi i klimatolozi dijele sušu na meteorološku, hidrološku, agronomsku i socioekonomsku

(Jug i dr. 2011, Bonacci i Bonacci 2022). Meteorološka je suša uzrokovana potpunim izostankom oborine u nekom određenom razdoblju ili je uzrokovana smanjenom količinom oborine u odnosu na višegodišnji prosjek. Meteorološka se suša može naglo razviti i naglo prestati. Osim o količini oborine, ona je ovisna i o temperaturi zraka. Povećanjem temperature zraka povećava se i iznos potencijalne evapotranspiracije (Penzar i Penzar 2000, Ugarković i dr. 2018). Evapotranspiracija je gubitak vode iz ekosustava. Njime se smanjuje razina vode u vodotocima i jezerima te vlaga tla.

O količini oborine ovisi vodostaj rijeka, potoka, jezera i razina podzemne vode u tlu. Te su korelacije pozitivne, što znači da se povećanjem količine oborine povećava i razina vodotoka i razina podzemne vode u tlu (Ugarković i dr. 2017). Deficit oborine tijekom duljega razdoblja utječe na površinsku vodu i na zalihe podzemne vode, na protok vode u vodotocima, na razinu vode u jezerima i na razinu podzemnih voda. Kada se smanji razina vode i protok vode u vodotocima, govorimo o hidrološkoj suši. Početak hidrološke suše može kasniti određeno duže ili kraće vrijeme za početkom meteorološke suše. Hidrološka suša može trajati i nakon završetka meteorološke suše.

Za analizu hidrološke suše postoji velik broj metoda i indeksa, a temelje se općenito na meteorološkim ili klimatskim elementima (oborina, tempera-

tura zraka) te na hidrološkim podacima o protoku vode i vodostaju vodotoka (Tadić i dr. 2015).

Agronomsku sušu uzrokuje kratkoročan manjak vode u razdoblju od nekoliko tjedana u površinskom sloju tla, koji se događao u kritično vrijeme za razvoj određene biljke. Ovisno o vlazi površinskoga sloja tla, odnosno o vodnoj bilanci tla, početak agronomске suše može zaostajati za meteorološkom sušom. Na agronomsku sušu može utjecati visoka temperatura, niska relativna vlažnost zraka i vjetar. Povećanjem temperature zraka smanjuje se relativna vlažnost zraka zbog čega se povećava evaporacija iz tla i transpiracija iz biljaka. Vjetar može pojačati agronomsku sušu tako da se s većom brzinom vjetra povećava evaporacija iz tla. Negativni utjecaj agronomске suše na prinos usjeva može se smanjiti navodnjavanjem poljoprivrednih površina (Tomić 1988, Šimunić 2013).

Socioekonomska suša povezuje potražnju i opskrbu određenoga ekonomskoga dobra (vrijednost) s elementima meteorološke, hidrološke i agronomске suše.

Predvidjeti sušu složen je proces jer zahvaća velika prostranstva, sporo se razvija i uočava se najčešće kad je već prisutna tjednima ili mjesecima (Tadić i dr. 2015). S obzirom na to da suša uzrokuje ekonomske, gospodarske, ali i zdravstvene probleme, tijekom godina razvijeno je više metoda i indeksa za analizu suše i sušnih razdoblja. Njihova se primjena uglavnom temelji na dostupnosti podataka (klimatskih elemenata, vodostaja, protoka vode) i na njihovoj regionalnoj osnovi.

2. Opis nekih metoda za analizu meteorološke suše – Description of some methods for meteorological drought analysis

Za analizu meteorološke suše koristimo se klimatskim elementima, i to podacima o količini oborine (mm) i iznosu temperature zraka (°C). Klimatski su elementi čimbenici meteorološke prirode o kojima ovisi klima i vremenske prilike nekoga područja (Penzar i Penzar 2000, Šegota i Filipčić 2003). Među najstarije klimatske indekse kojima se opisivala sušnost (aridnost) ili vlažnost (humidnost) nekoga područja ubrajaju se Langov kišni faktor koji predstavlja omjer količine oborine i srednje godišnje temperature zraka (Lang 1915) i De Martonneov indeks aridnosti (Martonne 1926).

