

Izdelava Huffovih krivulj in njihova analiza za izbrane padavinske postaje v Sloveniji

Domen Dolšak, Mojca Šraj*

Povzetek

Prispevek predstavlja izdelavo, rezultate in analizo Huffovih krivulj za izbrane meteorološke postaje: Ljubljana, Murska Sobota, Novo Mesto in Portorož. Za meteorološko postajo Ljubljana smo obdelali podatke od leta 1948 do 2010 in za ostale meteorološke postaje od leta 1970 do 2011. Pri primerjavi rezultatov smo ugotovili razlike v obliki Huffovih krivulj in tudi v številu neviht, ki so ustrezale definiciji neodvisnega padavinskega dogodka. Razlike med postajami so bile dovolj velike, da lahko zaključimo, da ne moremo predpostaviti ene same oblike Huffovih krivulj za celotno Slovenijo, kar narekuje izdelavo Huffovih krivulj tudi za ostale meteorološke postaje.

Ključne besede : Huffove krivulje, padavine, statistična analiza padavin, normirane brezdimenzijske krivulje padavin, čas med padavinskimi dogodki

Key words : Huff curves, precipitation, statistical analysis of precipitation, dimensionless mass curves, time between storms

Uvod

Za izračun površinskih odtokov in za določanje projektnega pretoka potrebujemo sintetične histograme padavin z določeno povratno dobo. Za izdelavo sintetičnih histogramov je potrebno vedeti, v katerem delu padavinskega dogodka se tipično zgodi največja intenziteta padavin oz. v kateri četrtini trajanja padavin se nahaja največji delež padlih padavin za neko porečje. Ta podatek lahko razberemo iz brezdimenzijskih Huffovih krivulj, ki temeljijo na padavinskih podatkih, pridobljenih na mreži ombrografov.

Huff (1967) je te krivulje prvič izdelal za zvezno državo Illinois v ZDA. Njegova analiza je temeljila na 15-minutnih padavinskih podatkih za obdobje 12 let. V tem času je zajel 261 neviht in iz njih izdelal kumulativne brezdimenzijske krivulje, s katerimi je lahko primerjal posamezne nevihte in njihove intenzitete.

S pomočjo teh krivulj je Huff (1967, 1990) ugotovil, da se največji odstotek količine padlih padavin znotraj posameznega neodvisnega padavinskega dogodka razlikuje med posameznimi kvartili. Ugotovil je namreč, da v prvem kvartilu pade največ padavin v prvi četrtini časa, v četrtem pa v zadnji četrtini časa. Ugotovil je tudi, da se dve tretjini neodvisnih padavinskih dogodkov nahajata v prvem in drugem kvartilu.

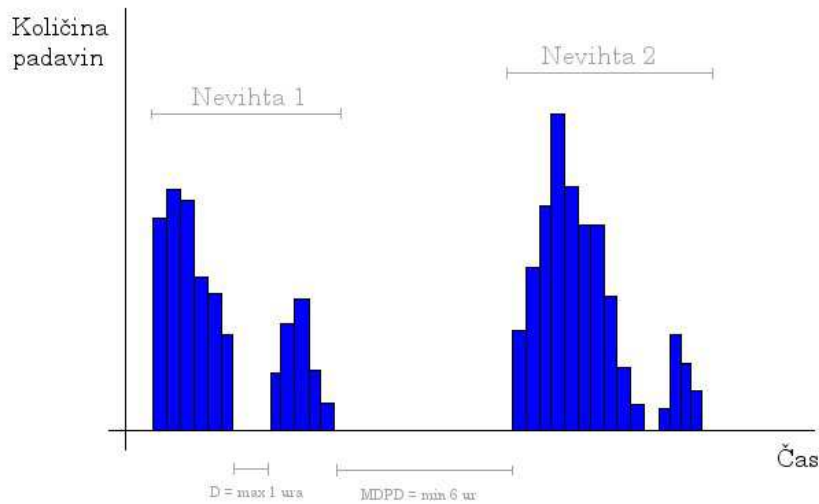
Ker Huffove krivulje za Slovenijo še niso izdelane, smo se odločili za njihovo izdelavo in analizo. Zanimalo nas je, v katerem delu nevihte se tipično zgodi največja intenziteta padavin in kako nanjo vpliva čas trajanja posamezne nevihte. Dodatno so nas zanimale tudi razlike med posameznimi meteorološkimi postajami in možnost predpostavitev ene oblike Huffovih krivulj za celotno Slovenijo. Tako smo izdelali Huffove krivulje za meteorološke postaje Ljubljana, Murska Sobota, Novo Mesto in Portorož. Za meteorološko postajo Ljubljana smo obdelali podatke od leta 1948 do 2010 in za ostale meteorološke postaje od leta 1970 do 2011.

