

UDK : 551.577.38

## MODELIRANJE SUŠE

Mladen Milanović<sup>1</sup>, Milan Gocić<sup>2</sup>, Slaviša Trajković<sup>3</sup>

**Rezime:** Suša izaziva mnoge negativne posledice na životnu sredinu i na društvo. Ove posledice su dovele do novog shvatanja suše, odnosno do neophodnosti zajedničkog života sa sušom i njenim aktivnim upravljanjem.

Pokazalo se da individualne mere protiv suše, koje se primenjuju nezavisno i nesistematski ne mogu da daju značajne rezultate. Kao posledica ovoga javlja se modeliranje suše kao glavni instrument za ublažavanje efekata suše. U radu su prikazane komponente modela suše. Upravljanje sušom, kao jedna od komponenti pri modeliranju suše, je posebno istaknuta i posmatrana je kroz dva sektora: upravljanje krizom i rizikom. Posebno je naglašena uloga upravljanja rizikom suše, kako bi se povećala pripravnost na sušu i efikasno ublažile posledica suše.

**Ključne reči:** suša, modeliranje suše, upravljanje sušom.

## DROUGHT MODELING

**Abstract:** Drought causes many negative effects to the environment and society. These effects led to new understanding of drought, that is, the indispensability of common living with drought and its active management.

It has been shown that individual measures against the drought, applied independently and non-systematically cannot give significant results. As the consequence of this, there is drought modeling, as a main instrument for mitigation of drought effects. The paper shows the drought model components. Drought management, as one of the components in drought modeling, is particularly notable and it is viewed through two sectors: crisis and risk management. The role of drought risk management is particularly outlined, in order to increase the drought readiness and efficiently mitigation of the drought effects.

**Keywords:** drought, drought modeling, drought management.

<sup>1</sup> master inž. Mladen Milanović, mmsmladen@gmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

<sup>2</sup> dr Milan Gocić, mgocic@yahoo.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

<sup>3</sup> dr Slaviša Trajković, slavisa@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

## 1. UVOD

Suša nastaje isključivo usled prirodnih faktora, a osnovu svake vrste suše čini nadostatak padavina odnosno dugotrajno negativno odstupanje količine padavina od normale [5]. Kako je voda sastavni deo života i proizvodnje robe, njen nedostatak može da izazove veliku ranjivost na sušu.

Bryant (2005.) je rangirao prirodne katastrofe na osnovu bitnih karakteristika kao što su jačina, trajanje, prostorna raširenost, gubitak u ljudstvu, štete u ekonomiji i dugotrajnost uticaja, i zaključio je da suše zauzimaju vodeće mesto među svim prirodnim hazardima [6]. Suša ima uticaj na ekonomsku, socijalnu i ekološku sferu društva a naročito je izražena u poljoprivredi.

Ranije je uticaj suše najviše bio vezan za poljoprivrednu proizvodnju dok se u sadašnje vreme uticaj suše prostire i na druge sektore kao što je energija, transport, turizam, vodovod i kvalitet vode, uključujući životnu sredinu i socioekonomske odnose. Uticaj suše je postao složeniji, pri čemu niz faktora u ekonomskim, društvenim i prirodnim sferama povećava rizik od suša a to je trend koji će se nastaviti.

Borba protiv suše, generalno gledano, bila je reaktivna, neblagovremena i loše koordinirana. Zbog takvog načina borbe javile su se velike štete nastale usled dejstva suša širom sveta [12]. Uobičajena praksa, kada je već došlo do katastrofe, bila je osnivanje kriznih štabova ali ovakav pristup borbi daje samo trenutne rezultate i ne utiče na smanjenje ranjivosti društva na sušu.

