

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Dolšak, D. 2012. Statistična analiza padavin – izdelava Huffovih krivulj. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Šraj, M., somentor Brilly, M.): 69 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Dolšak, D. 2012. Statistična analiza padavin – izdelava Huffovih krivulj. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Šraj, M., co-supervisor Brilly, M.): 69 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
PRVE STOPNJE VODARSTVA
IN KOMUNALNEGA
INŽENIRSTVA**

Kandidat:

DOMEN DOLŠAK

**STATISTIČNA ANALIZA PADAVIN - IZDELAVA
HUFFOVIH KRIVULJ**

Diplomska naloga št.: 6/B-VKI

**STATISTICAL ANALYSIS OF PRECIPITATION -
DEVELOPMENT OF HUFF CURVES**

Graduation thesis No.: 6/B-VKI

Mentorica:
doc. dr. Mojca Šraj

Predsednik komisije:
doc. dr. Dušan Žagar

Somentor:
prof. dr. Mitja Brilly

Ljubljana, 25. 09. 2012

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Domen Dolšak izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Statistična analiza padavin – izdelava Huffovih krivulj«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, september 2012

Domen Dolšak

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	551.577(043.3)
Avtor:	Domen Dolšak
Mentor:	doc. dr. Mojca Šraj
Somentor:	prof. dr. Mitja Brilly
Naslov:	Statistična analiza padavin – izdelava Huffovih krivulj
Tip dokumenta:	diplomsko delo
Obseg in oprema:	69 str., 6 pregl., 92 sl.
Ključne besede:	Huffove krivulje, padavine, statistična analiza padavin, normirane brezdimenzijske krivulje padavin, čas med padavinskimi dogodki

Izvleček

Huff je leta 1967 vpeljal družino normiranih brezdimenzijskih krivulj, ki kažejo časovno razporeditev količine padavin znotraj padavinskih dogodkov na podlagi podatkov za daljše časovno obdobje. Te krivulje nam pomagajo pri določanju projektne pretoka in izdelavi sintetičnih histogramov pri hidrološkem modeliranju.

V prvem delu naloge smo ugotavljali vpliv izbire različnih parametrov, ki definirajo neodvisne nevihte, kar posledično vpliva na obliko končnih Huffovih krivulj. Ugotovili smo, da najboljše rezultate dobimo z izbiro minimalnega časa brez padavin med nevihtami MDPD (angl. *minimum dry period duration*) 6 ur in največjega časa brez padavin znotraj nevihte 1 uro. Analiza teh vplivov je bila narejena za meteorološko postajo Ljubljana-Bežigrad za obdobje od leta 1948 do 2010.

V drugem delu 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. 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 ugotovimo, da ne moremo predpostaviti enotne oblike Huffove krivulje za celo Slovenijo.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC:	551.577(043.3)
Author:	Domen Dolšak
Supervisor:	Assist. Prof. Mojca Šraj, PhD.
Cosupervisor:	Prof. Mitja Brilly, PhD.
Title:	Statistical analysis of precipitation – development of Huff curves
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Scope and tools:	69 p., 6 tab., 92 fig.
Keywords:	Huff curves, precipitation, statistical analysis of precipitation, dimensionless mass curves, time between storms

Abstract

In 1967 Huff introduced family of dimensionless mass curves that show time distribution of precipitation within precipitation events and were developed from data measured over long time period. These curves are used for determination of design discharge and development of synthetic hyetographs for hydrological modeling.

The objective of study was to determine influence of different parameters that define storm and could be influential on form of Huff curves. Study showed that most relevant results come from combination of values for MDPD (minimum dry period duration) of 6 hours and for maximum dry period duration during storm of 1 hour. Results were obtained for meteorological station Ljubljana-Bežigrad for the period from 1948 to 2011.

In second part of the study Huff curves for meteorological stations Ljubljana, Murska Sobota, Novo Mesto and Portorož were developed. Data for meteorological station Ljubljana ranged from 1948 to 2010 and for other meteorological stations from 1970 to 2011. Analysis of data showed that form of Huff curves and number of storms that correspond to definition of independent storm differ from station to station. Differences were too great to assume only one form of Huff curves for all stations in Slovenia.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorici doc. dr. Mojci Šraj, ter Agenciji RS za okolje za posredovane podatke. Prav tako bi se rad zahvalil svoji družini za podporo v času študija.

KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	IX
1 UVOD	1
1.1 Pregled literature.....	2
1.2 Cilj diplomske naloge	2
2 HUFFOVE KRIVULJE	4
2.1 Primer uporabe Huffovih krivulj.....	6
2.2 Definicija neodvisnega padavinskega dogodka.....	6
3 POSTOPEK IZDELAVE HUFFOVIH KRIVULJ	9
4 IZRAČUN HUFFOVIH KRIVULJ Z RAZLIČNO IZBIRO VMESNEGA ČASA MED PADAVINSKIMI DOGODKI.....	14
4.1 Vpliv izbire vmesnega časa (MDPD) na število neviht.....	15
4.2 Končne Huffove krivulje za 1. kvartil	17
4.3 Končne Huffove krivulje za 2. kvartil	19
4.4 Končne Huffove krivulje za 3. kvartil	21
4.5 Končne Huffove krivulje za 4. kvartil	22
5 HUFFOVE KRIVULJE ZA IZBRANE POSTAJE V SLOVENIJI.....	23
5.1 Ljubljana.....	23
5.1.1 Opis merilne postaje.....	23
5.1.2 Podatki.....	25
5.1.3 Rezultati.....	26
5.2 Murska Sobota.....	30
5.2.1 Opis merilne postaje.....	30
5.2.2 Podatki.....	31
5.2.3 Rezultati.....	32
5.3 Novo Mesto.....	36
5.3.1 Opis merilne postaje.....	36
5.3.2 Podatki.....	37
5.3.3 Rezultati.....	38
5.4 Portorož.....	43
5.4.1 Opis merilne postaje.....	43

5.4.2	Podatki	44
5.4.3	Rezultati	45
6	PRIMERJAVA IN ANALIZA REZULTATOV	51
6.1	Primerjava rezultatov vpliva vmesnega časa na število neodvisnih padavinskih dogodkov	51
6.2	Primerjava in analiza Huffovih krivulj za različne meteorološke postaje po Sloveniji.....	53
6.2.1	Primerjava števila neodvisnih padavinskih dogodkov.....	53
6.2.2	Razdelitev neviht po kvartilih	55
6.2.3	Primerjava in analiza Huffovih krivulj za meteorološko postajo Ljubljana.....	55
6.2.4	Primerjava in analiza Huffovih krivulj za meteorološko postajo Murska Sobota.....	57
6.2.5	Primerjava in analiza Huffovih krivulj za meteorološko postajo Novo mesto	58
6.2.6	Primerjava in analiza Huffovih krivulj za meteorološko postajo Portorož.....	60
6.2.7	Primerjava Huffovih krivulj med meteorološkimi postajami za prvi kvartil	61
6.2.8	Primerjava Huffovih krivulj med meteorološkimi postajami za drugi kvartil	62
6.2.9	Primerjava Huffovih krivulj med meteorološkimi postajami za tretji kvartil	63
6.2.10	Primerjava Huffovih krivulj med meteorološkimi postajami za četrti kvartil.....	65
7	ZAKLJUČKI.....	66
	VIRI.....	68

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Število neviht, ki ustrezajo različnim kriterijem za izbiro neodvisnega padavinskega dogodka.....	15
Preglednica 2: Točke, ki definirajo 50-percentilne krivulje za merilno postajo Ljubljana	29
Preglednica 3: Točke ki definirajo 50-percentilne krivulje za merilno postajo v Murski Soboti.....	35
Preglednica 4: Točke, ki definirajo 50-percentilne krivulje za merilno postajo v Novem mestu	42
Preglednica 5: Točke, ki definirajo 50-percentilne krivulje za merilno postajo v Portorožu	49
Preglednica 6: Razporeditev neviht po kvartilih za izbrane meteorološke postaje	Error! Bookmark not defined.