* UL FGG, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

Metodologija in podatki

Podatke za izdelavo Huffovih krivulj smo pridobili na Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO, 2012). Osnovni podatki so bili 5-minutni zapisi pluviografa. Za lažjo obdelavo podatkov smo združili 5-minutne intervale v 15-minutne. Tudi Huff (1990) je namreč uporabljal 15-minutne intervale, podobno tudi ostali avtorji (Gonzales Nieves, 2005).

Nato smo se odločili za izbiro kriterijev, ki definirajo neodvisen padavinski dogodek oziroma posamezno nevihto. Kriterije smo izbrali na podlagi natančnih analiz podatkov za postajo Ljubljana in na podlagi ugotovitev in priporočil drugih raziskovalcev (Huff, 1967; Huff, 1990, Azli in Rao, 2010). Minimalni čas pred oz. po nevihti, ko ni dežja (MDPD), smo izbrali 6 ur, minimalno količino padavin 12,7 mm, minimalno trajanje posamezne nevihte vsaj 3 ure, čas znotraj nevihte, ko ni dežja, eno uro (slika 1). V primeru Ljubljane smo tako dobili za obdobje od 1948 do 2010 179 neviht, ki ustrezajo pogojem neodvisnega padavinskega dogodka.



Slika 1 - Shematični prikaz časov, ki definirajo določen neodvisni padavinski dogodek



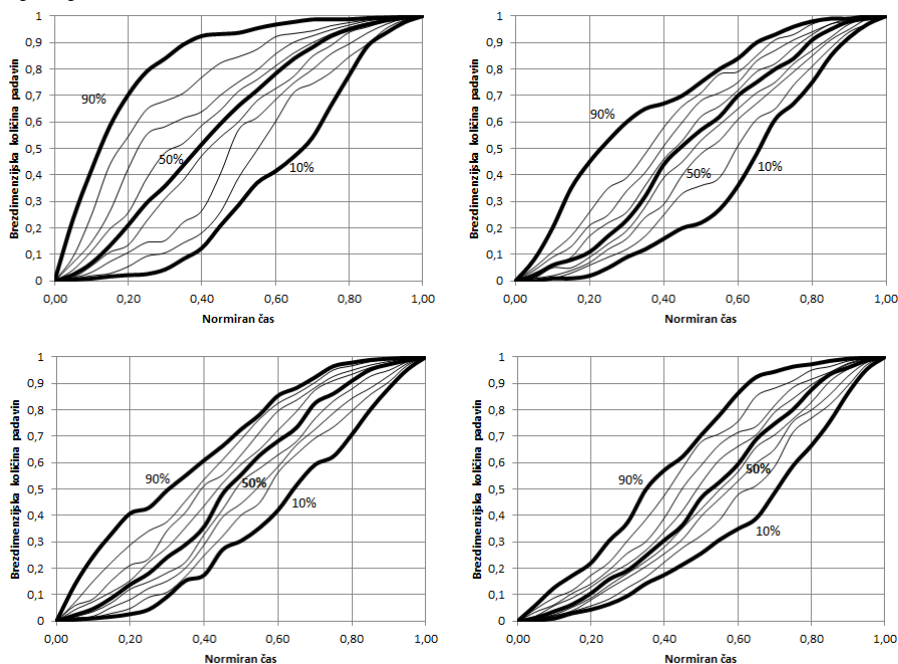
Slika 2 - Mreža padavinskih postaj z označenimi izbranimi postajami (Mreža postaj z registracijo padavin, 2007)

Vse nevihte, ki so ustrezale tem pogojem, smo shranili v posamezne datoteke, ki so vsebovale zaporedne 15-minutne količine padavin. Podatkom smo dodali časovno dimenzijo in normirali čas ter količino padavin. Nato smo padavine umestili v ustrezen kvartil glede na čas trajanja. Po Huffu (1967) v prvi kvartil sodijo padavine ki so krajše od 6 ur, v drugi kvartil sodijo padavine, ki trajajo od 6-12 ur, v tretjem kvartilu so padavine ki trajajo 12-18 ur in v četrtem kvartilu so padavine, ki so daljše od 18 ur. Za razdelitev na kvartile se je Huff odločil, ker se je izkazalo, da se časovna razporeditev količine padavin s trajanjem padavinskega dogodka spreminja.

