

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

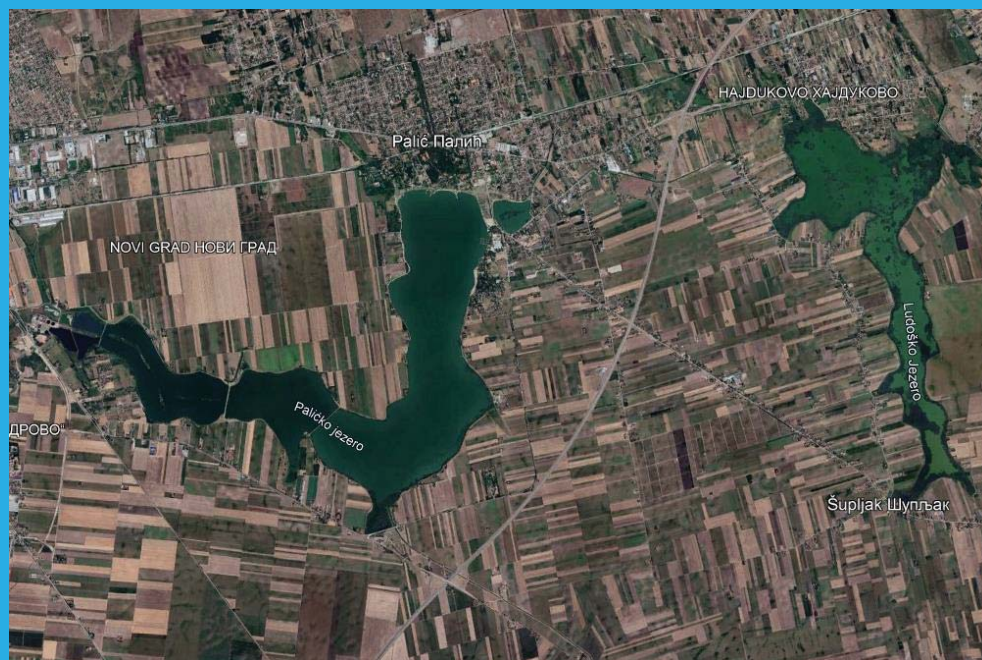
52. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda

VODA 2022

The 52nd Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society

WATER 2023

Conference Proceedings



Palić, 31. maj – 2. jun 2023.



www.sdzv.org.rs

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA
SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY



INŽENJERSKA KOMORA SRBIJE

II

IZDAVAČ (PUBLISHER):

Srpsko društvo za zaštitu voda, Kneza Miloša 9/1, Beograd, Srbija,
Tel/Faks: (011) 32 31 630

PROGRAMSKI ODBOR (PROGRAMME COMMITTEE):

Prof. dr Branislav ĐORĐEVIĆ, dipl.inž.građ, Beograd
Prof. dr Božo DALMACIJA, dipl.hem, Novi Sad
Dr Momir PAUNOVIĆ, naučni savetnik, dipl.biol, Beograd
Dr. Bela CSÁNYI, dipl.biol, Budimšešta-Mađarska
Prof. dr Peter KALINKOV, dipl.inž.građ, Sofija-Bugarska
Prof. dr Valentina SLAVEVSKA STAMENKOVIĆ, dipl.biol, Skoplje-R.Makedonija
Prof. Dr. Goran SEKULIĆ, dipl.inž.građ, Podgorica-Crna Gora
Prof. dr Violeta CIBULIĆ, dipl.hem, Beograd
Prof. dr Slavka STANKOVIĆ, dipl.inž.tehnol, Beograd
Prof. dr Zorana NAUNOVIĆ, dipl.inž.tehnol, Beograd
Dr Aleksandar JOKSIMOVIĆ, dipl.biol, Kotor-Crna Gora
Dr Božica VASILJEVIĆ, dipl.biol, Beograd

UREDNIK (EDITOR):

Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl. građ.inž.

Svi radovi u ovom zborniku radova su recenzirani. Stavovi izneti u ovoj publikaciji ne odražavaju nužno i stavove izdavača, urednika ili programskog odbora.

TIRAŽ (CIRCULATION):

150 primeraka

ŠTAMPA:

"Akademska izdanja", Zemun, 2023

CIP - Каталогизација у публикацији Народна библиотека Србије, Београд

502.51(082)
556.11(082)
628.3(082)
628.1(082)

ГОДИШЊА конференција о актуелним проблемима коришћења и заштите вода (52 ; 2023 ; Палић)

Voda 2023 : zbornik radova 52. godišnje konferencije o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda, Palić, 31. maj - 2. jun 2023. = Water 2023 : conference proceedings 52nd Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society / [urednik, editor Aleksandar Đukić]. - Beograd : Srpsko društvo za zaštitu voda, 2023 (Zemun : Akademska izdanja). - X, 310 str. : ilustr. ; 24 cm

Tiraž 150. - Str. IX: Predgovor / Aleksandar Đukić. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-82674-00-9

a) Воде -- Зборници b) Отпадне воде -- Зборници v) Снабдевање водом -- Зборници

COBISS.SR-ID 116513289

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

ZBORNİK RADOVA

**52. GODIŠNJE KONFERENCIJE O AKTUELNIM TEMAMA
KORIŠĆENJA I ZAŠTITE VODA**

VODA 2023

*52ND ANNUAL CONFERENCE OF THE
SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY
"WATER 2023"
CONFERENCE PROCEEDINGS*

Palić, 31. maj - 2. jun 2023.