KAZALO SLIK

Slika 1: Huffove krivulje za zvezno državo Illinois -1. kvartil (prirejeno po Huffu, 1967).....	4
Slika 2: Huffove krivulje za zvezno državo Illinois -2. kvartil (prirejeno po Huffu, 1967).....	5
Slika 3: Huffove krivulje za zvezno državo Illinois -3. kvartil (prirejeno po Huffu, 1967).....	5
Slika 4: Huffove krivulje za zvezno državo Illinois -4. kvartil (prirejeno po Huffu, 1967).....	6
Slika 5: Vpliv števila neodvisnih padavinskih dogodkov na formiranje Huffovih krivulj (prirejeno po Bonti, 2004)	7
Slika 6: Vpliv količine padavin na formacijo Huffovih krivulj (prirejeno po Bonti, 2004).....	8
Slika 7: Primer zapisa pridobljenih podatkov za padavinsko postajo Ljubljana -Bežigrad	9
Slika 8: Pluviograf, s katerim pridobimo podatke o časovni razporeditvi padavin (Anemometerbau GmbH, 2012)	9
Slika 9: Kumulativne krivulje v Ljubljani za nevihte, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek.....	10
Slika 10: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Ljubljani, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 1. kvartil.	11
Slika 11: Graf točk, kjer brezdimenzijske krivulje sekajo vertikalne linije normiranega časa v razmikih 0,05.	12
Slika 12: Družina Huffovih krivulj za 1. kvartil, za padavinsko postajo Ljubljana–Bežigrad.....	13
Slika 13: Shematični prikaz časov, ki definirajo določen neodvisni padavinski dogodek (prirejeno po Bonti, 2004)	15
Slika 14: Kumulativne krivulje padavin v Ljubljani za nevihte, ki ustrezajo kriteriju MDPD = minimalno 6 ur in $D = 0$	16
Slika 15: Kumulativne krivulje padavin v Ljubljani za nevihte, ki ustrezajo kriteriju MDPD = minimalno 4 ure in $D = 0$	16
Slika 16: Kumulativne krivulje padavin v Ljubljani za nevihte, ki ustrezajo kriteriju MDPD = minimalno 6 ur in $D =$ maksimalno 1 ura.....	16
Slika 17: Graf normiranega časa in količin padavin za nevihte v prvem kvartilu za Ljubljano. Nevihte ustrezajo pogojem MDPD = minimalno 4 ure, $D = 0$	17

Slika 18: Graf normiranega časa in količin padavin za nevihte v prvem kvartilu za Ljubljano. Nevihte ustrezajo pogojem MDPD = minimalno 6 ur, D = 0.....	17
Slika 19 Graf normiranega časa in količin padavin za nevihte v prvem kvartilu za Ljubljano. Nevihte ustrezajo pogojem MDPD = minimalno 6 ur, D=0, D = maksimalno 1 ura	17
Slika 20: Huffove krivulje za Ljubljano, 1. kvartil, MDPD = minimalno 4 ure, D = 0	18
Slika 21: Huffove krivulje za Ljubljano, 1. kvartil, MDPD = minimalno 6 ur, D = 0	18
Slika 22: Huffove krivulje za Ljubljano, 1. kvartil, MDPD = minimalno 6 ur in D = maksimalno 1 ura	18
Slika 23: Graf normiranega časa in količin padavin za nevihte v drugem kvartilu za Ljubljano. Nevihte ustrezajo pogojem MDPD = minimalno 4 ure, D = 0.....	19
Slika 24: Graf normiranega časa in količin padavin za nevihte v drugem kvartilu za Ljubljano. Nevihte ustrezajo pogojem MDPD = minimalno 6 ur, D = 0.....	19
Slika 25 Graf normiranega časa in količin padavin za nevihte v drugem kvartilu za Ljubljano. Nevihte ustrezajo pogojem MDPD = minimalno 6 ur, D = maksimalno 1 ura	19
Slika 26: Huffove krivulje za Ljubljano, 2. kvartil, MDPD = minimalno 4 ure, D = 0	20
Slika 27: Huffove krivulje za Ljubljano, 2. kvartil, MDPD = minimalno 6 ur, D = 0	20
Slika 28: Huffove krivulje za Ljubljano, 2. kvartil, MDPD = minimalno 6 ur in D = maksimalno 1 ura	20
Slika 29: Graf normiranega časa in količin padavin za nevihte v drugem kvartilu za Ljubljano. Nevihte ustrezajo pogojem MDPD = minimalno 6 ur, D = maksimalno 1 ura	21
Slika 30: Huffove krivulje za Ljubljano, 3. kvartil, MDPD = minimalno 6 ur in D = maksimalno 1 ura	21
Slika 31: Graf normiranega časa in količin padavin za nevihte v drugem kvartilu za Ljubljano. Nevihte ustrezajo pogojem MDPD = minimalno 6 ur, D = maksimalno 1 ura	22
Slika 32: Huffove krivulje za Ljubljano, 3. kvartil, MDPD = minimalno 6 ur in D = maksimalno 1 ura	22
Slika 33: Mreža padavinskih postaj z označenimi izbranimi postajami (Mreža postaj z registracijo padavin, 2007).....	23
Slika 34: Lokacija meteorološke postaje Ljubljana-Bežigrad (Geopedia, 2012)	24
Slika 35: Meteorološki opazovalni prostor Ljubljana-Bežigrad (Nadbath, 2008).....	24