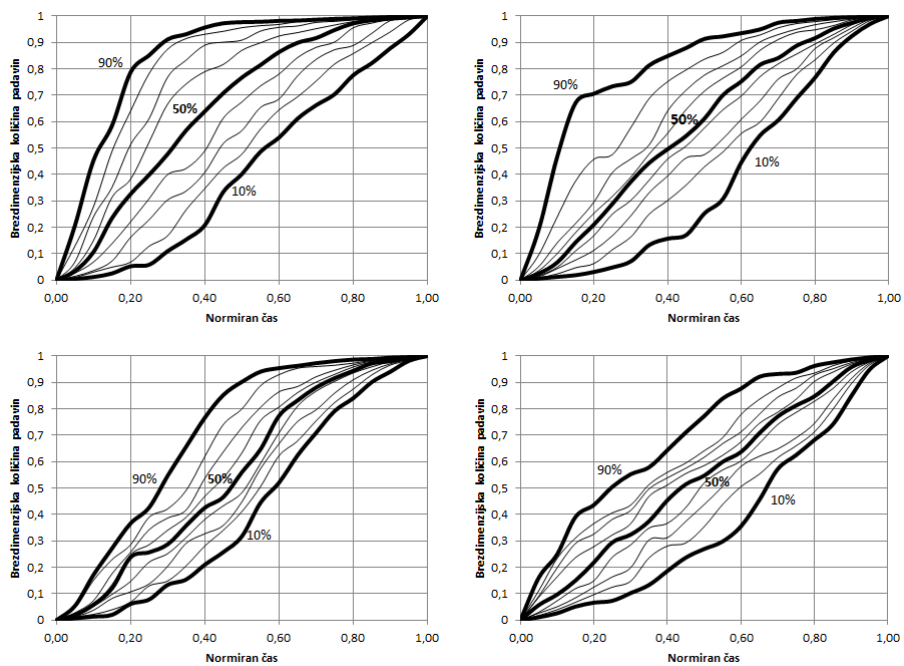
Huffove krivulje predstavljajo družino krivulj, ki so razdeljene glede na verjetnost in kvartil, v katerem se nahajajo. Poleg uvrstitve v posamezni kvartil, smo za vsak kvartil izdelali še percentilne krivulje in sicer 9 percentilnih krivulj na kvartil. Tako smo za posamezno meteorološko postajo dobili 4 družine brezdimenzijskih krivulj, ki predstavljajo posamezne kvartile, znotraj enega kvartila pa 10 do 90 percentilne krivulje. Končen rezultat za posamezno meteorološko postajo je 36 brezdimenzijskih krivulj, ki predstavljajo časovno razdelitev količine padavin.

Rezultati in analiza

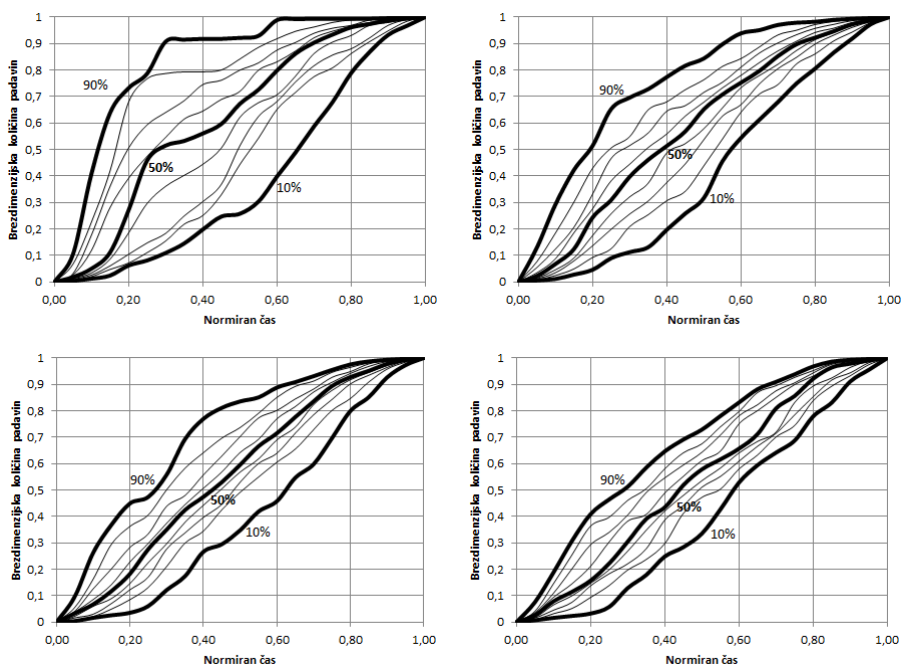
Število neviht, ki smo jih po izbranih kriterijih izločili, je za meteorološko postajo Ljubljana 179, za Mursko Soboto 125, za Novo mesto 155 in za Portorož 158 neviht. Pri podatkih za Ljubljano smo pričakovano dobili največ neviht, saj je bilo obdobje zajema podatkov najdaljše.



