

izr. prof. dr. Mihael BRENČIČ*

KAJ JE SUŠA

POVZETEK

Suša je pojav, ki mu posvečamo vedno večjo pozornost. Zastavlja se vprašanje, ali ta pojav razumemo ustrezno in ali ni naš pogled nanj preveč poenostavljen, usmerjen le na tako imenovano kmetijsko sušo. Suša je kompleksen pojav, ki ga ni mogoče opredeliti enostransko in enoznačno. Ugotovimo lahko, da obstaja več različnih pogledov na sušo in s tem tudi več definicij. Od tod sledi, da poznamo več vrst suš, ki se med seboj zelo razlikujejo, tako po vzrokih, kot tudi posledicah. V prispevku so obdelane različne opredelitve in vrste suš. Na podlagi teh definicij so opredeljeni parametri suš in njihovi kazalci. Prispevek temelji na pregledu domače in tuje literature, ki je nadgrajen z nekaterimi samostojnimi teoretičnimi premisleki.

UVOD

V zadnjih dveh desetletjih smo v Sloveniji skorajda vsako poletje soočeni z opozorili, da je v nekem predelu države nastopila suša, ki bo v kmetijstvu povzročila veliko škodo. Če bi sklepali na podlagi medijskih opozoril, bi dobili občutek, da smo s sušo soočeni vsako poletje in da postajamo vedno bolj sušna dežela. Visoke temperature ozračja vedno povzročijo, da v določenih delih vodnega kroga pride do pomanjkanja vode. To pomanjkanje se odraža zelo različno, vse od vplivov, ki jih ima takšno pomanjkanje na kmetijsko proizvodnjo, do vplivov na druge gospodarske dejavnosti, kot je na primer pridobivanje električne energije. Stalnica v družbi je tudi, da se družba prične soočati s sušo šele takrat, ko je suša že v polnem razmahu in ne že pred tem, ko je stanje normalno in so količine razpoložljive vode dovolj velike, da bi bilo možno izvesti nekatere predhodne ukrepe, ki bi omilil pomanjkanje vode v obdobju nizkih padavin in visokih zračnih temperatur.

Odgovor na vprašanje, kaj je suša je navidez enostaven in premočrten, ko pa se v to vprašanje podrobneje pogledimo s tehnično naravoslovnega vidika, bomo kaj kmalu ugotovili, da univerzalne definicije suše, ki bi zadoščala v celoti in za vse potrebe, ni mogoče podati. Poznamo več vidikov suš in tudi suša ni le ena sama. Pri tem se je potrebno zavedati, da je suša zelo kompleksen pojav, katerega začetka in konca v prostoru in času, za razliko od drugih hidrometeoroloških pojavov, ni mogoče natančno določiti.

V primerjavi z drugimi evropskimi državami Republika Slovenija pri soočanju s sušo ni nobena izjema, ne v pozitivnem in ne v negativnem pomenu. Navkljub številnim opozorilom strokovnjakov, zlasti agronomov, da je potrebno ukrepati pravočasno, se s sušo soočamo šele takrat, ko je za to običajno prepozno. Hkrati s tem lahko ugotovimo, da je na območju Slovenije soočanje s sušo zelo poenostavljeno, in da v veliki meri ne razumemo večine komponent in vzrokov tega sicer povsem običajnega naravnega pojava.

V Sloveniji je prisotno dožemanje suše le v tistem delu, ki ga imenujemo kmetijska suša, vse ostale suše so nam bolj ali manj neznane in se njihovih posledic skorajda ne zavedamo. Morda je občasno omenjen še vpliv nizkih pretokov rek in potokov na biotope, njihov vpliv na proizvodnjo elektrike iz hidrocentral, ali pa nizke gladine podzemne vode, ki ogrožajo oskrbo s pitno vodo, a tukaj se naše znanje in obvladovanje pojava suše ustavi. Ne zagrešimo pretirane napake, če zapišemo, da suše, za razliko od poplav, ne poznamo dovolj dobro, da imamo, razen o kmetijskih sušah, o suši in njenih vrstah, pojavnih oblikah, dinamiki in parametrih na nivoju države le malo znanja.

Na podlagi prikazanega aktualnega razumevanja suše, je namen članka izboljšati poznavanja kompleksnosti suše ter podati pregled definicij suše, opredeliti vrste suš in njihovih parametrov.

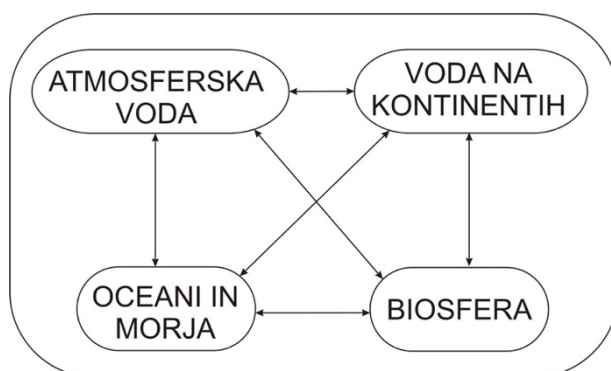
*izr. prof. dr. Mihael BRENČIČ., univ. dipl. inž. geol., Oddelek za geologijo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Aškerčeva cesta 12, 1000 Ljubljana; mihael.brencic@ntf.uni-lj.si, Geološki zavod Slovenije, Dimičeva cesta 14, 1000 Ljubljana

PRIMANKLJAJ VODE

IZHODIŠČE

Na vprašanje: »Kaj je poplava?« zlahka odgovorimo. Opredelitev poplave je vezana na višino vode v reki, potoku, jezeru ali vodonosniku in je praviloma povezana s škodo, ki jo voda pri tem povzroči. Poplavno gladino vode zlahka določimo, pa tudi če ob času poplave to zaradi nedostopnosti terena ni mogoče. Ko se poplava umakne, ostane veliko posrednih in neposrednih dokazov, s katerimi lahko dokažemo pojav poplave in določimo njene parametre. Čeprav se zdi, da je suša pojav, ki se nahaja na nasprotnem koncu pojavljanja ekstremov, kot so poplava ali visoke vode, pa ob nekoliko natančnejšem premisleku hitro ugotovimo, da je suša mnogo težje opredeliti, njeni vzroki in posledice pa niso enostavno določljive. Nesporno je, da je suša posledica primankljaja vode, ko pa poizkušamo primankljaj vode opredeliti podrobneje, ugotovimo, da naletimo na veliko problemov. Tako kot v primeru poplav, bomo tudi v primeru suše v znanstveni in strokovni literaturi naleteli na zelo veliko definicij, toda razlike med temi definicijami so mnogo večje, kot v primeru visokih vod.