Slika 36: Povprečne mesečne padavine in temperature v Ljubljani (1971-2000) (Diagrami meteoroloških postaj, 2012).....	25
Slika 37: Kumulativne krivulje padavin v Ljubljani za nevihte, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek	25
Slika 38: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Ljubljani, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 1. kvartil	26
Slika 39: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Ljubljani, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 2. kvartil.	26
Slika 40: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Ljubljani, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 3. kvartil.	26
Slika 41: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Ljubljani, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 4. kvartil	27
Slika 42: Grafi, ki prikazujejo točke, kjer brezdimenzijske krivulje sekajo vertikalne linije normiranega časa v razmikih 0,05 - levo zgoraj je graf za prvi kvartil, desno zgoraj za drugi kvartil, levo spodaj za tretji kvartil in desno spodaj se nahaja graf za četrti kvartil	27
Slika 43: 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	28
Slika 44: 50-percentilne Huffove krivulje za Ljubljano za vse štiri kvartile	29
Slika 45: Lokacija meteorološke postaje Murska Sobota -Rakičan (Geopedia, 2012).....	30
Slika 46: Povprečne mesečne padavine in temperature v Murski Soboti (1971-2000) (Diagrami meteoroloških postaj, 2012).....	31
Slika 47: Kumulativne krivulje padavin v Murski Soboti za nevihte, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek	31
Slika 48: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Murski Soboti, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 1. kvartil.....	32
Slika 49: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Murski Soboti, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 2. kvartil.....	32
Slika 50: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Murski Soboti, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 3. kvartil.....	32
Slika 51: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Murski Soboti, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 4. Kvartil.....	33

Slika 52: Grafi, ki prikazujejo točke, kjer brezdimenzijske krivulje sekajo vertikalne linije normiranega časa v razmikih 0,05 - levo zgoraj je graf za prvi kvartil, desno zgoraj za drugi kvartil, levo spodaj za tretji kvartil in desno spodaj se nahaja graf za četrti kvartil	33
Slika 53: 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.	34
Slika 54: 50-percentilne Huffove krivulje za Mursko Soboto za vse štiri kvartile.....	35
Slika 55: Lokacija meteorološke postaje Novo Mesto (Geopedia, 2012)	36
Slika 56: Vremenska postaja Novo mesto (Levičar, 2007)	37
Slika 57: Povprečne mesečne padavine in temperature v Novem mestu (1971-2000) (Diagrami meteoroloških postaj, 2012).....	37
Slika 58: Kumulativne krivulje padavin v Novem mestu za nevihte, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek	38
Slika 59: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Novem mestu, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 1. kvartil.....	38
Slika 60: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Novem mestu, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 2. kvartil.....	39
Slika 61: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Novem mestu, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 3. kvartil.....	39
Slika 62: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Novem mestu, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 4. kvartil.....	39
Slika 63: Grafi, ki prikazujejo točke, kjer brezdimenzijske krivulje sekajo vertikalne linije normiranega časa v razmikih 0,05 - levo zgoraj je graf za prvi kvartil, desno zgoraj za drugi kvartil, levo spodaj za tretji kvartil in desno spodaj se nahaja graf za četrti kvartil	40
Slika 64: 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.	41
Slika 65: 50-percentilne Huffove krivulje za Novo mesto za vse štiri kvartile.....	42
Slika 66: Lokacija meteorološke postaje Portorož (Geopedia, 2012)	43
Slika 67: Meteorološka postaja Portorož (ARSO, 2010, cit. po Cesar, 2011).....	44
Slika 68: Povprečne mesečne padavine in temperature v Portorožu (1971-2000) (Diagrami meteoroloških postaj, 2012).....	44