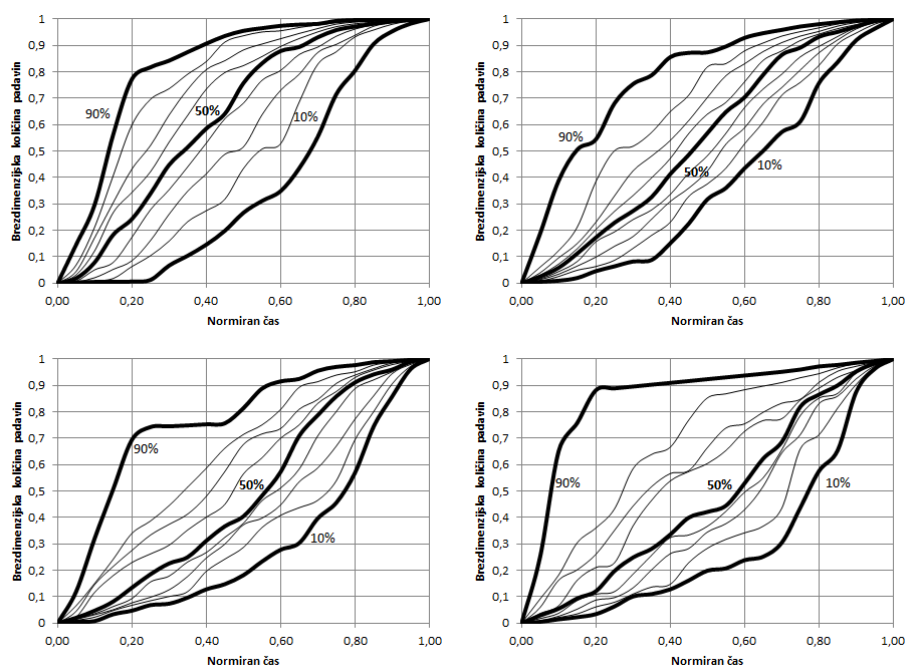
Slika 3 - Huffove krivulje za Ljubljano – levo zgoraj so krivulje za prvi kvartil, desno zgoraj za drugi kvartil, levo spodaj za tretji kvartil in desno spodaj so krivulje za četrti kvartil



Slika 4 - Huffove krivulje za Mursko Soboto - levo zgoraj so krivulje za prvi kvartil, desno zgoraj za drugi kvartil, levo spodaj za tretji kvartil in desno spodaj so krivulje za četrti kvartil.



Slika 5 - Huffove krivulje za Novo mesto - levo zgoraj so krivulje za prvi kvartil, desno zgoraj za drugi kvartil, levo spodaj za tretji kvartil in desno spodaj so krivulje za četrti kvartil.



Slika 6 - Huffove krivulje za Portorož - levo zgoraj so krivulje za prvi kvartil, desno zgoraj za drugi kvartil, levo spodaj za tretji kvartil in desno spodaj so krivulje za četrti kvartil.

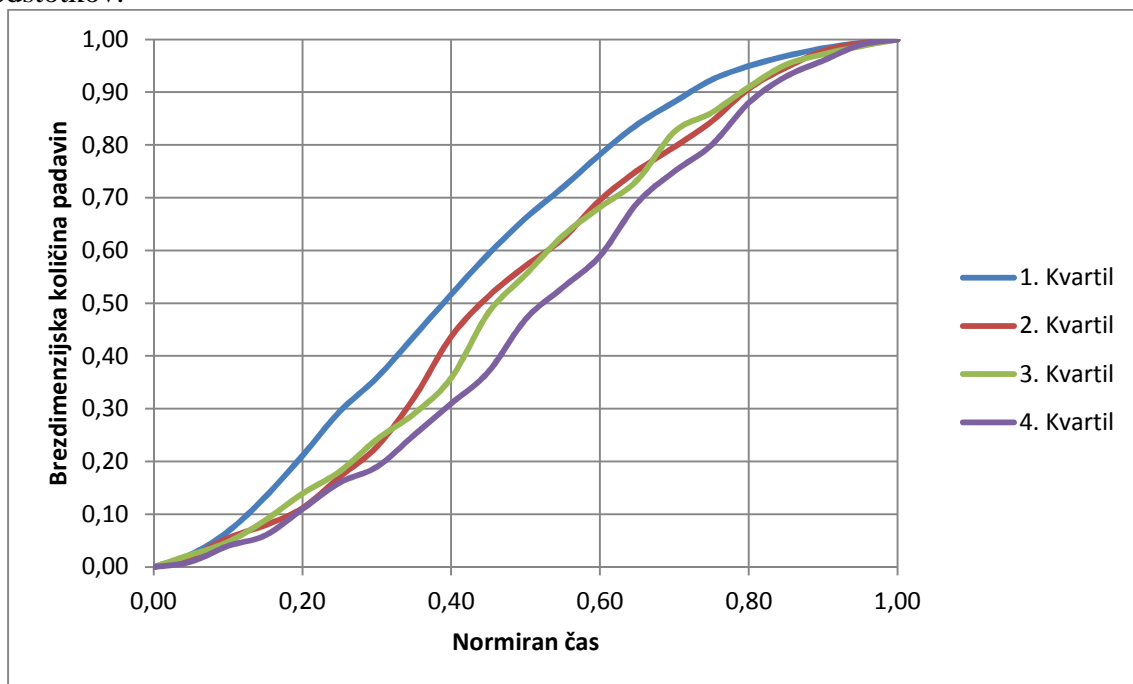
Pri izdelavi končnih Huffovih krivulj nas je zanimalo, kakšna je časovna razporeditev padavin znotraj padavinskega dogodka. S končnih krivulj je namreč razvidno, da je razporeditev zelo odvisna od kvartila, se pravi od časa trajanja nevihte in od lokacije meteorološke postaje. Izkaže se, da pri padavinah prvega kvartila pade največ padavin v prvi polovici trajanja. Tako v prvem kvartilu za Ljubljano in Novo mesto pade v prvi polovici časa 65 odstotkov padavin, v Murski Soboti 75 odstotkov, v Portorožu pa 80 odstotkov padavin (preglednica 1).