Predno se podrobneje lotimo analize pojava suše, se najprej dotaknimo problema primankljaja vode. Razumevanje primankljaja vode je osnova za opredelitev suše in njenih parametrov.



Slika 1: Komponente vodnega kroga ključne za razumevanje pojavljanja suše

ODNOSI V VODNEM KROGU

Če zanemarimo geološko časovno merilo, ki sega preko nekaj milijonov ali celo milijarde let, se v globalnem merilu količina vode na Zemlji ne spreminja. V daljših časovnih obdobjih lahko sicer pride tudi do tako imenovane geološko pogojene spremembe količine vode, ki se uskladišči bodisi sprosti iz litosfere. Geološke spremembe vodnega kroga praviloma ne vplivajo na odnos človeka do vode. Ne glede na vplive zunanjih astronomskih dejavnikov in ne glede na globalne vplive človeka, volumen vode na Zemlji skozi daljša časovna obdobja ostaja enak. Zaradi sprememb, ki jih v klimi povzroča človek ali vpliva Sonca, prihaja le do regionalnega in lokalnega prerazporejanja vodnih količin. Tako se na posameznih območjih Zemljine oble volumen razpoložljive vode zmanjšuje, posledično pa se v drugih predelih volumen vode povečuje. Širjenje sušnega območja v enem predelu planeta se odraža v povečevanju vodnatih območij na drugem predelu Zemlje ali pa v naraščanju oziroma zniževanju gladine oceanov. Zaradi tega suša ni nikoli globalen pojav, temveč je vedno pojav, ki je pogojen regionalno ali lokalno. O suši kot o globalnem pojavu ne moremo govoriti.

Odnosi in interakcije med različnimi »rezervoarji« vode na Zemlji so vedno dinamični in podvrženi neprestanim spremembam. Medsebojni odnosi med temi rezervoarji vplivajo na količine in porazdelitev vode znotraj samih rezervoarjev. Vodni krog na Zemlji lahko poenostavimo tako, da opredelimo štiri glavne »rezervoarje« vode, kakor prikazuje blok diagram na skici (slika 1). Vodni krog lahko obravnavamo tudi s konceptom povratne zanke, kjer se spremembe v eni komponenti odražajo tudi v spremembah znotraj drugih komponent, vse dokler se sistem ne uravnoteži do prihoda nove motnje, ki zopet zažene povratno zanko. Količina vode v posameznih »rezervoarjih« se med seboj zelo razlikuje. Največje količine vode na Zemlji so uskladiščene v litosferi, od tega je del vode uskladiščen v tem, kar bi lahko z geološkega vidika opredelili kot kontinente. Voda se v litosferi nahaja tudi pod oceani. Zelo veliko vode je uskladiščeno tudi v oceanih in morjih. Znatno manjše količine vode so prisotne v atmosferi in v biosferi. Slednjo opredelimo kot živi svet, od rastlin, živali in do mikroorganizmov, kjer vsak od njih vsebuje določeno količino vode, saj je ta nujna za zagotavljanje življenja. V biosferi največ vode skladiščijo rastline, in te tudi v največji meri z evapotranspiracijo vplivajo na vodni krog.

Relacije med temi rezervoarji vplivajo tudi na primankljaje vode, ki se lahko pojavljajo znotraj posameznega rezervoarja. Medsebojni vplivi imajo različne časovno odvisne posledice na primankljaj v enem ali v drugem »rezervoarju«. Takšna dolgo časovna odvisnost je razpoložljivost vode v oceanih, primankljaj v njih sproži presežke vode na kontinentih, vendar so to spremembe, ki so tudi dolgoročno za človeka nepomembne.

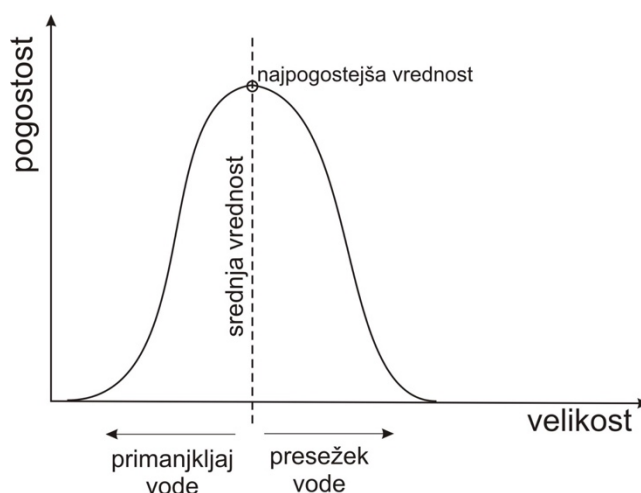
Za razumevanje suše so pomembni odnosi med atmosfersko vodo, biosfero in vodo na kontinentih. Ti medsebojni odnosi in vplivi se odražajo v kratkih časovnih obdobjih. Sprememba dinamike in režima vode v atmosferi vpliva na spremembe vode v biosferi in na kontinentih. Zaradi vloge rastlin, predvsem gozdov pa velja tudi obratno. Če se spremeni porazdelitev vode v biosferi, to vpliva na porazdelitev vode v atmosferi in vodi na kontinentih. Tako ima zmanjšanje evapotranspiracije zaradi zmanjšanja obsega gozda za posledico spremembo odtoka vode na kontinentih in tudi na razpoložljivost vode v atmosferi. Najbolj drastičen vpliv biosfere na vodni krog pa predstavlja človek, ki je prav tako del biosfere. Njegovi posegi v vodni krog so povzročili spremembe v porazdelitvi vode v atmosferi in v vodi na kontinentih, hkrati pa se te spremembe kot posledica delovanja povratne zanke odražajo tudi na njegovem delovanju. Tak vpliv se med drugim odraža tudi v pojavljanju suš različnih oblik.