2.1 Metoda postotka normale – Percent of Normal method

Anomalija oborine ili postotak od normalne oborine (engl. *Percent of Normal*, PN), kako navode Tadić i dr. (2015), zasniva se na odnosu mjesečne oborine i prosječne mjesečne oborine promatrane razdoblja. Ta metoda predstavlja jednostavnu i brzu ocjenu pojavnosti suše na određenom geografskom području. Potrebno je raspolagati dužim nizom podataka o količini oborine (mm), i to barem 30-godišnjim nizom. Prema zaključku XIII. sjednice Komisije za klimatologiju Svjetske meteorološke organizacije do 2021. godine u upotrebi je bio višegodišnji (normalni) referentni niz 1961–1990. godine (Katušin 2002), a prema Pandžiću i dr. (2020) temperatura zraka i količina oborine određene godine ili razdoblja uspoređuju se s prosjekom višegodišnjega razdoblja 1981–2010. godine. Međutim, od 2023. godine u upotrebi je nova klimatska normala 1991–2020. (Državni hidrometeorološki zavod 2024). Količina se oborine određenoga mjeseca ili godine stavlja u odnos s prosjekom višegodišnjega niza. Klasifikacija postotnoga odnosa prikazana je u tablici 1.

Tablica 1. Granična vrijednost indeksa postotka od normale, PN (Tadić i dr. 2015)

Table 1 Threshold value of the percentage index of normal PN (Tadić et al. 2015)

Klasifikacija – Classification	PN, % *
Ekstremno vlažno – Extremely moist	≥ 110
Vrlo vlažno – Very moist	
Umjereno vlažno – Moderately moist	
Normalno – Normal	80 do 110
Umjereno sušno – Moderately dry	55 do 80
Vrlo sušno – Very dry	40 do 55
Ekstremno sušno – Extremely dry	≤ 40

* PN – postotak od normale – percent of normal

2.2 Metoda indeksa anomalije oborine – Rainfall Anomaly Index method

Indeks anomalije oborina (engl. *Rainfall Anomaly Index*, RAI), prema Tadiću i dr. (2015), može se primijeniti na tjedne, mjesečne i godišnje podatke o oborini. Raziei (2021) navodi kako primjena toga indeksa može biti zadovoljavajuća alternativa kompleksnijim indeksima suše kao što je standar-

dizirani indeks oborine (SPI). Ta metoda za izračun meteorološke suše uzima samo podatak o količini oborine (mm). Poželjno je da razdoblje bude što dulje zbog točnosti izračuna. U dužim sušnim razdobljima koristi se veća vremenska skala nego za područje s kratkim sušnim razdobljima (Rajić i Zemunac 2017).

Tablica 2. Granična vrijednost indeksa anomalije oborine (RAI)
Table 2 Limit value of Rainfall Anomaly Index (RAI)

Klasifikacija – Classification	RAI
Ekstremno vlažno – <i>Extremely moist</i>	$\geq 3,00$
Vrlo vlažno – <i>Very moist</i>	2 do 2,99
Umjereno vlažno – <i>Moderately moist</i>	1 do 1,99
Normalno – <i>Normal</i>	0,5 do - 0,99
Umjereno sušno – <i>Moderately dry</i>	-1,00 do -1,99
Vrlo sušno – <i>Very dry</i>	-2,00 do -2,99
Ekstremno sušno – <i>Extremely dry</i>	$\leq -3,00$

Indeks anomalije oborine (RAI) izračuna se prema jednadžbi:

$$RAI = \pm 3 \frac{P - p}{E - p} \tag{1}$$

gdje je:

- P oborina, mm – *precipitation, mm*
- p srednja oborina određenoga razdoblja, mm – *mean precipitation of a certain period, mm*
- E srednja vrijednost od 10 najvećih/najmanjih zabilježenih količina oborine, mm – *mean value of the 10 highest/lowest recorded precipitation amounts, mm*

Pozitivan ili negativan predznak u jednadžbi odnosi se na pozitivne ili negativne anomalije oborine, što je prikazano u tablici 2.