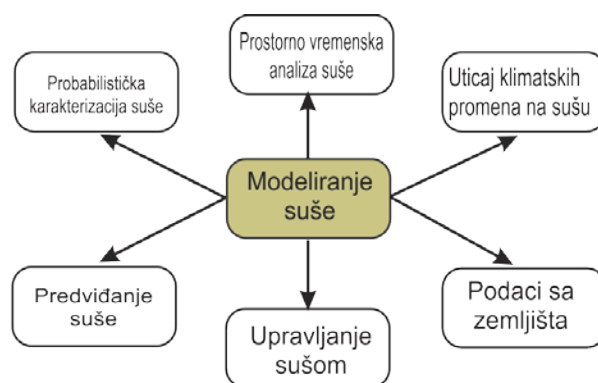
Mnogi autori bavili su se organizovanjem modela za analizu suše [1,2, 7-10]. U radu [7] dat je vodič za identifikaciju akcija koje treba preduzeti kako bi se smanjio potencijalni štetni uticaj suše pre same pojave. Nov pristup planiranju i upravljanju u vanrednim situacijama za vreme perioda kada nije došlo do pojave suše predložili su Vogel i ostali (1999.) [8]. Prema njihovom planu za vanredne situacije glavne akcije su usmerene ka upravljanju rizikom. Kada dođe do pojave suše svaka aktivnost treba da poveća svoje kapacitete da bi se uspešno odgovorilo na događaj.

Wilhite i ostali (2000.) prikazali su sveobuhvatni ciklus upravljanja vanrednim situacijama. Jedan ovakav sistem može se primeniti i za šemu upravljanja sušom.

U ovom radu su prikazne komponente modela suše. Posebna pažnja je usmerena ka upravljanju rizikom od suše.

## 2. KOMPONENTE MODELA SUŠE

Kako suša ima uticaj u svim sferama društva, veliki problem predstavlja njeno potpuno razumevanje i sagledavanje. Iz ovog razloga model suša treba da obuhvati sve njene aspekte i uticaje. Mishra and Singh (2011.) su predložili jednu od sveobuhvatnijih šema modeliranja suše sa njenim komponentama, slika 1[1].



Slika 1 – Komponente modeliranja suše

**Predviđanje suše** igra ključnu komponentu u borbi sa sušom. Takođe igra glavnu ulogu u upravljanju rizikom, stavljanju u pripravnost područja na kojem se očekuje pojava suše i u ublažavanju dejstva suše. Prilikom modeliranja suše predviđanje ima veliki značaj pri identifikaciji, definisanju trajanja i jačine suše. Bitni parametri u modelu predviđanja su početak i kraj suše. Suša je prirodna nepogoda koja se javlja polako i neprimetno, što otežava određivanje početka a s druge strane uticaj suše može da traje veoma dugo, često i godinama, nakon formalnog prestanka nepogode.

U zavisnosti od načina uticaja i područja na koje suša utiče, odnosno tipa suše (meteorološka, hidrološka, poljoprivredna ili socio-ekonomska) koriste se razni elementi kao što su padavine, protok i nivo površinskih i podzemnih voda, vlažnost zemljišta i temperatura za definisanje indeka suše pomoću kojih se određuju intenzitet, trajanje i prostorna raširenost [2].

**Probabilistička karakterizacija suše** predstavlja značajnu komponentu pri izradi modela pre svega zbog velike složenosti prirode suše, kao i kvantitativne neodređenosti hidro-meteorološki promenljivih veličina koje prouzrokuju sušu. Stohastički pristup pri izradi modela se koristi za potrebe prognoziranja gde se određuje funkcionalna

struktura između vremenskih promenljivih kako bi se buduće tendencije pojave mogle predvideti.

Razne probabilističke analize se rade kako bi se okarakterisali različiti aspekti suše koji obuhvataju [1]:

- procenu povratnih perioda za parametre suše,
- bivarijantnu analizu suše koja utvrđuje kako promena jedne promenljive utiče na drugu,
- multivarijantnu analizu suša pomoću kopula koja sadrže više od dva parametra suše i
- prostorno-vremenske analize suša.

**Prostorno vremenska analiza suše** je bitna jer uticaj suše zavisi od intenziteta, frkvencije, trajanja i prostorne raširenosti, odnosno parametara koji su definisani u prostoru i vremenu. Prostorna analiza klasifikuje region na osnovu različitih pragova intenziteta suše i daje informacije od bitnog značaja za dugoročno upravljanje vodnim resursima. Korišćenjem indeksa suše za razne periode (1, 3, ili 6 meseci) uz pomoć geostatističkih modela moguće je dobiti prostornu analizu suše u raznim vremenskom jedinicama. Prostorno vremenskom analizom suše dobijaju se podloge za potrebe analize i procene rizika suše u cilju ublažavanja neželjenih posledica.