Iz prikazanih medsebojnih odnosov med rezervoarji izhaja, da je suša, ki je vezana na primankljaj vode, vedno pojav, ki je povezan tudi z drugimi dejavniki v vodnem krogu. To ni nikoli samostojen pojav vezan zgolj na posamezen »rezervoar«.

PORAZDELITEV VODE

Suša nastopi takrat, ko pride do pomanjkanja vode. Pojem pomanjkanja vode ni jasno opredeljen, obravnavamo ga kot pojem, ki je relativen, to je odvisen od okoliščin in namena njegove uporabe.

V kolikor želimo opredeliti primankljaj vode moramo opredeliti tudi presežek vode. Za opredelitev obeh definicij je najprimerneje, če uporabimo pristop, ki izhaja iz statistike in porazdelitvene analize vrednosti. V ta namen najpogosteje uporabljamo histograme. To je praviloma stolpični diagram, s katerim prikažemo, kakšna je pogostost nastopanja posameznih vrednosti ali velikosti. Histogram nam podaja tako imenovano empirično porazdelitev, to je kako pogosto nek pojav v naravi nastopa. Suše in poplave, ki jih opredelimo kot ekstremne hidrometeorološke dogodke določamo na podlagi empiričnih porazdelitev vrednosti posameznih spremenljivk ali skupin spremenljivk. Namesto stolpičev histograma lahko uporabimo tudi črto s katero med seboj povežemo vrednosti posameznih stolpičev. Tak linijski porazdelitveni diagram je prikazan na skici (slika 2), oglejmo si ga podrobneje.

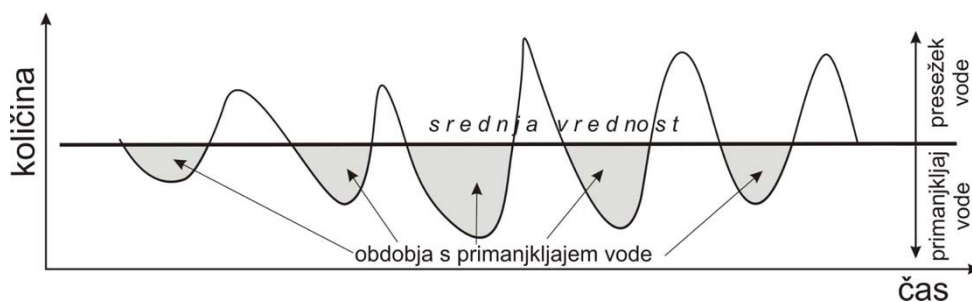


Slika 2: Shematski prikaz porazdelitev količin vode

Porazdelitveni diagram podaja pogostost pojavljanja posameznih vrednosti, za naše potrebe kot vrednosti lahko opredelimo katerokoli hidrometeorološko spremenljivko, kot je na primer višina padavin, pretočna višina, gladina podzemne vode in podobno. V večini empiričnih statističnih porazdelitev lahko določimo najpogostejšo vrednost, to je vrednost, ki se pojavlja najpogosteje. Če gre za simetrično porazdelitev, kot je prikazana na skici (slika 2), je to hkrati tudi srednja vrednost. Če želimo definicijo slednje še posplošiti govorimo o vrednosti na sredini. Za potrebe opredelitve presežka ali primankljaja vode lahko kot kriterij uporabljamo prav vrednost na sredini. Od tod sledita enostavni definiciji

primankljaja in presežka. Kadar so vrednosti manjše od vrednosti na sredini gre za primankljaj, kadar pa nastopajo večje vrednosti gre za nastopanje presežka. Primankljaj je večji, kadar je vrednost nižja ali manjša in presežek je večji takrat, kadar je vrednost večja ali višja. Pojavljanje primankljaja in presežka je vezano tudi na pogostost ali frekvenco. Iz definicije ter iz diagrama empirične porazdelitve izhaja, da se primankljaji in presežki pojavljajo manj pogosto, kot se pojavlja vrednost na sredini. Hkrati pa iz empirične porazdelitve sledi, da večji kot je primankljaj ali presežek, manj pogosto se pojavlja. Z oddaljevanjem od vrednosti na sredini bodisi v smeri primankljaja bodisi v smeri presežka ti postajajo vedno bolj ekstremni. Najbolj ekstremne vrednosti se pojavljajo na koncih empirične porazdelitve, ki jim pravimo tudi repi porazdelitve. V takšnih primerih so primankljaji ali presežki največji. Pojavljanje ekstremnih primankljajev hidrometeoroloških spremenljivk opredelimo kot sušo, pojavljanje ekstremnih presežkov hidrometeoroloških spremenljivk pa opredelimo kot poplavo v najširšem pomenu besede. Seveda se zastavlja vprašanje, kako ekstremen mora biti primankljaj, da gre za sušo in kako ekstremen mora biti presežek, da gre za poplavo.

Zgoraj opisane koncepte lahko dodatno ilustriramo še z diagramom časovne vrste (slika 3). Na sliki je prikazano časovno odvisno spreminjanje neke poljubne količine, ki za potrebe naše analize predstavlja neko poljubno hidrometeorološko spremenljivko. Zaradi naravnih pojavov se količine s časom spreminjajo, nihajo od nizkih do visokih vrednosti. Tako kot v primeru porazdelitvenega diagrama (slika 2) lahko tudi v tem primeru določimo srednjo vrednost ali vrednost na sredi, ki je na diagramu (slika 3) prikazana kot odebeljena črta. Vrednosti hidrometeorološke spremenljivke izražene s količino, ki se nahajajo nad srednjo vrednostjo opredelimo kot presežek vode, vrednosti, ki se mahajajo pod srednjo vrednostjo opredelimo kot primankljaj vode. Čas v katerem so vrednosti spremenljivke nižje od vrednosti na sredi opredelimo kot obdobja s primankljajem vode. Obdobja pa, ko so vrednosti višje od vrednosti na sredi pa opredelimo kot obdobja s presežkom vode.