Slika 69: Kumulativne krivulje padavin v Portorožu za nevihte, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek	45
Slika 70: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Portorožu, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 1. kvartil	45
Slika 71: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Portorožu, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 1. kvartil	46
Slika 72: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Portorožu, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 1. kvartil	46
Slika 73: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Portorožu, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 1. kvartil	46
Slika 74: Grafi, ki prikazujejo točke, kjer brezdimenzijske krivulje sekajo vertikalne linije normiranega časa v razmikih 0,05 - levo zgoraj je graf za prvi kvartil, desno zgoraj za drugi kvartil, levo spodaj za tretji kvartil in desno spodaj se nahaja graf za četrti kvartil	47
Slika 75: 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.	48
Slika 76: 50-percentilne Huffove krivulje za Portorož za vse štiri kvartile	49
Slika 77: Primerjava števila neviht po kvartilih glede na izbrane kriterije za neodvisen padavinski dogodek.....	51
Slika 78: Primerjava porazdelitve neviht po kvartilih.....	52
Slika 79: Povprečno število neodvisnih padavinskih dogodkov na leto	54
Slika 80: Povprečno število ur na dan, ko pluviograf ni mogel zabeležiti padavin	54
Slika 81: Razlika med 10 in 90-percentilno krivuljo ob normiranem času 0,5 za meteorološko postajo Ljubljana-Bežigrad	56
Slika 82: Razlika vrednosti brezdimenzijske količine padavin ob normiranem času 0,5 glede na kvartil za meteorološko postajo Ljubljana	56
Slika 83: Razlika med 10 in 90-percentilno krivuljo ob normiranem času 0,5 za meteorološko postajo Murska Sobota-Rakičan.....	58
Slika 84: Razlika v vrednosti brezdimenzijske količine padavin ob normiranem času 0,5 glede na kvartil za meteorološko postajo Murska Sobota-Rakičan	58
Slika 85: Razlika med 10 in 90-percentilno krivuljo ob normiranem času 0,5 za meteorološko postajo Novo mesto.....	59

Slika 86: Razlika v vrednosti brezdimenzijske količine padavin ob normiranem času 0,5 glede na kvartil za meteorološko postajo v Novem mestu	60
Slika 87: Razlika med 10 in 90-percentilno krivuljo ob normiranem času 0,5 za meteorološko postajo Portorož.....	61
Slika 88: Razlika v vrednosti brezdimenzijske količine padavin ob normiranem času 0,5 glede na kvartil za meteorološko postajo v Portorožu.....	61
Slika 89: 50-percentilne Huffove krivulje za izbrane meteorološke postaje v prvem kvartilu	62
Slika 90: 50-percentilne Huffove krivulje za izbrane meteorološke postaje v drugem kvartilu	63
Slika 91: 50-percentilne Huffove krivulje za izbrane meteorološke postaje v tretjem kvartilu	64
Slika 92: 50-percentilne Huffove krivulje za izbrane meteorološke postaje v četrtem kvartilu.....	65

1 UVOD

Hidrologija je znanost, ki se ukvarja z lastnostmi in gibanjem vode. Njena naloga je preučevanje kroženja vode v naravi in njenih pojavnih oblik, porazdelitve gibanja in lastnosti (Brilly in Šraj, 2005). Pomembni deli hidrologije predstavljajo padavine in njihova časovna porazdelitev. Padavine predstavljajo vso vodo, ki pade na površino zemlje v obliki dežja, snega, rose, toče... (Brilly in Šraj, 2005). Ločimo konktivne, orografske in ciklonske padavine. Na porazdelitev padavin pa seveda vpliva tudi geografska širina, bližina morja, relief, gozdovi in večja mesta (Brilly in Šraj, 2005).

Mera za množino padavin je debelina vodne plasti na vodoravnih tleh, če ta voda ni izhlapela, odtekla ali pronicala v zemljo (Brilly in Šraj, 2005). Meritve padavin, ki so pomembne za časovno porazdelitev padavin, se opravljajo z ombrografi oziroma pluviografi. Meritve opravlja Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) z mrežo postaj, ki so razporejene po Sloveniji.

Za grafično predstavitev padavin v odvisnosti od časa se uporablja histogram padavin. Dodatno se za boljšo predstavitev o poteku padavin v določenem času uporablja tudi kumulativni histogram. Vendar vsi ti podatki zajemajo zgolj en dogodek in se ne nanašajo na že prej zbrane podatke. Zato je Huff (1967) vpeljal družino normiranih brezdimenzijskih krivulj, ki kažejo časovno razporeditev padavin, ki so se zgodile v daljšem časovnem obdobju.