ORGANIZATOR KONFERENCIJE (*CONFERENCE ORGANISERS*):

Srpsko društvo za zaštitu voda (Beograd),

uz podršku

Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije i
Inženjerske komore Srbije

ORGANIZACIONI ODBOR KONFERENCIJE (*ORGANIZING COMMITTEE*):

PRESEDNIK: Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biol, Beograd

SEKRETAR: Suzana VASIĆ, Beograd

ČLANOVI:

Dr Branko MILJANOVIĆ, dipl.biol, Novi Sad
Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.građ.inž, Beograd
Slavica ŽIVKOVIĆ, Beograd
Dr Maja RAKOVIĆ, dipl. biol, Beograd
Dr Tamara JURCA, dipl. biol, Novi Sad
Dr Jelena STANKOVIĆ, dipl.biol, Niš

ODRŽAVANJE KONFERENCIJE SU POMOGLI (*SPONSORED BY*):

- Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije
- Inženjerska komora Srbije

Slika na koricama: satelitski snimak jezera Palić i Ludaš 2022. godine (*Google Earth*)

SADRŽAJ

CONTENTS

1. TEMATSKA GRUPA: VODOPRIVREDNI, EKOLOŠKI, I ORGANIZACIONI ASPEKTI KORIŠĆENJA I ZAŠTITE VODA

1. Aleksandar Đukić, Branislava Lekić, Branislav Babić, Ognjen Govedarica (Beograd)
MOGUĆE IMPLIKACIJE PRIMENE PREDLOGA NOVE DIREKTIVE O OTPADNIM VODAMA EU U SRBIJI 1
2. Stevan Prohaska, Vladislava Bartoš, Divac, Ognjen Prohaska (Beograd)
KVANTITATIVNE KARAKTERISTIKE KIŠA JAKOG INTENZITETA U OKOLINI PALIĆA SA ASPEKTA PROJEKTOVANJA KIŠNE KANALIZACIJE 13
3. Danijela Veličković, Marijana Krivokapić, Nikola Simović (Beograd, Podgorica-Crna Gora)
HIDROLOŠKA ANALIZA RIJEKE LIM, PRORAČUN MALIH I VELIKIH VODA 23
4. Ana Stojanović, Dejan Vasović (Niš)
ZNAČAJ PRIMENE KONCEPTA INTEGRALNOG UPRAVLJANJA SLIVOVIMA SA ASPEKTA ZAŠTITE IZVORIŠTA VODOSNABDEVANJA 35
5. Olivera Doklešić (Herceg Novi – Crna Gora)
VIŠKOVI VODE U HERCEGNOVSKOM VODOVODNOM SISTEMU, KOLIČINA, NAMJENA, UPOTREBA 41

2. TEMATSKA GRUPA: KVALITET VODA I PROCESI U PRIRODNIM VODAMA

2.1. Površinske vode

6. Jelena Čanak Atlagić, Ana Marić, Jelena Đuknić, Maja Raković, Jelena Tomović, Momir Paunović, Predrag Simonović (Beograd)
SELEKTIVNO PONAŠANJE U ISHRANI POTOČNE PASTRMKE (*Salmo cf. trutta*) NA TRI STANIŠTA SA RAZLIČITOM KOLIČINOM AKVATIČNOG I TERESTRIČNOG PLENA 51
7. Margareta Kračun-Kolarević, Jovana Jovanović-Marić, Marija Ilić, Stefan Anđus, Momir Paunović, Stoimir Kolarević (Beograd)
ANALIZA MIKROBIOLOŠKIH PARAMETARA KVALITETA VODE NA PODRUČJU SPECIJALNOG REZERVATA PRIRODE „UVAC“ 57
8. Ivana Mijić Oljačić, Sonja Pogrmic, Nemanja Pankov, Aleksandar Bajić, Tamara Jurca, Branko Miljanović (Novi Sad)
EKOLOŠKI POTENCIJAL KANALA DTD 61
9. Snežana Čađo, Aleksandra Đurković, Boris Novaković, Nena Jelača, Tatjana Dopuđa Glišić, Nikola Paskaš, Tamara Važić, Zoran Stojanović (Beograd)
EKOLOŠKE KARAKTERISTIKE I RASPROSTRANJENJE SILIKATNE ALGE *ELLERBECKIA ARENARIA* (RALFS) DOROFEYUK & KULIKOVSKIY NA PODRUČJU SRBIJE 69