2.3 Metoda deficita vode u sušnoj sezoni – Dry season water deficit method

Ova se metoda zasniva na usporedbi oborine i potencijalne evapotranspiracije. Deficit vode u sušnom razdoblju u mm (DSWD) može se izračunati za

svaki mjesec na osnovi formule (Dufour-Dror i Ertas 2004):

$$DSWD = P - PET \tag{2}$$

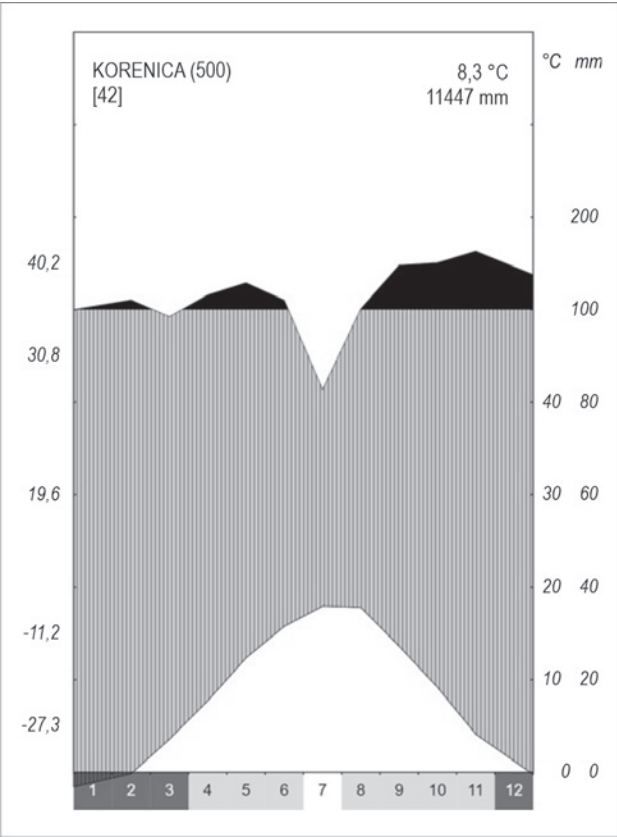
gdje je:

- P mjesečna količina oborine, mm – *monthly amount of precipitation, mm*
- PET mjesečna potencijalna evapotranspiracija, mm – *monthly potential evapotranspiration, mm*

Ako je količina oborine manja od iznosa potencijalne evapotranspiracije u određenom mjesecu, taj je mjesec sušan. Potencijalna se evapotranspiracija može izračunati indirektno, a za to postoji nekoliko različitih metoda, kao što su Thornthwaiteova (1948) metoda, Ivanova, Blaney-Criddleova, pa do novijih, kao što je metoda Penman-Monteithova (Tomić 1988, Šimunić 2013). Ova metoda nema klasifikaciju suše s graničnim vrijednostima, već se dobije podatak o deficitu vode koji se ne može poistovjetiti s deficitom vode ili manjkom vode iz vodne bilance tla po Thornthwaiteovoj (1948) metodi koja osim količine oborine i potencijalne evapotranspiracije uzima u obzir kapacitet tla za vodom do 100 mm i čiji je izračun nešto kompleksniji.

2.4 Metoda klimatograma i metoda odnosa oborine s temperaturom zraka – Climatogram method and relationship method between precipitation and air temperature

Klimatski dijagram je grafički prikaz međusobnoga odnosa količine oborine (mm) i temperature zraka (°C) za određeno područje u omjeru 1 : 2 na temelju višegodišnjih podataka, od barem 30 godina (Walter 1955, Penzar i Penzar 2000). Bertović je (1975) za opis i analizu klime pojedinih godina, pa tako i za analizu suše te sušnih razdoblja, stavljao u odnos količinu oborine i temperature zraka, a za razdoblje od jedne godine te je grafičke prikaze nazvao klimatogramima. Ta metode ne daje klasifikaciju suše, već samo utvrđuje je li bila suša i u kojem mjesecu. Metoda je vrlo rijetko u upotrebi za analizu suše i sušnih razdoblja.



Slika 1. Klimatski dijagram za meteorološku postaju Korenica
Fig. 1 Climate diagram for meteorological station of Korenica

Na slici 1 prikazan je klimatski dijagram za meteorološku postaju Korenica prema Walteru (1955) za višegodišnje razdoblje od 42 godine. Suša nije klimatska karakteristika za područje meteorološke postaje Korenica koja je smještena na 500 metara nadmorske visine u području umjereno tople kišne klime s toplim ljetom, tip klime formule Cfb (Šegota i Filipčić 2003). Međutim, ako se prikaže grafički odnos količine oborine i temperature zraka u omjeru 1 : 2, ali za svaku godinu posebno, dobije se niz klimatograma (slika 2).

Naravno da je u razdoblju od 42 godine, od 1981. do 2022. godine, bilo i sušnih godina, što se može vidjeti na klimatogramima označeno tamnosivom bojom (slika 2).