S povečano pozidavo zemljišč s cestami, parkirišči, objekti itd. se zmanjšuje koeficient hrapavosti in padavinska voda s teh površin hitreje odteče v zbiralne sisteme meteornih vod. Zmanjšanje infiltracije pomeni povečanje površinskega odtoka, kar povzroči povečane konične pretoke v sistemu. V primerjavi z nezazidanim okoljem, kjer se voda v večji meri infiltrira, počasneje odteka in s tem v večji meri izhlapi, je potrebno v urbanih naseljih projektirati odvodnjavanje meteorne vode. Za projektiranje takega sistema potrebujemo podatke o nalivih in količini padavin v odvisnosti od časa in povratne dobe.

Tudi za izdelavo sintetičnih histogramov je potrebno vedeti v katerem delu padavinskega dogodka se tipično zgodi največja intenziteta padavin. V hidrološke programe, ki izdelujejo sintetične histograme, kot je na primer HEC-HMS, je potrebno vnesti v kateri četrtini padavinskega dogodka se zgodi konica padavin. Ta podatek je moč razbrati iz Huffovih krivulj, ki prikazujejo časovno razporeditev padavin na podlagi meritev.

1.1 Pregled literature

Huff (1967) je v svojem delu predstavil družino krivulj na podlagi podatkov o padavinah v zvezni državi Illinois, ki prikazujejo normirano količino padavin v odvisnosti od normiranega časa. Uporabil je 15-minutne podatke o količini padavin, pridobljenih s pomočjo ombrometrov, v časovnem obdobju 12 let. Padavine je razvrstil glede na čas trajanja v štiri kvartile, od 3 do 48 ur. Prvi kvartil vsebuje dogodke, ki trajajo od 3 do 6 ur, v drugem kvartilu so dogodki od 6 do 12 ur, v tretjem od 12 do 24 ur in v četrtem od 24 do 48 ur. Podal je tudi pogoj za opredelitev določenega padavinskega dogodka kot neodvisnega in sicer je moralo v določenem dogodku pasti vsaj 12,7 mm padavin, med dogodki je moralo biti vsaj 6 ur razlike in minimalni čas dogodka je moral biti 3 ure. Dodatno je za vsak kvartil definiral percentilne krivulje od 10 do 90 percentilov. Tako je dobil družino 9 krivulj za vsak kvartil, skupno torej 36 krivulj.

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.

Bonta in Rao (1989) sta ugotovila manjše spremembe v primerjavi Huffovih krivulj izdelanih za zvezno državo Illinois in Texas. Ugotovila sta, da so krivulje sicer podobne, vendar se razlikujejo v dovolj veliki meri, da predlagata nadaljnje primerjave med Huffovimi krivuljami za različna območja.

Bonta (2004) je raziskal vpliv različnih parametrov za izbiro neodvisnega padavinskega dogodka in ugotovil, da na obliko Huffovih krivulj močno vpliva število neodvisnih padavinskih dogodkov in izbira minimalne količine padavin, ki jo je Huff (1967) definiral kot 12,7 mm (pol inča).

Bonta (2004) je ugotovil tudi, da izbira minimalnega časa med neodvisnimi padavinskim dogodki nima večjega vpliva na obliko Huffovih krivulj. Tako sta Yen in Chow (1980) uporabila zgolj eno uro kot minimalni čas, medtem ko je Huff (1967) uporabil 6 ur. Ker Huff ni posebej definiral izbire časa 6 ur, je Bonta (2004) uporabil eksponentno metodo za določitev vmesnega časa. Ta metoda je poleg izbire 6 ur, ki jo je uporabil Huff, najbolj razširjena.

1.2 Cilj diplomske naloge

Cilj diplomske naloge je za padavinske podatke za izbrane meteorološke postaje: Ljubljana, Novo mesto, Murska Sobota in Portorož ustvariti brezdimenzijske Huffove krivulje in na ta način ugotoviti