Preglednica 1 - Razporeditev neviht po kvartilih za izbrane meteorološke postaje

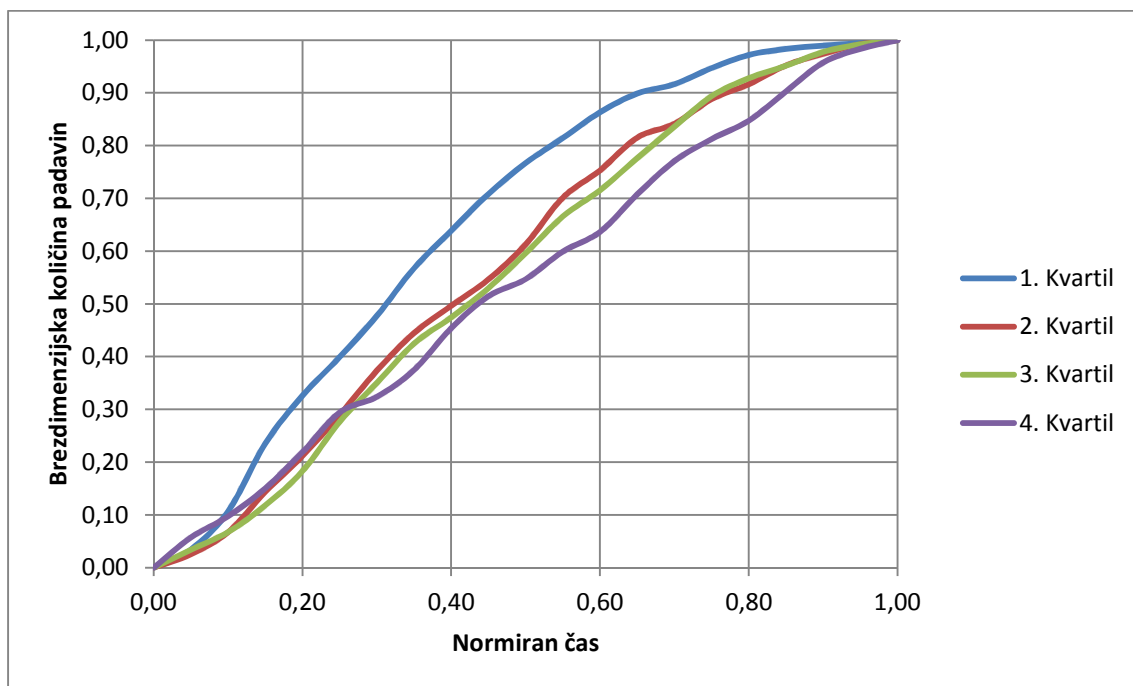
	1. kvartil	2. kvartil	3. kvartil	4. kvartil
Ljubljana	27%	31%	23%	19%
Murska Sobota	26%	45%	17%	13%
Novo mesto	18%	40%	26%	15%
Portorož	27%	41%	20%	12%

Opazimo lahko, da se z daljšanjem trajanja posamezne nevihte 50-percentilna krivulja pomika navzdol, kar pomeni, da se večja intenziteta premika proti drugemu delu trajanja nevihte (slika 7, 8,9 in 10). Razlika v padli količini padavin med 1. in 4. kvartilom ob normiranem času 0.5 znaša 20 odstotkov. Za meteorološko postajo Murska Sobota razlika še večja (slika 8). Razlika med 1. in 4. kvartilom je ob normiranem času 0.5 enaka 22 odstotkov. Zanimivo za Mursko Soboto pa je tudi to, da so si krivulje za 2., 3. in 4. kvartil zelo podobne in se ne razlikujejo med seboj za več kot 10 odstotkov. Pri 50-percentilnih krivuljah za Portorož, pa je mogoče opaziti največje razlike med kvartili. Skoraj vse krivulje se ob vsakem času razlikujejo med seboj za vsaj 5 odstotkov (slika 10). Razlika v