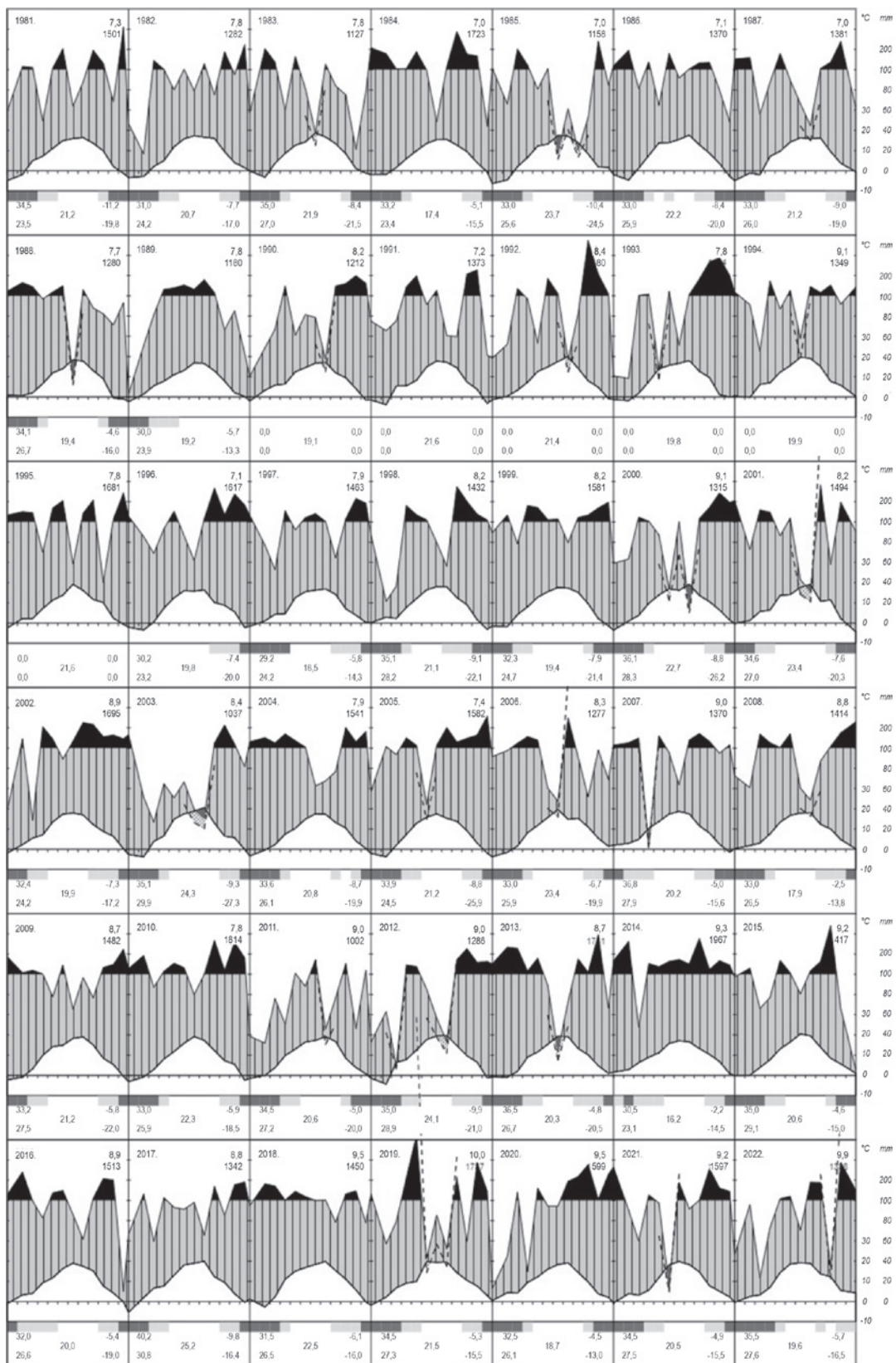
Duljina ili trajanje sušnoga razdoblja (LDS) u mjesecima se može izračunati i prema formuli $P < 2T$ (Gaussen 1954, UNESCO 1963), gdje je P mjesečna količina oborine (mm), a T srednja mjesečna temperatura zraka (°C).