KVANTITATIVNE KARAKTERISTIKE KIŠA JAKOG INTENZITETA U OKOLINI PALIĆA SA ASPEKTA PROJEKTOVANJA KIŠNE KANALIZACIJE

Stevan Prohaska, Vladislava Bartoš Divac, Ognjen Prohaska

*Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi”, Jaroslava Černog 80, 11000
Beograd, stevan.prohaska@jcerni.rs, vladislava.bartos@jcerni.rs,
ognjen.prohaska@jcerni.rs*

REZIME

U radu su prikazane osnovne karakteristike jakih kiša neophodne za projektovanje kišne kanalizacije u široj okolini Palića. Prikazani rezultati su preuzeti iz monografije „*Intenziteti jakih kiša u Srbiji*” (2014). Sve analize izvršene su na osnovu podataka RHMZ Srbije. U radu su prikazani: unutargodišnja zastupljenost maksimalnih godišnjih suma padavina, hijetogram, sumarna linija i bezdimenzionalne sumarne linije za godinu sa maksimalnom sumom padavina, teorijske bezdimenzionalne sumarne linije jakih kiša različitih verovatnoća pojave, učestalost trajanja jakih kiša, verovatnoća trajanja jakih kiša, učestalost pojave u toku dana, zavisnost visine kiše od trajanja kiše i verovatnoće pojave i redukcione krive kiše jakog intenziteta.

KLJUČNE REČI: intenziteti jakih kiša, kišna epizoda, trajanje, učestalost, verovatnoća

QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF HIGH- INTENSITY RAINFALL IN PALIĆ AREA - STORMWATER SEWERAGE DESIGN ASPECT

ABSTRACT

The paper presents the basic characteristics of heavy rainfall required for the stormwater sewerage design in the wider area of Palic. The results presented here are taken from the monography "Intenziteti jakih kiša u Srbiji" (2014). All analyses were based on the data of the Serbian RHMS. The paper presents: intra-annual presence of maximum annual rainfall sums, hyetograph, summation line and dimensionless summation lines for the year with maximum rainfall sum, theoretical dimensionless summation lines of heavy rainfall with different probabilities of occurrence, frequency of heavy rainfall duration, probability of heavy rainfall duration, frequency of occurrence during the day, rainfall height as the dependency of rainfall duration and probability of occurrence, and reduction curves of high-intensity rainfall.

KEY WORDS: intensity of heavy rainfall, rainfall episode, duration, frequency, probability

UVOD

U inženjerskoj hidrološkoj praksi urbanih sredina glavno interesovanje je usmereno na analizu intenziteta kiša trajanja kraćih od 24 časa koje su glavni uzrok pojave katastrofalnih poplava u urbanim područjima. Sa ciljem razjašnjenja strukture formiranja karaktera intenziteta jakih kiša, u Institutu za vodoprivredu „Jaroslav Černi”, u direktnoj saradnji sa Republičkim hidrometeorološkim zavodom Srbije, publikovana je monografija „*Intenziteti jakih kiša u Srbiji*”, gde su obrađeni, između ostalih, i podaci za meteorološku stanicu (MS) Palić.

Skoro da nije potrebno isticati da se intenziteti jakih kiša trajanja kraćih od 24 sata mogu izmeriti pomoću različitih tipova uređaja za automatsko merenje padavina. Takvih instrumenata u Srbiji ima relativno malo u poređenju sa instrumentuma (kišomerima) za merenje dnevnih suma padavina. MS Palić poseduje instrumente za merenje kiša kraćih trajanja od 1949. godine. Napominjemo da su sva merenja padavina u nadležnosti Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije.

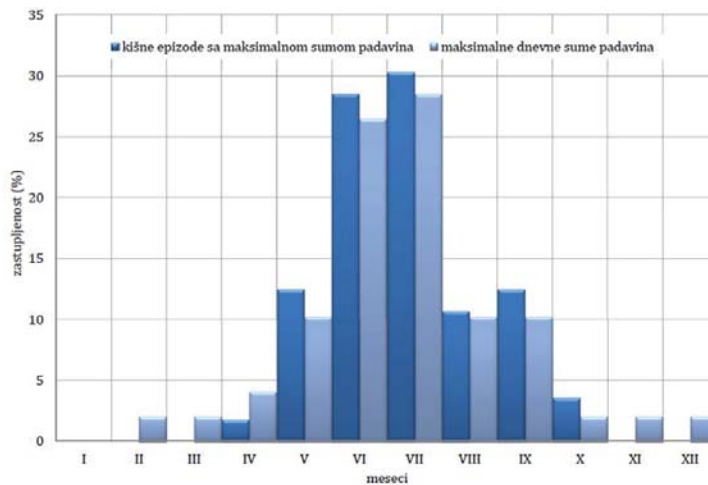
U navedenoj Monografiji razjašnjen je proces formiranja oblaka i nastanka padavina na zemljinoj kori i prikazani su instrumenti za merenje padavina: počev od pluviometara (kišomera i totalizatora) za diskontinualno merenje padavina, preko pluviografa za kontinualno merenje kiša jakog intenziteta, do radara koji služe za otkrivanje prostora koji je zahvaćen padavinama. Primenjene su dve procedure za obradu pluviografskih traka i to za konstantne jednočasovne periode diskretizacije vremena i za različita trajanja kiše, pri čemu se unutar kišne epizode razmatra period u kome je izmerena maksimalna visina kiše.