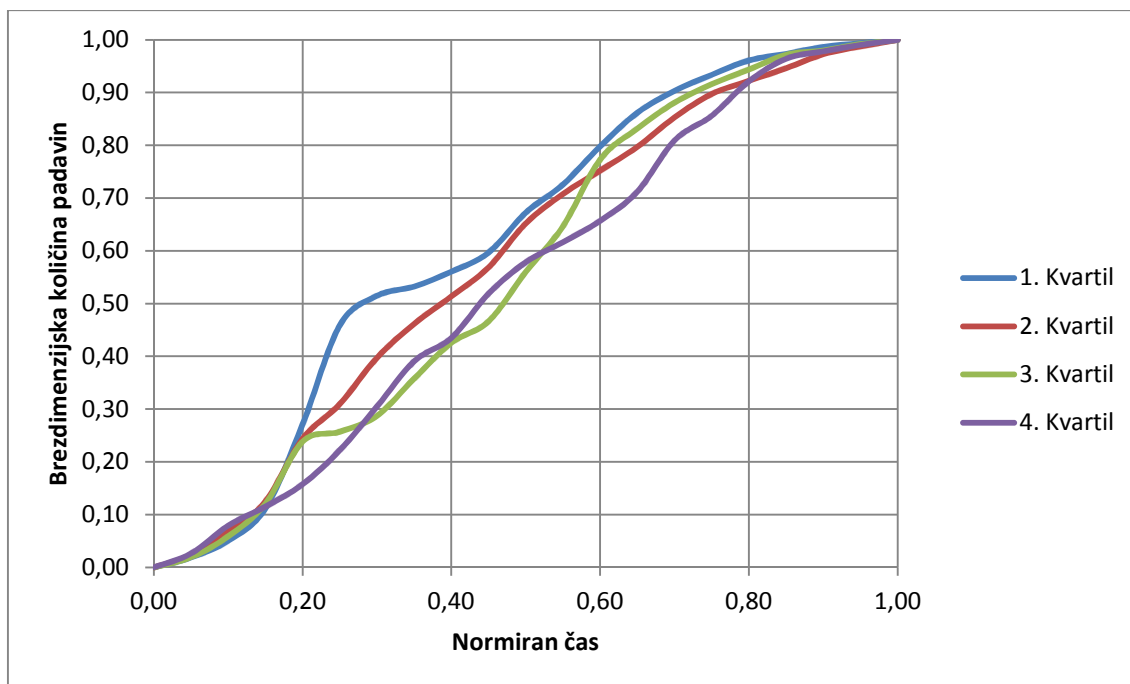
padli količini padavin med 1. in 4. kvartilom je ob normiranem času 0.5 enaka kar 34 odstotkov.



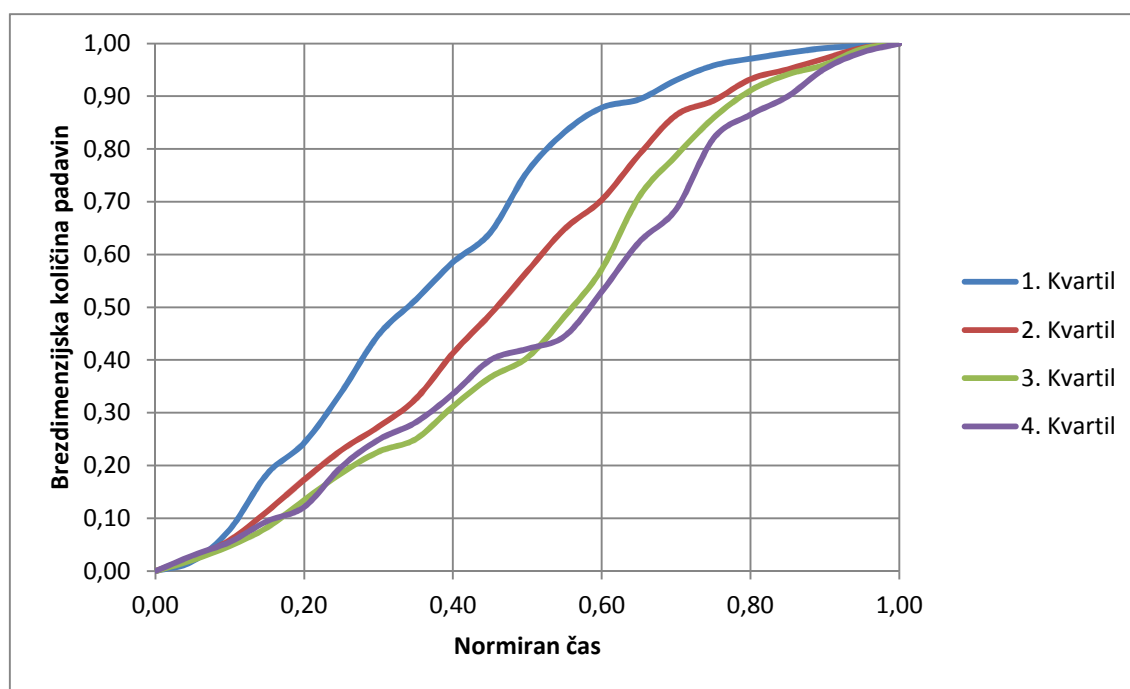
Slika 7 - 50-percentilne Huffove krivulje za Ljubljano za vse štiri kvartile