2.5 Metoda percentila – Percentile method

Prema definiciji percentil je jedan od određenih srednjih vrijednosti statističkih nizova koji brojčani niz dijele na jednake dijelove. Percentili dijele statistički niz podataka na stotinu jednakih dijelova. Metoda je percentila metoda kojom se za ocjenu i praćenje klime određene godine u odnosu na višegodišnji referenti niz (1991–2021) službeno koristi Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (DHMZ). Percentili mogu biti temperaturni za temperaturu zraka (°C) i oborinski za količinu oborine (mm). Za analizu suše i sušnih razdoblja, mjeseci, godišnjih doba, godine ili određenoga razdoblja služe oborinski percentili. Sušna i vlažna razdoblja analiziraju se pomoću teorijskih percentila (2., 10., 25., 50., 75., 90. i 98.) pomoću kojih se može ocijeniti koliko neka količina oborine odstupa od prosječnoga stanja odnosno od medijana ili 50. percentila. Teorijski percentili su dobiveni iz količine oborine višegodišnjega niza (npr. neki 30-godišnji niz) primjenom normalne razdiobe drugim korijenom (Cindrić i dr. 2019). Vrijednost ukupne količine oborine koja je manja od 25. percentila ukazuje na sušno razdoblje, a vrijednosti ukupne količine oborine veće od 75. percentila odgovaraju većoj količini oborine odnosno kišovitomu razdoblju. Slučajevi prekoračenja 2. ili 98. percentila smatraju se ekstremnim događajima. Percentili su izraženi u postocima i kao takvi predstavljaju procjenu vjerojatnosti da odgovarajuća vrijednost anomalije u promatranom razdoblju nije bila nadmašena. Na primjer, percentil 98. ukazuje da u 98 % slučajeva prethodnih godina odgovarajuća vrijednost nije bila nadmašena, to jest da se u stogodišnjem razdoblju mogu očekivati samo dvije godine u kojima će motrena vrijednost biti viša od razmatrane (Pandžić i dr. 2020).

Tablica 3. Klasifikacija za oborinske percentile
Table 3 Classification of precipitation percentiles

Klasifikacija – Classification	Oborinski percentil Precipitation percentile
Ekstremno sušno – Extremely dry	< 2
Vrlo sušno – Very dry	2 – 9
Sušno – Dry	9 – 25
Normalno – Normal	25 – 75
Kišno – Rainy	75 – 91
Vrlo kišno – Very rainy	91 – 98
Ekstremno kišno – Extremely rainy	> 98



Slika 2. Klimatogrami za meteorološku postaju Korenica

Fig. 2 Climatograms for meteorological station of Korenica

3. Korelacija metoda analize meteorološke suše – *Correlation of meteorological drought analysis methods*

Analizirali smo povezanost odnosno korelaciju između opisanih metoda analize meteorološke suše. Analiza je napravljena za meteorološku postaju Zagreb – Maksimir za godine u razdoblju od 2011. do 2021. godine. Referentni niz ili višegodišnji prosjek bio je od 1981. do 2010. godine (Pandžić i dr. 2020). Metodom klimatograma dobili smo podatak je li u godini bilo sušnih mjeseci ili nije bilo, tj. podaci se odnose na pojedine sušne mjesece u godini u kojima se krivulja oborine (gornja krivulja na klimatogramu) spustila ispod krivulje temperature zraka (donja krivulja na klimatogramu). Metoda trajanja sušnoga razdoblja dala je broj sušnih mjeseci u godini. Metoda deficita vode u sušnoj sezoni dala je podatak o tome je li postojao ili nije postojao deficit vode na razini godine (godišnja količina oborine manja je od godišnjega iznosa potencijalne evapotranspiracije). Ostale su metode prikazale klasifikaciju prema svojim grančnim vrijednostima (tablice 1, 2 i 3). Za korelacijsku analizu upotrijebljene su oznake za klasifikacije: 0 – nema suše, 1 – ima suše (klimatogrami) odnosno

–1 – sušno, –2 – vrlo sušno, –3 – ekstremna suša, 1 – kišno, 2 – vrlo kišno, 3 – ekstremno kišno prema klasifikacijama u tablicama 1, 2 i 3 prethodno opisanih metoda. Za metodu trajanja sušnoga razdoblja (LDS) uzet je broj sušnih mjeseci, ali su u analizi zbog sušnosti imali predznak minus (–). Podaci su analizirani neparametarskom Kendalllovom *tau* korelacijom. Statistička obrada podataka napravljena je u programu Statistica 13 (TIBCO Software Inc. 2018).