**Uticaj klimatskih promena na sušu** je važan jer promene utiču na globalni hidrološki ciklus od koga zavisi prostorno-vremenska varijabilnost padavina. Na osnovu podataka o padavinama koristeći indekse suša moguće je proučavanje budućih scenarija suše.

Na osnovu posmatranih promena temperatura za period od 157 godina IPCC (2007.) je ustanovio da je došlo do povećanja temperature na površini Zemlje [3]. Pri čemu treba naglasiti da su se 11 najtoplijih godina desile u poslednjih 12 godina. Takođe IPCC (2012.) je prema procenama regionalnih promena klime zaključio da pored daljeg trenda porasta temperature vazduha i isparavanja, u narednom periodu se očekuje dalje smanjenje broja dana sa snegom i snežnim pokrivačem, zatim smanjenje padavina u toploj polovini godine praćeno smanjenjem oticaja, vlažnosti zemljišta i raspoloživosti vodnih resursa [4].

**Podaci sa zemljišta** – praćenjem vlažnosti zemljišta može se pouzdano proceniti prostorna i vremenska varijacija suše. Najbolji sistem za procenu globalne vlažnosti zemljišta se sastoji od podataka dobijenih sa senzora na terenu (in situ) i satelitskih posmatranja.

**Upravljanje sušom** je jedna od komponenti modela suše. Za razliku od ostalih komponenti modela suše, upravljanje predstavlja izlaznu komponentu iz modela kojom se definišu strategije za

ublažavanje posledica suša. Pored samih strategija upravljanje obuhvata i kompletnu organizacionu strukturu, u uzavisnosti na kom nivou se posmatra, koja se bavi borbom protiv suše.

## 2.1. CIKLUSI UPRAVLJANJA SUŠOM

U prošlosti se dešavalo da društvo prelazi iz jedne katastrofe u drugu sa uglavnom malim smanjenjem rizika od budućih katastrofa. Malo pažnje posvećeno je aktivnostima u periodu kada se katastrofa nije ni dogodila. Na slici 2 data je šema upravljanja vanrednim situacijama. Celokupne mere za upravljanje vanrednim situacijama se mogu podeliti na dva ciklusa i to upravljanje rizikom i upravljanje krizom. Sve komponente ciklusa predstavljaju sveobuhvatan plan ublažavanja posledica suše, pri čemu je naglašena važnost onih aktivnosti koje treba sprovesti pre pojave same suše [9].

Posebna pažnja posvećena je upravljanju rizikom, odnosno predviđanju i ranom upozorenju, jačanju otpornosti i poboljšanju pripremljenosti na sušu i ublažavanju njenog uticaja.



Slika 2 – Ciklusi upravljanja katastrofom

Wilhite i ostali (2000.) su definisali rizik kao odnos suše i ranjivosti [9]:

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

Procena ranjivosti na sušu se određuje na osnovu padavina, trajanja osunčanosti, nagiba terena, zemljišnog pokrivača i načina korišćenja zemljišta i pedološkog tipa zemljišta. Analiza i praćenje trendova navedenih parametara predstavlja važan deo pri planiranju suše i kod definisanja strategije ublažavanja posledica.

Suša je regionalna pojava pa i sistem ranog upozorenja mora biti usklađen sa nacionalnim sistemima unutar regiona radi dostavljanja tačnih i pouzdanih upozorenja. Sistemom ranog upozorenja

se sistematski prikupljaju i analiziraju relevantne informacije o predstojećoj suši da bi se pripremili i razvili strateški odgovori a takođe i da se, u zavisnosti od karakteristika očekivane suše, ostvari komunikacija između bitnih aktera kod donošenja odluka. Rano upozorenje mora da bude neprekidni operativni servis kako u toku suše tako i u periodu kada iste nema [10].