Slika 3: Prikaz časovno odvisnih količin vode

Te odnose lahko opredelimo tudi nekoliko bolj kvantitativno. Če opredelimo primankljaj kot D , srednjo vrednost kot Q_{sred} in katerokoli vrednost ob času t kot Q_i , potem velja, da imamo s primankljajem vode opraviti takrat, kadar je $D = Q_{\text{sred}} - Q_i < 0$. Seveda nam vrednost $D < 0$ v praksi še ne pomeni tudi suše, saj bi to pomenilo, da se nahajamo v obdobju suše vedno, kadar bi bile vrednosti hidrometeoroloških spremenljivk nekoliko nižje od vrednosti na sredini. Kljub temu pa bi s teoretičnega vidika lahko o suši govorili takrat, kadar pride do primankljaja vode. Velikost tega primankljaja odraža intenziteto suše, čas trajanja obdobja s primankljajem pa trajanje suše.

OPREDELITEV SUŠE

Analiza mednarodne znanstvene in strokovne literature zelo hitro pokaže, da enotne, splošno sprejete definicije suše ni. Še mnogo slabše je s slovensko literaturo. Problematiko ustrezne definicije suše obravnavajo številni avtorji v mednarodni literaturi (npr. Dracup et al., 1980; Wilhite & Glantz, 1985; Mishra & Singh, 2010; Lloyd-Huges, 2014), ki pa se v svojem teoretiziranju, bolj ali manj strinjajo, da je iskanje univerzalne definicije suše nesmiselno. Posamezne definicije suše se med seboj zelo razlikujejo, odvisno od avtorja, njegovega strokovnega in znanstvenega ozadja ter od namena, zakaj in kako se posamezna definicija suše vzpostavlja.

Oglejmo si najprej, kakšne opredelitve ima pojav suše v dostopnem korpusu slovenskega jezika. Število definicij in razlag suše je v iskalniku Fran (Fran, 2017), ki med seboj povezuje različne spletne slovarje in jezikovne priručnike, zelo skopo. Slovar slovenskega knjižnega jezika sušo opredeli kot: »stanje zelo majhne vlage v zemlji zaradi dolgotrajnega pomanjkanja padavin.« Od slovenskih terminoloških slovarjev, ki so dostopni na spletu, sušo opredeljuje le Geografski terminološki slovar, ki jo razume kot

klimatsko geografski termin. Opredeli jo kot: » ... daljše obdobje, ko evapotranspiracija občutno presega padavine, kar lahko povzroči veliko škodo v kmetijstvu, humanitarno katastrofo velikih razsežnosti.«

Nekaj več definicij v povezavi s sušo in sušnostjo navaja hidrološki terminološki slovar, ki ga je pripravil Mikoš s sodelavci (2002). Po definiciji tega slovarja je suša: »Daljše obdobje brez padavin ali izrazito pomanjkanje padavin.« V slovarju se na sušo neposredno in posredno navezujejo še naslednji termini: hidrološka suša, kazalec suše, hidrologija sušnih območij, sušni odtok, sušno leto, sušnost, polsušno območje in sušno območje. Dotaknimo se nekaterih od teh definicij.

Na sušo se posredno nanašata pojma sušnosti ali aridnosti. V skladu z definicijo slovarja je sušnost defininarno na dva načina. Prva definicija se glasi, da so *sušnost* » ... razmere, pri katerih je izhlapevanje vedno večje od padavin«, po drugi definiciji je sušnost » ... lastnost podnebja, v katerem padavine ne zadoščajo ali niso ustrezne za vzdrževanje vegetacije«. Na podlagi tega je možno definirati območje, katerega značilnost je sušnost, pri čemer slovar med seboj loči sušno in polsušno območje. *Polusušno ali semiaridno območje* je kjer » ... v nekaterih letih padavine ne zadostujejo za pridelavo« ali kjer je » ... izhlapevanje pogosto večje od padavin«. *Sušno ali aridno območje* pa je tam kjer je » ... zaradi pomanjkanja padavin za kmetijsko pridelavo potrebno namakanje« ali območje na katerem je » ... povprečno izhlapevanje večje od padavin«. Na pojme sušnosti se navezuje še termin *hidrologija sušnih območij*, ki je po definiciji slovarja » ... hidrologija sušnih ali polsušnih območij, ki poudarja povezavo med vodo in sušnim podnebjem«. Analiza terminologije povezane sušnostjo ali aridnostjo presega namene našega članka. Na tem mestu poudarimo le to, da v slovarju podane definicije niso konsistentne in da so si do neke mere med seboj protislovne. V splošnem velja, da je sušnost klimatska značilnost nekega območja. V nekem daljšem obdobju jo opredelimo kot konstanto, med tem ko se suša lahko pojavlja ne glede na območje, do nje lahko pride tako na sušnih območjih, kot tudi na humidnih območjih, ki so zelo vodnata. Kot takšna je suša časovno spremenljiv pojav. O sušnosti se lahko zainteresirani bralec več pouči v relevantni literaturi (npr. Zarch et al., 2105).

V hidrološkem terminološkem slovarju (Mikoš et al., 2002) se nahajata še dva pojma, ki ju je potrebno omeniti v povezavi s sušo. To je najprej *sušno leto*, ki je » ... leto, v katerem je padavin opazno manj ali v katerem je pretok voda opazno manjši kot ponavadi«. In *sušni ali bazni odtok*, ki predstavlja » ... del pretoka vode, ki doteka v strugo v daljših obdobjih brez padavin ali brez taljenja snežne odeje, torej predvsem posledica izcejanja podzemnih voda ali tudi iztoka iz jezer ali taljenja ledenikov.« Slednji termin se ne navezuje neposredno na sušo, saj lahko do baznega toka prihaja tudi takrat, ko imamo opravka s povsem običajnim vodnim stanjem.

Sušnikova (2006) je na podlagi literarnega pregleda obdelala večje število definicij suše, vendar se do nje ni podrobneje opredelila. Tudi kasneje, ko je pripravila do sedaj najbolj poglobljeno znanstveno analizo pojavljanja in značilnosti suš na območju Slovenije (Sušnik, 2014) se njeni podrobnejši definiciji ne posveča podrobneje. Definicijo suše povzame po Sheffield in Woodu (2008): »Suša je opredeljena kot meteorološki dogodek, ki temelji na pomanjkanju padavin v nekem obdobju. Pojavlja se kot rezultat podnebnih izrednih dogodkov, ki so povzročeni z naravno spremenljivostjo, poslabšujejo pa jih tudi antropogeni vplivi.« V svojem delu se Sušnikova (2014) eksplicitno opredeli le do kmetijske suše.