U konkretnom slučaju, u ovom radu prikazane su najznačajnije karakteristike jakih kiša za širu teritoriju Palića relevantne za potrebe projektovanja kišne kanalizacije.

UNUTARGODIŠNJA ZASTUPLJENOST MAKSIMALNIH GODIŠNJIH SUMA PADAVINA SA MAKSIMALNIM SUMAMA PADAVINA U KIŠNOJ EPIZODI

Na MS Palić RHMZ Srbije vrši kontinuirano merenje kišnih padavina na pluviografu i merenje dnevnih suma padavina na kišomeru. Na slici 1 prikazana je unutargodišnja zastupljenost kišnih dana prema merenjima na kišomeru i pluviografu.

Mesec sa najučestalijom pojavom maksimalnih kiša u okolini Palića je jul. U više od 50% slučajeva, maksimalne kiše pojavljuju se u periodu juni-juli, a mesec bez pojave maksimalnih kiša je januar.

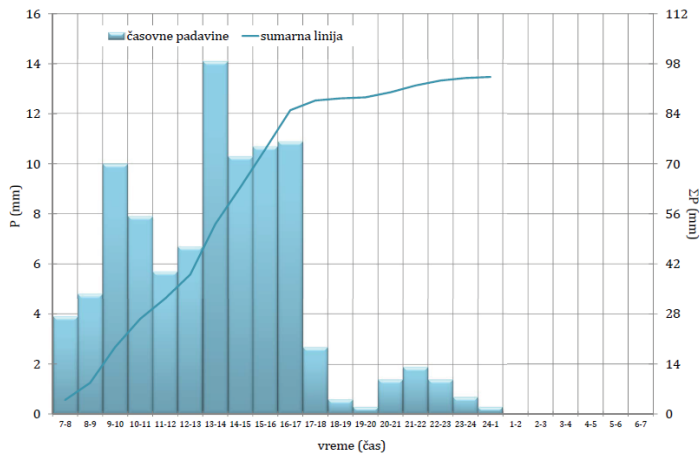


Slika 1. Unutargodišnja zastupljenost maksimalnih godišnjih suma padavina izmerenih na kišomeru i pluviografu

Figure 1. Intra-annual presence of maximum annual rainfall sums measured via the rain gauge and pluviograph

HIJETOGRAM I SUMARNA LINIJA KIŠNE EPIZODE ZA GODINU SA MAKSIMALNOM SUMOM PADAVINA

Kao primer karaktera raspodele kiše unutar kišne epizode prikazan je u vidu hijetograma i sumarne linije za kišnu epizodu sa maksimalnim registrovanim padavinama u periodu osmatranja (07:00 14.06 - 01:00 15. 6. 2001).



Slika 2. Hijetogram i sumarna linija za kišnu epizodu sa maksimalnom pojavom kiše u periodu 14–15. 6. 2001. godine (7.00–1.00)

Figure 2. Hyetograph and summation line for rainfall episode with maximum occurrence of rainfall in the period 14–15. 6. 2001 (7.00–1.00)

BEZDIMENZIONALNE SUMARNE LINIJE ZA KIŠNE EPIZODE ZA GODINU SA MAKSIMALNOM SUMOM PADAVINA

Da bi se sagledala vremenska raspodela kiše tokom njenog trajanja, definisane su bezdimenzionalne integralne (sumarne) linije kiše visine kiše u zavisnosti od trajanja. Koordinate bezdimenzionalne sumarne linije kiše su:

$$\text{ordinata } \sum P_i = \frac{\sum_{j=1}^i P_j}{\sum_{j=1}^k P_j}$$

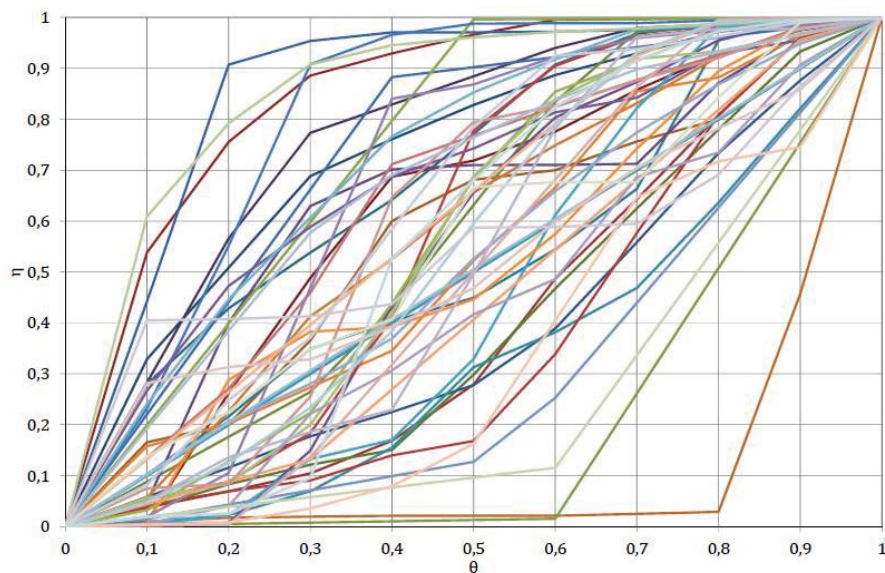
$$\text{apscisa } \tau_i = \frac{\tau_i}{\tau_k}$$

gde su:

$\sum P_i$ - ordinata integralne krive jakih kiša

τ_i - apscisa integralne krive jakih kiša

Rezultati ovih proračuna za MS Palić prikazani su grafički na narednoj slici (Slika 3).



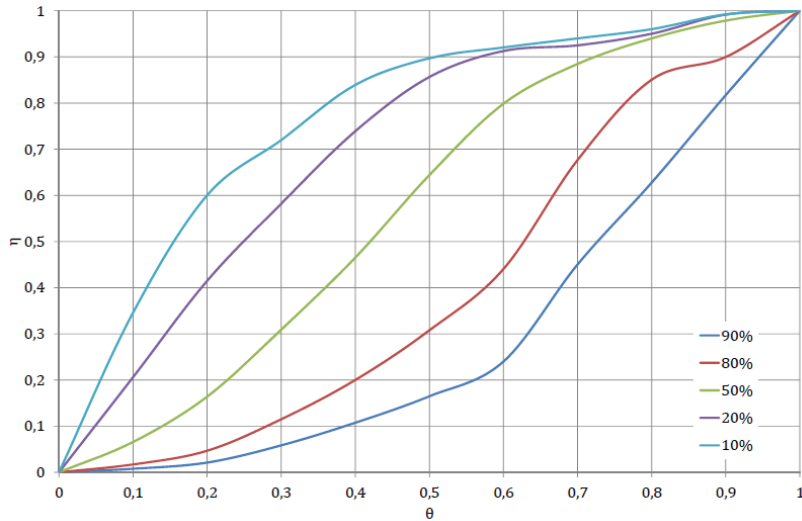
Slika 3. Bezdimenzionalne sumarne linije za kišne epizode za godinu sa maksimalnom sumom padavina

Figure 3. Dimensionless summation lines for rainfall episodes for the year with maximum rainfall

Na osnovu prikazanog grafika može se zaključiti da na području Palića postoji velika raznovrsnost u karakteru formiranja raspodele kiše unutar kišne epizode, od kiša koje započinju velikim intenzitetom pa se tokom kišne epizode intenzitet smanjuje, do kiša koje počinju umerenim intenzitetom, ali se njen intenzitet pojačava tokom kišne epizode.

TEORIJSKE BEZDIMENZIONALNE SUMARNE LINIJE JAKIH KIŠA ZA RAZLIČITE VEROVATNOĆE POJAVE

Na osnovu definisanih sumarnih linija raspodele kiše unutar kišne epizode primenom klasične probabilističke procedure za svako relativno trajanje ($\tau_i = 0,1; 0,2; \dots, 1,0$) sračunate su teorijske vrednosti (Pearson III zakon raspodele verovatnoća) za verovatnoće pojave 10, 20, 50, 80, i 90%. Rezultati proračuna za MS Palić prikazani su grafički (Slika 4).

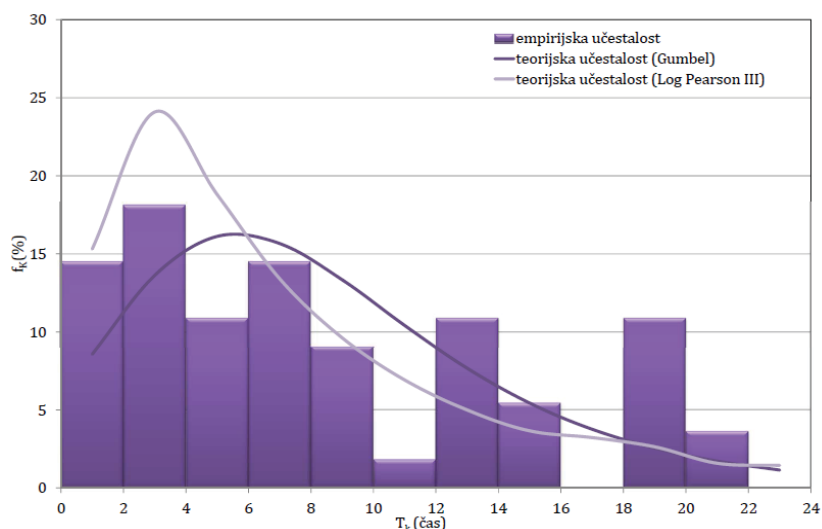


Slika 4. Bezdimenzionalne sumarne linije jakih kiša za različite verovatnoće pojave za MS Palić
Figure 4. Dimensional summation lines of heavy rainfalls for different probabilities of occurrence for MWS Palić