Da bi se ublažila ranjivost i blagovremeno izvršila pripremljenost na sušu potrebno je preduzeti čitav niz preventivnih dugoročnih i kratkoročnih mera [11]. Potrebno je odrediti regionalni raspored zona koje su najugroženije sušom kako bi se utvrdile oblasti u kojim će biti potrebno preduzimati najenergičnije mere u borbi protiv suše.

### 3. ZAKLJUČAK

Povećana učestalost suše u poslednjih dvadesetak godina kao i posledice koje je suša proizvela, ukazuju na nužnost definisanja efikasne politike suša.

U radu su prikazane komponente modeliranja suše i detaljnije je objašnjen model upravljanja sušom. Ovaj rad daje drugačiji pogled od dosadašnje prakse na proces planiranja i borbe protiv suše. Predloženom strukturom borbe dat je veći naglasak na upravljanje rizikom i usvajanje odgovarajućih postupaka za ublažavanje posledica suše.

Ne postoji jedinstveno najbolji skup strategija upravljanja rizicima suše koji su primenljive u svim zemljama. Svaka zemlja ponaosob na osnovu svoje ranjivosti a u zavisnosti od lokalnih kapaciteta i državnih prioriteta donosi svoju politiku suše.

Buduća istraživanja će biti usmerena ka definisanju uloge lokalnih zajednica u borbi protiv suša.

### ZAHVALNOST

Rezultati istraživanja prikazani u radu su finansirani u okviru projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije br. 37003 "Razvoj hidro-informacionog sistema za praćenje i ranu najavu suša"

### LITERATURA

- [1] *Drought modeling – A review*, Mishra, A.K., Singh, V.P., Journal of Hydrology 403, 157-175, 2011.
- [2] *A review of drought concepts*, Mishra, A.K., Singh, V.P., Journal of Hydrology 391, 202-216, 2010.

[3] *Climate Change 2007: The physical Science Basis, in: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Intergovernmental Panel on Climate Change, (IPCC)*. edited by: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., and Miller, H. L., Cambridge University Press, Cambridge, New York, 2007.

[4] *Managing the Risk of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Intergovernmental Panel on Climate Change, (IPCC)*.edited by: Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D.J., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Plattner, G.-K., Allen, S.K., Tignor, M., and Midgley, P.M., Cambridge University Press, Cambridge, New York, 2012.

[5] *Understanding the complex impacts of drought: A key to enhancing drought mitigation and preparedness*, Wilhite, D.A., Svoboda, M.D., Hayes, M.J., Water Resources Management 21, 763-774, 2007.

[6] *Natural Hazards – Second Edition*, Bryant, E., Cambridge University Press, 2005.

[7] *How to Reduce Drought Risk, Preparedness and Mitigation Working Group of the Western Drought Coordination Council*, Knutson, C., Hayes, M., Philips, T., Lincoln, Nebraska, 1998.

[8] *Impacts of drought in South Africa 1980-94*, Vogel, C., Laing, M., Monnik, K., Hazards and disasters: a series of definitive major works, Routledge Publishers, Oxford, 1999.

[9] *Planning for Drought: Moving from Crisis to Risk Management*, Wilhite D.A., Hayes, M.J., Knutson, C., Smith, K.H., Journal of the American Water Resources Association 36, 697-710, 2000.

[10] *High Level Meeting on National Drought Policy: Summary and Major Outcomes*, Sivakumar, M.V.K., Stefanski, R., Bazza, M., Zelaya, S., Wilhite, D., Magalhaes, A.R., Weather and Climate Extremes 3, 126-132, 2014.

[11] *Analiza koštanja i benefita preventivnih mera za ublažavanje suša*, Milanović, M., Gocić, M., Trajković, S., Zbornik radova građevinsko-arhitektonskog fakulteta Niš 29, 145-155, 2014.

[12] *Survey of recommendations for drought management*, Milanović, M., Gocić, M., Trajković, S., 13<sup>th</sup> International scientific conference on planning, design, construction and building renewal, 595-602, Novi Sad, Serbia, 25-27 November 2015.