Oglejmo si nekatere mednarodne definicije suš. Pregled teh definicij podajamo na podlagi preglednih člankov, v katerih najde zainteresirani bralec tudi večji nabor relevantnih referenc. Mishra in Sing (2010) navajata pregled definicij suše na podlagi obsežnega pregleda literature, njun pregled navajamo tudi v nadaljevanju. Svetovna meteorološka organizacija (WMO) opredeli sušo kot »daljšo odsotnost ali izrazito pomanjkanje padavin« ali »obdobje nenormalno suhega vremena, ki traja dovolj dolgo, da pomanjkanje padavin povzroči hidrološko neravnotežje.« Konvencija združenih narodov za boj proti suši in dezertifikaciji opredeljuje sušo kot »naravni pojav do katerega pride, ko so padavine značilno nižje od normalnih pogojev zabeleženih z meritvami, kar povzroča hidrološko neravnotežje, kar vpliva na produkcijske procese nekega območja« Mednarodna organizacija za hrano (FAO) opredeljuje sušo kot naravno nesrečo pri kateri »v določenem deležu let rastline zaradi pomanjkanja vlage propadejo«. V Enciklopediji klime in vremena sušo opredeljujejo kot »daljše obdobje – sezono, leto ali več let – ko je prisoten primankljaj padavin glede na dolgoletno obdobje na nekem območju«. Velja si ogledati še nekoliko bolj kompleksno definicijo suše, ki jo je podal eden pomembnejših starejših raziskovalcev suše Palmer (1965 v Lloyd-Huges, 2014). Suša je »časovno obdobje, v splošnem dolgo mesece ali leta, med katerim je dotok vlage na nekem območju mnogo manjši, kot je pričakovano s stališča klime ali kot je pričakovano s stališča dotoka vlage glede na klimo«.

Ne glede na odprtost in svojevrstno nedoločenost vseh navednih definicij lahko ugotovimo, da ustrežnejše definicije suše ne temeljijo le na opisu porazdelitve padavin v času in prostoru in njihovem pomanjkanju, ampak upoštevajo tudi vplive in posledice v celotnem vodnem krogu.

Pri opredeljevanju kompleksnih pojavov, med katere sodijo tudi suše, moramo vedno težiti k temu, da opredelimo definicije tako, da nas te vodijo od splošnih k natančnejšim opredelitvam. Zaradi tega potrebujemo splošno definicijo suše kot pojava, nato pa podrobnejše definicije posameznih vrst suš ali podvrst suše. Predlagamo, da se kot najbolj splošno in tudi nevtralnno definicijo suše upošteva definicijo Sheffielda in Wooda (2011), ki sušo definirata kot »obdobje deficita vode glede na normalne pogoje«.

VRSTE SUŠ

Iz zelo raznolikih definicij suše lahko sklepamo, da je s posameznimi definicijami možno zajeti različne vidike suše, ponuja pa se tudi premislek, da obstajajo različne vrste suš, ki jih je potrebno opredeliti z različnimi definicijami. Morda bi lahko v tem kontekstu govorili tudi o suši in njenih podvrstah. Ne glede na različno zasnovane definicije suše in različne vrste suš lahko te definicije razdelimo v več skupin, vendar se tudi v klasifikaciji različnih definicij in različnih vrst suš literatura med seboj razlikuje. Wilhite in Glantz (1985) definicije suš razdelita v dve veliki skupini; prvo skupino predstavljajo konceptualne definicije in drugo skupino predstavljajo operativne definicije. Konceptualne definicije so po nujnem mnenju tiste, ki opredeljujejo splošne značilnosti suše in so namenjen opredeljevanju pojava na način, da ga lahko ločimo od drugih pojavov. Operativne definicije suše so namenjen ukrepom in sprejemanjem odločitev v zvezi s tem pojavom. Postavljene so tako, da omogočajo identifikacijo začetka, jakosti in trajanja suše. Nekatere od teh definicij vključujejo tudi vplive in posledice suš. Takšne definicije se uporabljajo tudi z namenom analize frekvence, jakosti in trajanja zgodovinskih suš.

Za potrebe naše razprave smo vzpostavili nekoliko drugačno klasifikacijo različnih definicij suš. Definicije suš v grobem razdelimo v dve veliki skupini. V prvi skupini so fenomenološke definicije suš; te opredeljujejo sušo na podlagi značilnosti pojava s stališča njegovih naravnih danosti. Te vrste definicij bi lahko opredelili tudi kot naravoslovne definicije suš. V drugo skupino sodijo definicije, ki opredeljujejo vplive na človeka in na njegovo delovanje. Te vrste definicij bi lahko poimenovali tudi kot antropogeno pogojene definicije suš. Obe skupini lahko še nadalje razdelimo na podskupine.

Fenomenološke definicije suše razdelimo na:

1. Meteorološko sušo
 - 1.1. Padavinska suša
 - 1.2. Evapotranspiracijska suša
 - 1.3. Kombinirana meteorološka suša
2. Hidrološko sušo
 - 2.1. Suša tal
 - 2.2. Suša površinskih vod
 - 2.3. Suša podzemnih vod

Antropogeno pogojene definicije suš razdelimo na:

1. Kmetijsko sušo
2. Vodnogospodarsko sušo
3. Socio-ekonomsko sušo

Fenomenološke definicije suše so opredeljene s konceptualnimi definicijami, kakor sta jih določila Wilhite in Glantz (1985). *Meteorološka suša* je v literaturi in praksi najpogosteje opredeljena suša, ki jo je možno tudi najlažje in najbolj neposredno opredeliti. Parametri s katerimi se jo določa, so standardni meteorološki parametri ali njihova kombinacija. Meteorološka suša je praviloma sinonim za padavinsko sušo. *Padavinska suša* je definirana je kot pomanjkanje padavin na nekem območju v določenem časovnem obdobju. Padavinska suša je med vsem sušami tudi najbolj natančno raziskan pojav. Ker zgolj padavine ne odražajo pravih vidikov suše, so nekateri raziskovalci vpeljali tudi druge vidike meteoroloških suš. Večina teh novejših metod temelji na izračunu evaporacije, transpiracije ali na njihovih kombinacijah, ki jih skupaj opredelimo kot evapotranspiracijo. Zato lahko govorimo o *evapotranspiracijski suši*. Za zasledovanje trendov v časovnem in prostorskem razvoju suš je evapotranspiracija primernejša in občutljivejša, ker metode za njen izračun praviloma vključujejo tako

padavine, kot tudi temperaturo zraka, ki je ključni klimatski dejavnik. Kot takšna je evapotranspiracijska suša tudi kombinirana meteorološka suša. *Kombinirano meteorološko sušo* opredelimo na podlagi kombinacije meteoroloških parametrov in spremenljivk, ki vplivajo na porazdelitev vode v atmosferi. To vrsto suš določamo s pomočjo kazalcev suš, ki temeljijo na kombinaciji prav teh različnih meteoroloških parametrov.

Drugo veliko skupino fenomenoloških suš predstavlja *hidrološka suša*. Čeprav bi pri hidrološki suši lahko *sui generis* govorili o primankljaju vode v katerem koli delu vodnega kroga, tudi v atmosferi, se kot hidrološke suše obravnavajo suše do katerih prihaja v vodnih telesih, najpogosteje v površinskih vodnih telesih. Slovensko definicijo hidrološke suše podaja hidrološki slovar (Mikoš et al., 2002). Ta nastopi, ko je »Dovolj dolgo obdobje nenormalno suhega vremena, da povzroči povečano pomanjkanje vode, kar kažejo podpovprečni pretoki, podpovprečno znižanje gladin jezer in/ali znižanje vlage v tleh ter znižanje gladine podtalnice.« Na podoben način je hidrološko sušo definirala tudi Koboldova (2004) »Hidrološka suša je povezana z vodnimi viri in zalogami vode v tleh. Z izrazom hidrološka suša zaznamujemo dolgotrajen proces obdobjnega pomanjkanja padavin (vključno s snegom) za napajanje površinskih in podzemnih voda. Odraža se v manjših pretokih rek in dotokih v akumulacije in jezera ter v nižjih gladinah podzemnih vod.« Večina definicij hidroloških suš so v svojem jedru operativne definicije v smislu, kakor jih podajata Wilhite in Glantz (1985) in jih lahko razumemo kot opredelitev vodnogospodarske suše. Za opredelitev hidrološke suše lahko uporabimo analogijo s splošno definicijo suše, kakor sta jo podala Sheffield in Wood (2011). *Hidrološka suša* je obdobje deficita vode v vodnem telesu glede na normalne pogoje. Na podlagi tega lahko definiramo *sušo površinskih vod* kot obdobje deficita vode v vodotoku ali skupini vodotokov glede na normalne pogoje. In na podoben način tudi *sušo podzemnih vod*, ki jo opredelimo kot obdobje deficita vode v vodonosniku ali skupini vodonosnikov glede na normalne pogoje. Tudi *sušo tal* lahko definiramo enako, vendar slednjo običajno definiramo nekoliko drugače. Vzrok leži v pomenu tal za kmetijsko proizvodnjo. Tako prisotnost vode v tleh praviloma opredeljujemo z značilnimi parametri. Tak primer je točka venenja, ki podaja prisotnost vode pri volumski vsebnosti, ki jo rastlinske korenine z vlekrom ne morejo več doseči. Ne glede na podobnost definicij pa se je potrebno zavedati, da se značilnosti pojavljanje posameznih podvrst hidroloških suš med seboj zelo razlikujejo.

Med antropogeno pogojenimi definicijami suše je gotovo najpomembnejša in najpogosteje preučevana kmetijska suša. *Kmetijska suša* je določena kot obdobje, ko zaradi pomanjkanja vode pride do propadanja gospodarskih rastlin. Vendar pa so vplivi na rastline zelo različni. Čeprav je dostopnost vode v tleh prevladujoč dejavnik, pa kmetijska suša ni vezana le na ta dejavnik. Zahteve rastlin po vodi so odvisne tudi od prevladujočih vremenskih pogojev, bioloških značilnosti posamezne rastline, stopnje rasti v kateri se nahaja ter od fizikalnih in bioloških lastnosti tal. (Mishra & Singh, 2010)

Vodnogospodarsko sušo opredelimo kot obdobje v katerem je zaradi hidrološke suše prišlo do gospodarske škode v najširšem pomenu besede. To vrsto suše bi lahko opredelili tudi na način kot je opredeljena v literaturi hidrološka suša; kot » ... obdobje z nezadostnimi površinskimi ali podzemnimi vodnimi viri za že vzpostavljeno rabo vode v danih vodnih virih pri že vzpostavljeni upravljalški praksi« (Mishra & Singh, 2010). Iz zapisanega vidimo, da takšna definicija ni primerna, saj gre bolj za operativno definicijo, katere značilnosti podajata Wilhite in Glantz (1985), kot pa za konceptualno in fenomenološko definicijo na kateri bi morala temeljiti opredelitev hidrološke suše.

Avtorji socio-ekonomsko sušo praviloma opredeljujejo na podoben način, kot smo zgoraj opredelili vodnogospodarsko sušo. To je v veliki meri vezano na to, kako razumemo in opredeljujemo vodne vire. Vendar v vsakdanji praksi vode v tleh praviloma ne opredeljujemo kot vodni vir. Kot sledenje opredeljujemo predvsem vodo v vodnih telesih. Tako bi bilo po analogiji z definicijo suše Sheffielda in Wooda (2011) socio-ekonomsko sušo definirati kot tisto obdobje deficita vode glede na normalne pogoje zaradi katerega pride do ekonomske škode. Tako je naša definicija socio-ekonomske suše krovna definicija, ki vsebuje tako definicijo kmetijske suše, kot tudi definicijo vodnogospodarske suše.