U tablici 4 prikazana je klasifikacija klime, odnosno oborine po godinama za vremenski niz od 2011. do 2021. godine za meteorološku postaju Zagreb – Maksimir.

U tablici 5 prikazana je neparametarska korelacija između metoda za analizu meteorološke suše. Metoda postotka normale pozitivno je korelirala sa svim predmetnim metodama, ali je najveću korelaciju imala s metodom percentila i metodom anomalije oborine. Metoda percentila nije imala korelaciju s metodom klimatograma. Metoda klimatograma imala je korelaciju samo s metodom postotka normale. Vjerojatno je i to razlog što se ta metoda slabo ili uopće ne primjenjuje za analizu suše i sušnih razdoblja.

Tablica 4. Klasifikacija suše po godinama za meteorološku postaju Zagreb – Maksimir

Table 4 Classification of drought by year for meteorological station Zagreb – Maksimir

Godine Years	PN	RAI	P-PET	K	LDS	P
2011.	Umjereno sušno <i>Moderately dry</i>	Ekstremno sušno <i>Extremely dry</i>	Sušna <i>Dry</i>	Sušna <i>Dry</i>	2	Ekstremno sušno <i>Extremely dry</i>
2012.	Normalno <i>Normal</i>	Umjereno sušno <i>Moderately dry</i>	Sušna <i>Dry</i>	Sušna <i>Dry</i>	2	Normalno <i>Normal</i>
2013.	Vlažno <i>Moist</i>	Ekstremno vlažno <i>Extremely moist</i>	Nije sušna <i>Not dry</i>	Sušna <i>Dry</i>	1	Vrlo kišno <i>Very rainy</i>
2014.	Vlažno <i>Moist</i>	Ekstremno vlažno <i>Extremely moist</i>	Nije sušna <i>Not dry</i>	Nije sušna <i>Not dry</i>	1	Ekstremno kišno <i>Extremely rainy</i>
2015.	Normalno <i>Normal</i>	Normalno <i>Normal</i>	Nije sušna <i>Not dry</i>	Nije sušna <i>Not dry</i>	2	Normalno <i>Normal</i>
2016.	Normalno <i>Normal</i>	Normalno <i>Normal</i>	Nije sušna <i>Not dry</i>	Nije sušna <i>Not dry</i>	1	Normalno <i>Normal</i>
2017.	Normalno <i>Normal</i>	Normalno <i>Normal</i>	Nije sušna <i>Not dry</i>	Sušna <i>Dry</i>	3	Normalno <i>Normal</i>
2018.	Normalno <i>Normal</i>	Normalno <i>Normal</i>	Nije sušna <i>Not dry</i>	Sušna <i>Dry</i>	1	Normalno <i>Normal</i>
2019.	Vlažno <i>Moist</i>	Vrlo vlažno <i>Very moist</i>	Nije sušna <i>Not dry</i>	Nije sušna <i>Not dry</i>	0	Kišno <i>Rainy</i>
2020.	Vlažno <i>Moist</i>	Umjereno vlažno <i>Moderately moist</i>	Nije sušna <i>Not dry</i>	Nije sušna <i>Not dry</i>	1	Normalno <i>Normal</i>
2021.	Normalno <i>Normal</i>	Umjereno sušno <i>Moderately dry</i>	Nije sušna <i>Not dry</i>	Sušna <i>Dry</i>	2	Normalno <i>Normal</i>

PN – postotak od normale – *percent normal*; RAI – indeks anomalije oborine – *rain anomaly index*; P-PET – metoda deficita vode u sušnoj sezoni – *dry season water deficit methos*; K – klimatogram – *climatogram*; LDS – trajanje sušnoga razdoblja – *length of dry season*; P – percentile – *percentiles*

Tablica 5. Neparameterska korelacija metoda za analizu meteorološke suše

Table 5 Non-parametric correlation of methods for meteorological drought analysis

Metode Methods	PN	RAI	P-PET	K	LDS	P
PN	1,00	--	--	--	--	--
RAI	0,85*	1,00	--	--	--	--
P-PET	0,52*	0,58*	1,00	--	--	--
K	0,46*	0,45	0,43	1,00	--	--
LDS	0,63*	0,56*	0,37	0,49*	1,00	--
P	0,82*	0,82*	0,48*	0,31	0,49*	1,00