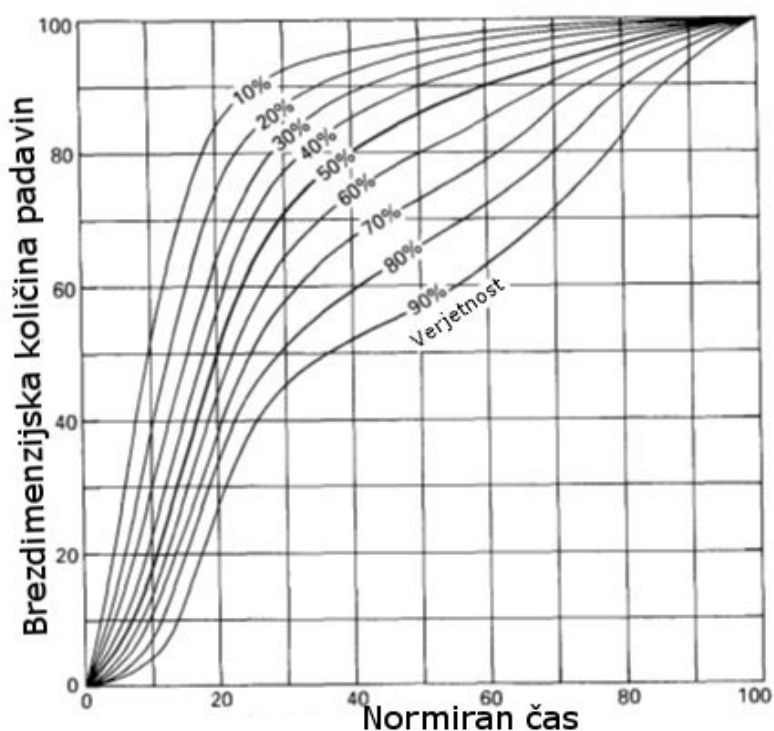
tipično časovno razporeditev padavin znotraj padavinskega dogodka. Podatki, ki smo jih dobili od Agencije republike Slovenije za okolje, so za postajo Ljubljana-Bežigrad od leta 1948 do 2010, za ostale meteorološke postaje pa smo dobili podatke od leta 1970 do 2011 (ARSO, 2012). Podatki so 5-minutni zapisi pluviografa.

V prvem delu naloge smo predstavili teoretične osnove, v drugem delu pa smo iz podatkov morali izločiti neodvisne padavinske dogodke in jih nato razvrstiti v kvartile glede na dolžino dogodka. Nato smo iz podatkov naredil brezdimenzijske grafe padavin v odvisnosti od časa. Grafe smo analizirali in nato zrisali samostojne Huffove krivulje za vsak kvartil posebej. To smo naredili za vse štiri izbrane meteorološke postaje in nato primerjali dobljene rezultate. Dodatno pa smo analizirali tudi vpliv izbire parametrov za določitev neodvisnega padavinskega dogodka na končne Huffove krivulje.

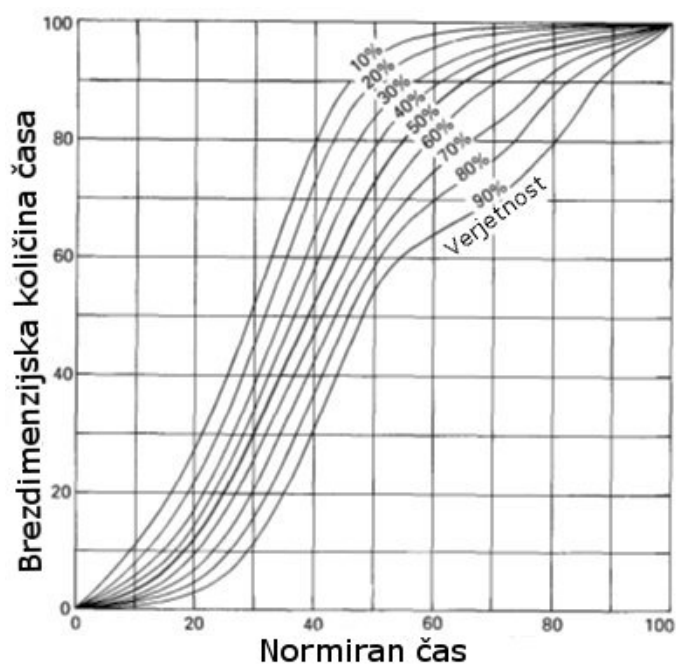
2 HUFFOVE KRIVULJE

Huff (1967) je na podlagi podatkov o 261 nevihtah iz 49 padavinskih postaj za 12 let nazaj izdelal kumulativne brezdimenzijske krivulje, s katerimi je lahko primerjal posamezne nevihte in njihove intenzitete.