PARAMETRI SUŠE

Če sušo obravnavamo kot naravni pojav ali kot pojav, ki predstavlja kombinacijo naravnih in antropogeno pogojenih dejavnikov, moramo opredeliti tudi njene parametre, to je kvantitativne kazalce s katerimi jo opredelimo. Uporaba kvantitativnih kazalcev je pomembna že zaradi, tega da lahko odgovorimo na vprašanje, ali je do suše prišlo, ali ne. Jasno opredeljeni parametri suše so pomembni tako s stališča ugotavljanja posledic suše, kot tudi s stališča določanja ukrepov proti suši. Za razliko od poplav, ki podajajo pojavljanje presežka vode, pa primankljaja vode ni mogoče tako enoznačno opredeliti. Začetek nastopanja poplave opredelimo s preseganjem kritične višine poplavne vode.

Parametrov suše ni mogoče določiti na takšen način, določim jih lahko le z neko ravno zaupanja in negotovosti. Natančnih definicij suše ni mogoče podati tudi zaradi tega ne, ker je suša pojav, ki je odvisen od številnih spremenljivk in ne le ene same, medsebojna odvisnost teh spremenljivk pa se s časom spreminja in pogosto vseh spremenljivk suše niti ne poznamo.

Parametri, ki opredeljujejo sušo so: začetek suše, konec suše, trajanje suše, intenziteta suše in pogostost ali frekvenca suše. To so parametri, ki določajo časovne komponente suše. Parametre obseg suše in hitrost širjenja suše ali propagacijo suše opredelimo kot geografske parametre suše. *Začetek suše* je čas, ko se suša prične pojavljati, *konec suše* je čas, ko suša preneha. *Trajanje suše* je časovni interval, ki preteče med začetkom in koncem suše. *Pogostost suše* ali njena frekvenca pove kako pogosto se suša pojavlja v nekem časovnem obdobju. Podobno kot pri poplavih lahko za ta namen tudi pri sušah uporabljamo koncept povratne dobe (npr. določamo pojavljanje suš s povratno dobo 100 let). *Intenziteta suše* podaja »moč« suše. V laičnem jeziku bi lahko zapisali, da ta parameter opredeljuje, kako huda je suša. Pri tem pa naletimo na težavo, na kakšen način opredeliti in kvantificirati »moč« suše. *Obseg suše* opredelimo kot prostor ali območje, ki ga je prizadela suša. *Hitrost širjenja suše* ali *propagacijo suše* opredelimo kot hitrost s katero se suša širi ali premika po območju na katerem se pojavlja.

Parametri začetek, konec, trajanje, intenziteta in pogostost so splošni parametri s katerimi lahko opisujemo kateri koli dinamični pojav, ki je časovno odvisen. Opredelimo jih kot parametre dinamičnega procesa. Narava teh parametrov izvira iz procesne in genetske narave procesa, ki ga opisujemo z njimi. Toda pri njihovem kvantitativnem opredeljevanju nastopijo težave, ki niso vezane na to, da so ti parametri pomanjkljivo opredeljeni sami po sebi, temveč v tem, da se skriva problem v nadredno definiranim procesu, to je procesu suše, ki ga opisujejo. Ker suša ni neposredno merljiva, in je kot pojav odvisna od definicije, njena pojavnost ne izvira iz narave procesa, temveč iz razumevanja procesa oziroma neposredno iz definicije tega procesa. In čeprav so parametri dinamičnega procesa samoumevni, jih ni mogoče določati objektivno, ampak le iz definicije, ki opredeljuje sušo. Iz tega sledi, da so ti parametri vedno določeni le posredno ter kot takšni podvrženi velikim negotovostim.

Oglejmo si negotovost določanja parametrov suše na podlagi določitve začetka suše. Za sušo je značilno, da o njenem začetku ne moremo govoriti takrat ko se začne, temveč šele kasneje. Ko prenehajo padavine je to normalno obdobje, ki je vezano na vsakdanje pojavljanje padavin, toda šele čez čas, ko se število sušnih dni nadaljuje in nadaljuje ter se ne konča, lahko rečemo, kdaj se je suša pravzaprav pričela, ko je bilo konec predhodnega padavinskega obdobja. Iz tega sledi, da lahko o začetku suše govorimo šele, takrat, ko smo že sredi suše. Začetek suše lahko rekonstruiramo le za nazaj. Zelo podobno je tudi s koncem suše, ki se ne prične s prvim dnem padavin po intenzivnem obdobju brez padavin, ampak šele takrat, ko neposrednih posledic suše ni več. Še na večje težave naletimo, ko želimo določiti intenziteto suše.

KAZALCI SUŠ

Natančne opredelitve parametrov suš je možno podati le na podlagi kazalcev ali indikatorjev suš. V literaturi zasledimo izredno veliko različnih indikatorjev, zaradi pomankljivosti že vzpostavljenih indikatorjev, pa se pojavljajo vedno novi. Na podlagi tega lahko sklepamo, da univerzalnega indikatorja suše ni, tako kot ni univerzalne definicije suše. V prispevku želimo predvsem opozoriti na obstoj indikatorjev suše ter na njihove osnovne značilnosti. Zainteresirani bralec se lahko s pregledi kazalcev suš seznanja v angleški znanstveni literaturi (npr. Quiring, 2009; Bachmair et al., 2016; Parry et al., 2016).

Kazalec suše lahko opredelimo kot kateri koli parameter, ki določa ali je suša prisotna ali ne. V Hidrološkem izrazju (Mikoš et al., 2002) je kazalec suše opredeljen nekoliko bolj kompleksno. To je: »Izračunana količina, vezana na nekatere kumulativne posledice daljšega in nenormalnega pomanjkanja vlage. Kazalec hidrološke suše ustreza podpovprečnim gladinam vode v vodotokih, jezerih, zbiralnikih ipd. V kmetijstvu se mora povezati s skupnimi posledicami absolutnega ali nenormalnega pomanjkanja vode za transpiracijo.« Kazalec suše praviloma temelji na »preoblikovanju« izhodiščne spremenljivke, le redko pa sama spremenljivka že predstavlja kazalec. To »preoblikovanje« se praviloma izvede s pomočjo matematičnega modela, ki je bodisi statistično – verjetnostni ali pa gre le za preprosto deterministično enačbo.