* značajno, $p < 0,05$ – significant, $p < 0,05$
PN – postotak od normale – percent normal; RAI – indeks anomalije oborine – rain anomaly index; P-PET – metoda deficita vode u sušnoj sezoni – dry season water deficit methos; K – klimatogram – climatogram; LDS – trajanje sušnoga razdoblja – length of dry season; P – percentile – percentiles

4. Zaključci – Conclusions

Opisanim se metodama analizira i klasificira me-
teorološka suša odnosno trajanje meteorološke suše.
Za izračun meteorološke suše i sušnoga razdoblja uzi-
maju se u obzir dva najznačajnija klimatska elementa,
a to su oborina i temperatura zraka. Prema metodi
deficita vode u sušnoj sezoni, metodi klimatograma
i trajanja sušnoga razdoblja najmanje je razdoblje za
koje se može odrediti trajanje suše jedan mjesec. In-
deks anomalije oborine može se primijeniti i na tjed-
ne podatke o količini oborine. Opisane metode mogu
poslužiti za analizu trajanja i posljedice trajanja me-
teorološke suše na šumske ekosustave i agronomске
ekosustave. Također se te metode mogu primijeniti
za opis sušnosti ili vlažnosti klime određenoga geo-
grafskoga ili klimatskoga područja. Prednost je opi-
sanih metoda njihova jednostavnost u određivanju
meteorološke suše. Nedostaci su metoda nemoguć-
nost prognoziranja suše i sušnih razdoblja, ali one i
kao takve nisu ni zamišljene. Sve analizirane metode
daju približno jednake rezultate za isto razdoblje, što
znači da međusobno pozitivno koreliraju. Veći su ko-
relacijski koeficijenti bili između metoda koje imaju
jednaku ili približno jednaku klasifikaciju, odnosno
složenije metode međusobno bolje koreliraju kao što
su metoda indeksa anomalije oborine i metoda per-
centila. Metoda klimatograma pokazala je najmanju
korelaciju s ostalim analiziranim metodama. Od opi-
sanih metoda u ovom članku za analizu suše i sušnih
razdoblja preporučuju se metode s nešto zahtjevnij-
jom analizom kao što je metoda anomalije oborine,
metoda percentila i metoda postotka normale.

5. Literatura – References

Bertović, S., 1975: Acta Biologica VII/2. Prilog poznavanju
odnosa klime i vegetacije u Hrvatskoj. Jugoslavenska aka-
demija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 215 str.

Bonacci, O., D. Bonacci, 2022: Prijedloga nove metode za
analizu suša. Hrvatske vode, 30(119): 1–16.

Cindrić, K., J. Juras, Z. Pasarić, 2019: On precipitation mo-
nitoring with theoretical statistical distributions. Theoreti-
cal and Applied Climatology, 136: 145–156. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2477-6>

Cochard, H., S. Forestier, T. Améglio, 2001: A new vali-
dation of the Scholander pressure chamber technique ba-
sed on stem diameter variations. Journal of Experimental
Botany, 52(359): 1361–1365. <https://doi.org/10.1093/jexbot/52.359.1361>

De Martonne, E., 1926: Aerisme et indices d’aridite. Comp-
tesrendus de L’Academie des Sciences, 182: 1395–1398.

Državni hidrometeorološki zavod, 2024: <https://meteo.hr/> (17. rujna 2024)

Dufour-Dror, J. M., A. Ertas, 2004: Bioclimatic perspe-
ctives in the distribution of *Quercus ithaburensis* Decne.
subspecies in Turkey and in the Levant. Journal of Bio-
geography, 31(3): 461–474. <https://doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.01036.x>

Gausсен, H., 1954: Théorie et classification des climats et
microclimats. VII^{ème} Congrès International de Botanique,
125–130.

Jug, D., B. Stipešević, I. Jug, M. Mesić, 2011: Agroklimate-
loški pojmovnik. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u
Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 118 str.

Katušin, Z., 2002: Praćenje i ocjena klime u 2001. godini. Pri-
kazi br. 11. Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 34. str.

Lang, R., 1915: Versuch einer exakten Klassifikation der
Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht, Inter-
nationale Mitteilungen für Bodenkunde 5, 313.

Pandžić, K, T. Likso, T. Trošić Lesar, 2020: Praćenje i ocjena
klime u 2019. godini. Prikazi br. 31, Državni hidrometeo-
rološki zavod, Zagreb, 59 str.