Slika 8 - 50-percentilne Huffove krivulje za Mursko Soboto za vse štiri kvartile



Slika 9 - 50-percentilne Huffove krivulje za Novo mesto za vse štiri kvartile



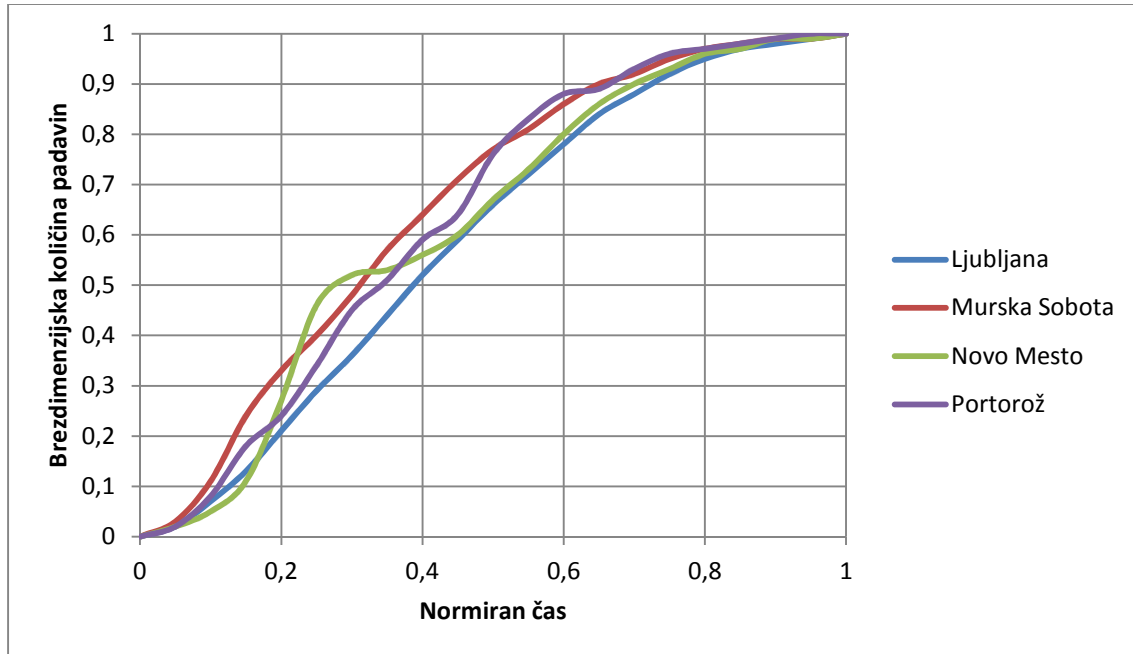
Slika 10 - 50-percentilne Huffove krivulje za Portorož za vse štiri kvartile

Zanimiva je tudi razporeditev neviht po samih kvartilih. Največ neviht se namreč nahaja v drugem kvartilu, ki predstavlja nevihte s trajanjem od 6 do 12 ur. Najmanj neviht se nahaja v četrtem kvartilu, ki predstavlja nevihte s trajanjem nad 18 ur. Zaradi robustnosti samih Huffovih krivulj (Bonta, 2004, Yen et al., 1980), lahko kvartile definiramo tudi drugače in s tem dobimo bolj enakomerno porazdelitev po kvartilih.

Primerjava 50-percentilnih krivulj za izbrane meteorološke postaje v prvem kvartilu pokaže očitne razlike v časovni razporeditvi količine padavin (slika 11). Za vse štiri kvartile se je izkazalo, da je krivulja za Mursko Soboto najvišje, za Ljubljano pa najnižje.

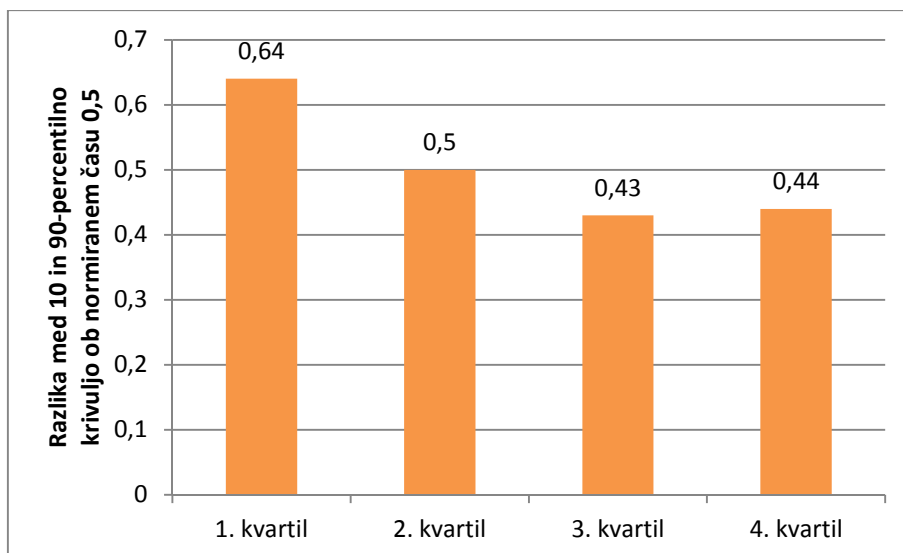
Krivulji za Novo mesto in Portorož pa se v vseh kvartilih v večini časa nahajata med omenjenima krivuljama in se prepletata.