Kazalce suše razdelimo v tri velike skupine, ki so opredeljene glede na to, koliko spremenljivk je potrebno vključiti vanje, da dobimo indikatorske vrednosti. To so:

- a. Univariatni kazalci
- b. Polivariatni kazalci
- c. Kombinirani kazalci

Univariatni kazalci suše so tisti, ki temeljijo le na eni spremenljivki. Ta spremenljivka je najpogosteje višina padavin. Pogosti so tudi kazalci, ki izhajajo iz podatkov o pretokih, zračni temperaturi ali iz evaporacije oziroma evapotranspiracije. Čeprav gre pri slednjih dveh spremenljivkah za merilo posameznega pojava, pa so to na nek način že polivariatni kazalci, saj se spremenljivke vezane na evaporacijo in transpiracijo praviloma izračunavajo in ne merijo, za njihov izračun pa potrebujemo številne druge neodvisne meteorološke spremenljivke, kot so temperatura zraka, sončno obsevanje, hitrost vetra in podobno. Najpogosteje uporabljen univariatni kazalec suše, ki temelji na padavinah je Standardizirani indeks padavin – SPI (McKee et al., 1993; 1995, Brenčič, 2016). *Polivariatni kazalci* temeljijo na dveh ali več spremenljivkah. Pri teh kazalcih za izračun uporabimo več različnih spremenljivk, ki izhajajo neposredno iz meritev. *Kombinirani kazalci* predstavljajo kombinacijo dveh drugih kazalcev. Vzrok v uporabi takšnih kazalcev leži v dejstvu, da zlasti univariatni kazalci odražajo le posamezen vidik suše, v kolikor pa želimo sušo osvetliti iz različnih koncev potrebujemo različne kazalce. Med takšne kazalce bi lahko uvrstili kazalec vegetacijskih pogojev (angl. Vegetation Condition Index).

SKLEP

Suša ni enoten pojav, temveč dogodek ali niz različnih dogodkov, ki so povezani s pomanjkanjem vode. Do suše pride v vzročno posledični verigi, katere začetek je praviloma v pomanjkanju padavin, ki se nato prenese v pomanjkanje vode v tla, nato v vodotoke in v vodonosnike. V tej verigi zaradi velike človekove odvisnosti od vode pride tudi do posledic v številnih dejavnostih, ki so odvisne od vode. Čeprav je suša razumljena kot naravni pojav, pa je hkrati tudi kompleksen družben pojav. Z izivi, ki so povezani s sušo, se tudi v Sloveniji vse pogosteje soočamo. Ne glede na to, pa vzrokov za nastanek suše, njenih značilnosti in posledic ne poznamo dovolj dobro. Poznamo in ukvarjamo se predvsem s kmetijsko sušo, ostale suše pa v veliki meri zanemarjamo in so zaradi tega zelo slabo raziskane in razumljene. K problematiki suše je potrebno v Sloveniji pristopiti širše, kot je bil to primer do sedaj, le na ta način bomo bolj obvladovali tudi kmetijsko sušo, ki je praviloma najbolj izpostavljena. K temu širšemu pristopu sodijo tudi teoretični premisleki, ki smo jih predstavili v članku.

VIRI IN LITERATURA

- Bachmair, S., Stahl, K., Collins, K., Hannaford, J., Acreman, M., Svoboda, M., Knutson, C., Helm Smith, K., Wall, N., Fuchs B., Crossman, N.D., Overton, I.C., 2016: Drought indicators revisited: the need for a wider consideration of environment and society. *WIREs Water* 2016, 3:516-536.
- Brenčič, M., 2016: Extreme historical droughts in Southeastern Alps - Analyses based on Standardized Precipitation Index. *Acta Geophysica* 64 (5), 1731-1754.
- Dracup, J. A., K. S. Lee, and E. G. Paulson. 1980: On the definition of droughts. *Water Resources Research* 16 (2), 297-302.
- Fran, 2017: Slovarji Inštituta za slovenski jezik Frana Ramovša ZRC SAZU, 2014–, različica 3.0, www.fran.si, dostop 09.11.2017.
- Lloyd-Huges, B., 2014: The impracticality of a universal drought definition. *Theoretical and Applied Climatology* 117, 607-611.
- McKee, T.B., N.J. Doesken, and J. Kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: Eight Conference on Applied Climatology. Anaheim, California.
- McKee, T.B., N.J. Doesken, and J. Kleist. 1995. Drought monitoring with multiple time scales. In 9th AMS Conference on Applied Climatology. Dallas, Texas: American Meteorological Society.
- Mikoš, M., Kranjc, A., Matičič, B., Müller, J., Rakovec, J., Roš, M., Brilly, M., 2002: Hidrološko izrazje. *Acta hydrotechnica* 20 (32), 3-324.
- Mishra, A. K., and V. P. Singh. 2010: A review of drought concepts. *Journal of Hydrology* 391 (1-2), 204-216.
- Palmer, W.C., 1965: Meteorological drought. Research paper no. 45, US Weather Bureau, Washington, 58 pp.
- Parry, S., Prudhomme, C., Wilby, R.L., Wood, P.J., 2016: Drought termination: Concept and characterisation. *Progress in Physical Geography* 40 (6), 743-767.
- Quiring, S.M., 2009: Monitoring drought: An evaluation of meteorological drought indices. *Geography Compass* 3 (1), 64-88.
- Sheffield J., and Wood E.F. 2008: Global trends and variability in soil moisture and drought characteristics, 1950–2000, from observation-driven simulations of the terrestrial hydrologic cycle. *Journal of Climate*, 21 (3), 432–458.
- Sheffield J., and Wood E.F. 2011: Drought: past problems and future scenarios. Earthscan, 210 pp.
- Sušnik, A., 2006: Vodni primankljaj v Sloveniji in možni vplivi podnebnih sprememb. Univerza v Ljubljani, Biotehnična fakulteta, Magisterska naloga, 147 str.
- Sušnik, A., 2014: Zasnove kazalcev spremljanja suše na kmetijskih površinah. Univerza v Ljubljani, Biotehnična fakulteta, Doktorska disertacija, 256 str.
- Zarch, M.A.A., Sivakumar, B., Sharma, A., 2015: Assessment of global aridity change. *Journal of Hydrology* 520, 300-313.
- Wilhite, D.A., and M.H. Glantz. 1985. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International* 10, 111-120.