Penzar, I., B. Penzar, 2000: Agroklimatologija. Školska
knjiga, Zagreb, 222 str.

Rajić, M., R. Zemunac, 2017: Poređenje različitih metoda za ocenu suše na području Južne Bačke. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda, Novi Sad, 68–73.

Raziei, T., 2021: Revisiting the Rainfall Anomaly Index to serve as a Simplified Standardized Precipitation Index. *Journal of Hydrology*, 602: 126761. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126761>

Šegota, T., A. Filipčić, 2003: Köppenova podjela klime i hrvatsko nazivlje. *Geoadria*, 8(1): 17–37. <https://doi.org/10.15291/geoadria.93>

Šimunić, I., 2013: Uređenje voda. Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 260 str.

Tadić, L., T. Dadić, M. Bosak, 2015: Usporedba različitih metoda za ocjenu suše na području kontinentalne suše. *Građevinar*, 67(1): 11–22. <https://doi.org/10.14256/JCE.1088.2014>

Thorntwaite, C. W., 1948: An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38(1): 55–94. <http://dx.doi.org/10.2307/210739>

TIBCO Software Inc. 2018: Statistica (data analysis software system), version 13. <http://tibco.com>.

Tikvić, I., D. Ugarković, 2021: General and landscape ecology of temperate forest ecosystems. *Fakultet šumarstva i drvene tehnologije, Sveučilište u Zagrebu*, Zagreb, 539.

Tomić, F., 1988: Navodnjavanje. *Savez poljoprivrednih inženjera i tehničara Hrvatske, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu*, Zagreb, 154 str.

Ugarković, D., D. Balta, I. Tikvić, M. Vucelja, I. Stankić, 2017: Dynamics, hydrological relations and pollution of precipitation and flood waters in a forest ecosystem. *South-east European Forestry*, 8(1): 51–58. <https://doi.org/10.15177/seefer.17-07>

Ugarković, D., I. Tikvić, K. Popić, J. Malnar, I. Stankić, 2018: Microclimate and natural regeneration of forests gaps as a consequence of Silver fir (*Abies alba* Mill.) dieback. *Šumarski list*, 5–6: 235–245. <https://doi.org/10.31298/sl.142.5-6.7>

UNESCO, 1963: Bioclimatical map of the Mediterranean zone. *Arid Zone Research* 21, 60 str.

Walter, H., 1955: Die Klimadiagramme als Mittel zur Beurteilung der Klimaverhältnisse für ökologische, vegetationskundliche und landwirtschaftliche Zwecke. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 68: 331–344.

Abstract

Description of Some Methods for Meteorological Drought Analysis

A drought is a period without precipitation or with a lack of precipitation compared to a multi-year average. There are several types of drought, and the goal of this paper is to describe some of the methods of meteorological drought analysis. Methods for the analysis of meteorological drought mainly use as an input variable data on the amount of precipitation, that is, data on the amount of precipitation and air temperature. The following methods are described: percentage of normal method, precipitation anomaly method, water deficit method in dry season, climatogram method and percentile method. All methods together give approximately the same results in terms of drought analysis. Correlations between methods depend on their complexity or simplicity of calculation or drought analysis. Methods with more complex drought analysis are more precise and recommended for use, such as the precipitation anomaly method, the percentile method, and the percent normal method.

Keywords: climate, drought, meteorological drought, methods

Adrese autorâ – *Authors' addresses:*

Prof. dr. sc. Damir Ugarković*
e-pošta: dugarkovic@sumfak.hr
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet šumarstva i drvne tehnologije
Svetošimunska cesta 23
10000 Zagreb
HRVATSKA
Dora Jezidžić, mag. ing. urb. silv.
e-pošta: doradumancic97@gmail.com
Trg Antuna Mihanovića 2
10000 Zagreb
HRVATSKA
Zdravko Tonković, mag. ing. silv.
e-pošta: zdravko2412@gmail.com
Žabica 44
53103 Gospić
HRVATSKA
Krešimir Popić, mag. ing. silv.
e-pošta: pop.sumar@gmail.com
Trg kralja Tomislava 4
32252 Otok
HRVATSKA

Primljeno (*Received*): 22. 7. 2024.

Prihvaćeno (*Accepted*): 30. 8. 2024.

Stručni rad – *Professional paper*

*Glavni autor – *Corresponding author*