Največje razlike med postajami smo opazili v tretjem kvartilu. Pri krivulji za Portorož je namreč opaziti, da je med normiranim časom 0.3 in 0.65 od ostalih krivulj nižja za povprečno 10 odstotkov.



Slika 11 - 50-percentilne Huffove krivulje za izbrane meteorološke postaje v prvem kvartilu

Pri analizi Huffovih krivulj za Ljubljano in Novo mesto smo opazili, da so razlike med 10- in 90-percentilno krivuljo v prvem kvartilu zelo velike. Razlika pa se s kvartili manjša, kar je razvidno na primeru Ljubljane (slika 12). Pri podatkih za Portorož je razlika največja v četrtem in prvem kvartilu, v ostalih dveh pa je za 10 odstotkov manjša. Pri meteorološki postaji Murska Sobota je največja razlika v drugem kvartilu, najmanjša pa v tretjem in četrtem. Razlike med 10- in 90-percentilno krivuljo ne sledijo v vseh primerih razporeditvi neviht po kvartilih, ki jih prikazuje preglednica 1.



Slika 12 - Razlika med 10- in 90-percentilno krivuljo ob normiranem času 0,5 za meteorološko postajo Ljubljana-Bežigrad

Zaključki

Huffove krivulje predstavljajo statistično povprečno odvisnost količine padavin od časa. Izdelava Huffovih krivulj za izbrane meteorološke postaje je pokazala dovolj velike razlike med njimi, da ne moremo predpostaviti ene oblike Huffovih krivulj za celotno Slovenijo ali kak večji del. Iz rezultatov lahko vidimo, da je smiselno izdelati Huffove krivulje še za ostale meteorološke postaje in njihove krivulje med seboj primerjati. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi Burke (1980) in Bonta (2008).

Razlike med samimi kvartili, se pravi med različnimi časi trajanja nevihte, so nam pokazale bistvene razlike v razporeditvi padavin in poziciji konice intenzitete. To dejstvo smo ugotovili pri vseh meteoroloških postajah. Z izbiro drugačnih mej kvartilov, se lahko izdela Huffove krivulje za specifične čase.

Poleg samih razlik med kvartili in meteorološkimi postajami, pa smo opazili tudi nekaj podobnosti in sicer opazen premik 50-percentilne krivulje navzdol od prvega do četrtega kvartila ter spreminjajoče razlike med 10 in 90-percentilno krivuljo glede na kvartil. Pomembna ugotovitev je tudi, da se večina neviht nahaja v drugem kvartilu., Do podobnih ugotovitev so prišli tudi avtorji drugih podobnih študij (Huff , 1967; Huff, 1990; Azli in Rao, 2010; Gonzales Nieves, 2005)

Literatura

- ARSO (2012). Padavinski podatki. Message to: Zupančič, B., 30.3.2012. Osebna komunikacija.
- Azli, M., Rao, A.R. (2010). Development of Huff curves for Peninsular Malaysia. *Journal of Hydrology*, Vol 388: str. 77-84.
- Bonta, J., V. (2004). Development and utility of Huff curves for disaggregating precipitation amounts. *Applied Engineering in Agriculture*, Vol 20: str. 641–653.
- Bonta, J., V. (2004). Stochastic simulation of storm occurrence, depth, duration, and within-storm intensities. *American Society of Agricultural Engineers*, Vol 47: str. 1573–1584.
- Dolšak, D. 2012.

- Bonta, J., V., Nayak, A. (2008). Characterizing Times Between Storms in Mountainous Areas. Transactions of the ASABE. 51(6): str. 1-16.
- Burke, C., B., Rao, A., R., Gray, D., D. (1980). Duration and temporal distribution of storms in urban drainage design. International Symposium on Urban Storm Runoff, str. 71–79.
- Huff, F. (1967). Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms. Water Resources Research, 3: 1007–1019.
- Huff, F. (1990). Time Distributions of Heavy Rainstorms in Illinois. Illinois State Water Survey, Champaign, Circular 173: 18 str.
- Gonzales Nieves, V. (2005). Temporal rainfall distributions in Puerto Rico
- Mreža postaj z registracijo padavin. (2007).
http://www.arso.gov.si/vreme/o%20meritvah/mreza_ombrografi.html (24. 6. 2012.)
- Yen, C., Chow, T. (1980). Design Hyetographs for Small Drainage Structures, Journal of the Hydraulics Division, ASCE 106: 1055–1076.