UČESTALOST TRAJANJA JAKIH KIŠA

Sledeća karakteristika kiša jakog intenziteta, veoma značajna za urbanu hidrologiju, jeste trajanje i učestalost različitih trajanja kiše jakog intenziteta (T_k). Neophodno je naglasiti da je najučestalije trajanje jakih kiša znatno kraće od 24 časa, što se može videti na narednoj slici (Slika 5), gde je prikazana učestalost pojave jakih kiša u okolioni Palića u funkciji trajanja kiše.

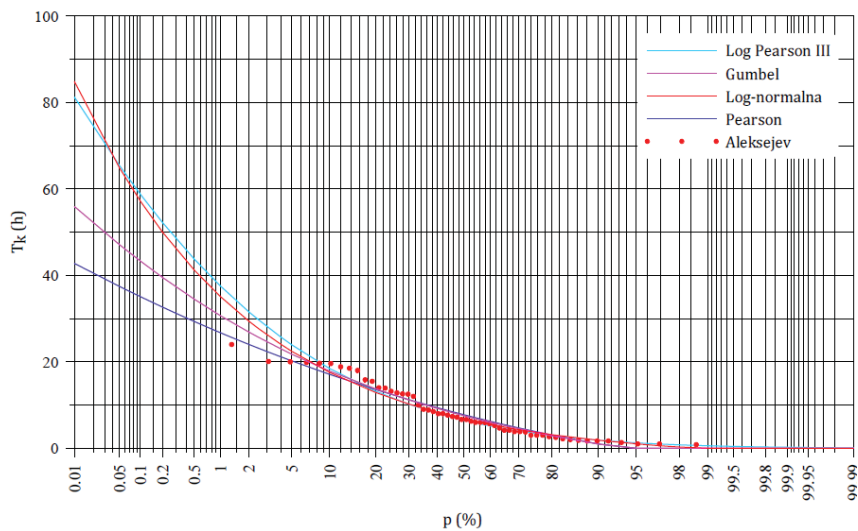
Vidi se da je najučestalije trajanje jakih kiša na MS Palić od 2–4 sata, a sa verovatnoćom od 60% mogu se očekivati jake kiše u trajanju od 2–10 sati.



Slika 5. Učestalost trajanja jakih kiša u okolini Palića
Figure 5. Frequency of heavy rainfall durations in Palić area

VEROVATNOĆA UKUPNOG TRAJANJA JAKIH KIŠA

Verovatnoća pojave ukupnog trajanja jakih kiša u okolini Palića analizirana je primenom više zakona raspodele verovatnoća, a rezultati su prikazani grafički (Slika 6).



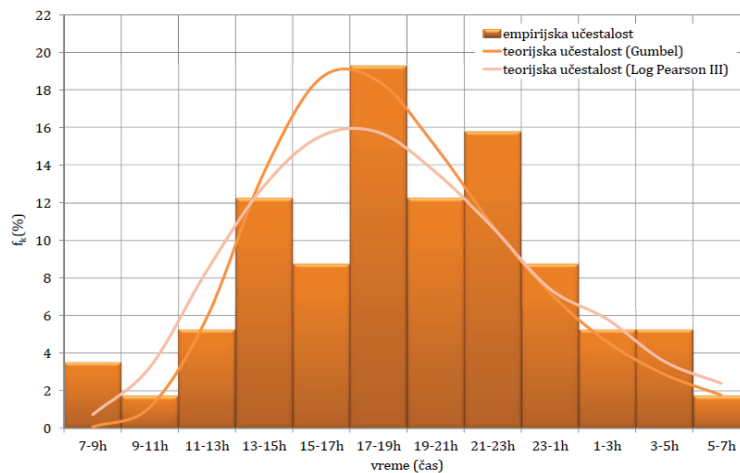
Slika 6. Verovatnoća pojave ukupnog trajanja jakih kiša u okolini Palića
Figure 6. Probability of occurrence of total duration of heavy rainfalls in Palić area

Na osnovu Gumbelove raspodele, koja se najbolje prilagođava, stogodišnji povratni period ima kiša jakog intenziteta trajanja 38 sati, desetogodišnji kiša trajanja 18 sati, a dvogodišnji povratni period jaka kiša trajanja 7 sati.

UČESTALOST VREMENA POJAVE JAKIH KIŠA U TOKU DANA

Jedna od veoma interesantnih karakteristika kiša jakog intenziteta za širu javnost je verovatnoća pojave jakih kiša u toku jednog dana, odnosno u periodu od 24 sata. U tu svrhu izvršena je analiza učestalosti i verovatnoća pojave kiše tokom dana, korišćenjem raspoloživih podataka o časovnim vrednostima suma padavina registrovanih maksimalnih kišnih epizoda. Rezultati proračuna učestalosti vremena pojave jakih kiša u toku dana za MS Palić prikazani su na narednoj slici (Slika 7).

Na osnovu ovih rezultata može se zaključiti da se najučestalije kiše jakog intenziteta na GMS Palić pojavljuju u periodu od 17 do 19 časa. Sa verovatnoćom od preko 70%, te kiše će se pojaviti u periodu od 13 sati do 1 sata sledećeg dana. Period sa najmanjom verovatnoćom pojave jakih kiša je od 5 do 11 sati.



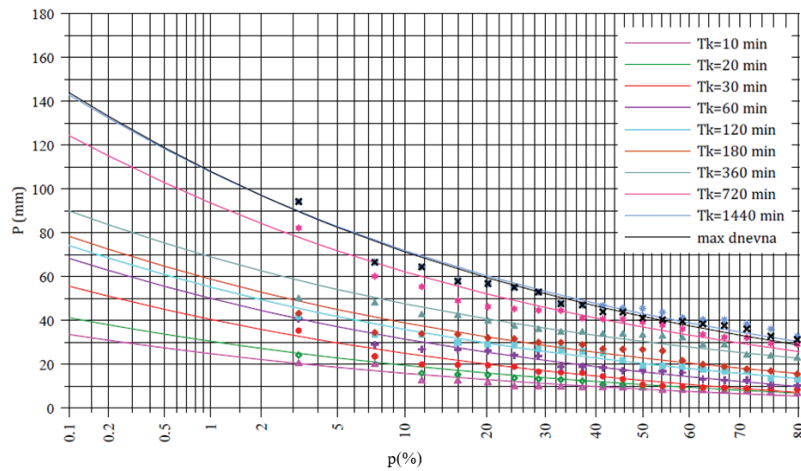
Slika 7. Učestalost vremena pojave jakih kiša u toku dana na GMS Palić

Figure 9. Frequency of the time of occurrence of heavy rains during the day at MWS Palić

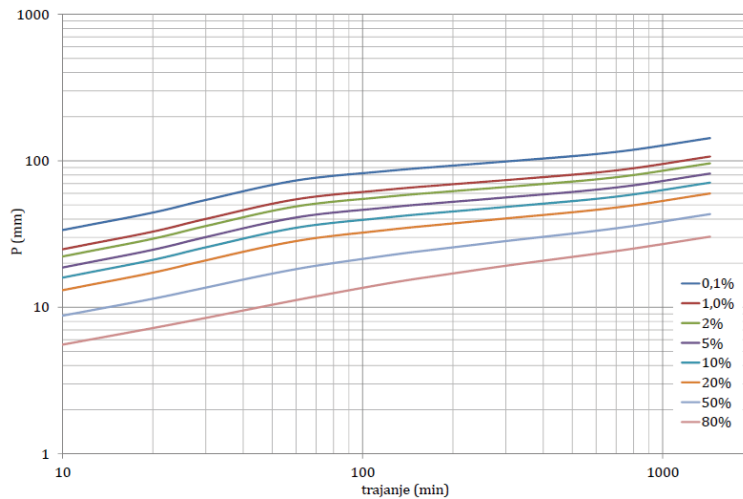
ZAVISNOST VISINE KIŠE U FUNKCIJI TRAJANJA KIŠE I VEROVATNOĆE POJAVE

Identifikacija jakih kiša kratkih trajanja sa maksimalnom sumom padavina izvršena je i postupkom pokretnog (*moving*) selektovanja maksimalnih suma kiša za unapred definisane periode diskretizacije vremena, odnosno trajanja kiše. Obradeni su podaci o maksimalnim godišnjim sumama padavina za sledeća trajanja kiše: 10, 20, 30, 60, 120, 360, 720 i 1440 minuta sa uključivanjem maksimalnih dnevnih suma padavina u godini registrovanih na kišomeru.

Za navedena trajanja kiše određene su računске sume kiše prilagođavanjem teorijskih krivih raspodela. Primenjeni testova saglasnosti pokazanoje da se najbolje prilagođava Gumbelov zakon raspodele. Na osnovu računskih vrednosti suma padavina definisana je zavisnost visine kiše u funkciji trajanja kiše i verovatnoće pojave za GMS Palić, što je grafički prikazano na narednim slikama (Slika 8 i Slika 9).



Slika 8. Zavisnost visine kiše u funkciji verovatnoće pojave i trajanja kiše (HTP kriva) za GMS Palić
Figure 8. Dependence of rainfall height as a function of the probability of occurrence and duration of rainfall (DDF curve) for MWS Palić



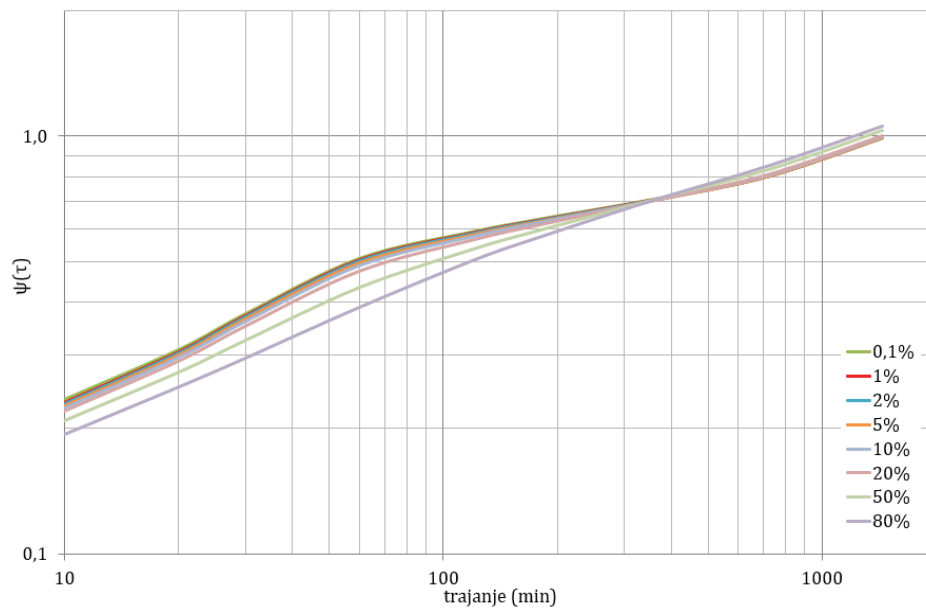
Slika 9. Zavisnost visine kiše u funkciji trajanja kiše i verovatnoće pojave za GMS Palić
Figure 9. Dependence of rain height as a function of the rainfall duration and the probability of occurrence for MWS Palić

REDUKCIONE KRIVE KIŠE JAKOG INTENZITETA

Redukcione krive kiša jakog intenziteta verovatnoće p predstavljaju odnos računске visine kiše trajanja kiše τ verovatnoće p i dnevne sume padavina na kišomeru iste verovatnoće:

$$\psi(\tau)_p = \frac{P_{\tau,p}}{P_{dn.suma,p}}$$

Redukcione krive kiša jakog intenziteta za GMS Palić prikazane su grafički za izabrane verovatnoće pojave p (Slika 10).



Slika 10. Redukcione krive kiša jakog intenziteta za GMS Palić
Figure 10. Reduction curves of high-intensity rainfall for MWS Palić

Redukciona kriva kiše služi za određivanje računске sume padavina kiše proizvoljnog trajanja kraćeg od 24 sata kada je poznata samo dnevna suma padavina merena na kišomeru.

ZAKLJUČAK

Cilj ovoga rada je definisanje osnovnih karakteristika kiša jakog intenziteta kao neophodnih podloga za projektovanje kišne kanalizacije u okolini Palića. Prezentirani rezultati su dati u grafičkom vidu dok se numeričke vrednosti mogu naći u monografiji „Intenziteti jakih kiša u Srbiji”, koju je izdao Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi” iz Beograda 2014. Literatura:

LITERATURA

- Prohaska S., Petković T., 1989: Metode proračuna velikih voda, Deo I, Proračun velikih voda na hidrološki izučnim profilima, Građevinski kalendar, Beograd.
- Janković D., 1994: Karakteristike jakih kiša na teritoriji Srbije, Građevinski kalendar, Beograd.
- Prohaska S., Vesna Ristić V., 2002: Hidrologija kroz teoriju i praksu, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
- Prohaska S., 2003: Hidrologija I deo, Rudarsko-geološki fakultet, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Republički hidrometeorološki zavod Srbije, Beograd.
- Prohaska S., Kapor B., Ilić A., Čatović S., Marjanović S., Bartoš Divac V., Koprivica A. 2011: Kompleksna analiza pluviometrijskog režima jakih kiša kraćih trajanja na teritoriji Republike Srbije, Časopis „Voda i sanitarna tehnika“, Vol. 41, No. 3-4, 2011., ISSN 0350-5049, str. 5-14
- Prohaska S., Kapor B., Ilić A., Čatović S., Đukić D., Bartoš Divac V., Marjanović S., Koprivica A., 2012: Trajanje kiša jakog intenziteta i njihova raspodela u toku dana u Srbiji, 16. Savetovanje SDHI i SDH, Donji Milanovac.
- Prohaska S., Bartoš Divac V., Koprivica A., Đukić D., Ilić A., Čatović S., Kapor B., Marjanović S., Vukelić V., Božović N., 2014: Monografija : "Intenziteti jakih kiša u Srbiji". ISBN 978-86-82565-40-6, str. 481.