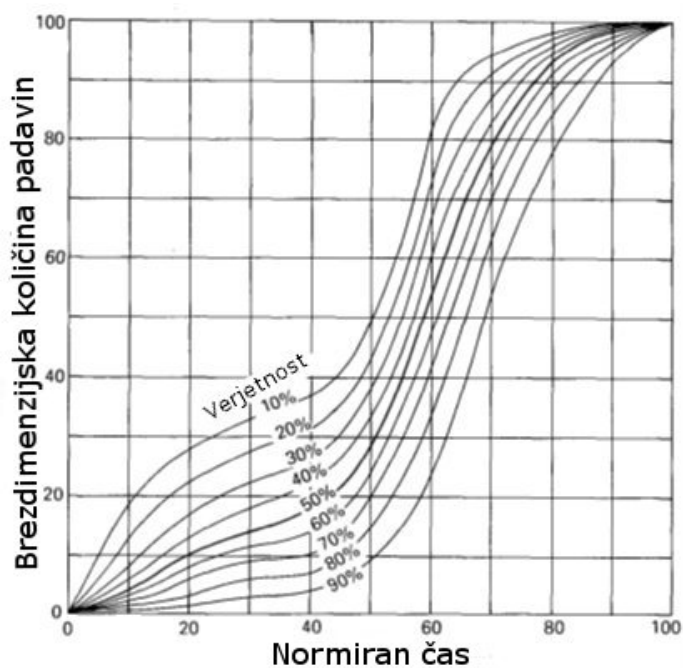
Poleg definiranja nevihte kot neodvisnega padavinskega dogodka, za katerega velja, da pred in po njem ni padavin vsaj 6 ur in da je minimalna količina padavin v nevihti vsaj 12,7 mm, je Huff (1967) nevihte razdelil še v štiri kvartile. Kvartili so definirani glede na trajanje padavin. V prvi kvartil 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 dodatno razdelitev na kvartile se je odločil, ker se časovna razporeditev količine padavin s trajanjem padavinskega dogodka spreminja. Huff je ugotovil, da v prvem kvartilu največ padavin pade v prvem delu trajanja, v četrtem kvartilu pa največ padavin pade v drugem delu trajanja.



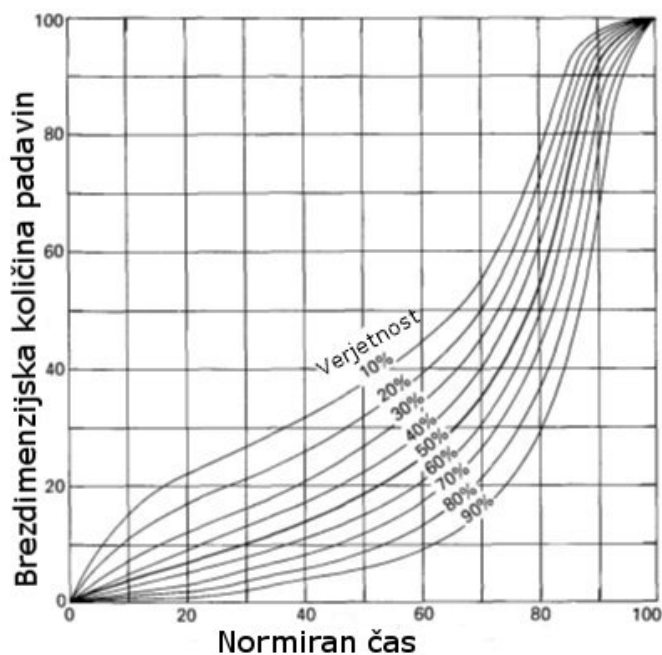
Slika 1: Huffove krivulje za zvezno državo Illinois -1. kvartil (prirejeno po Huffu, 1967)



Slika 2: Huffove krivulje za zvezno državo Illinois -2. kvartil (prirejeno po Huffu, 1967)



Slika 3: Huffove krivulje za zvezno državo Illinois -3. kvartil (prirejeno po Huffu, 1967)



Slika 4: Huffove krivulje za zvezno državo Illinois -4. kvartil (prirejeno po Huffu, 1967)

Huffove krivulje predstavljajo družino krivulj, ki so razdeljene glede na verjetnost in kvartil, v katerem se nahajajo. Tako je v prvem kvartilu skupaj 9 krivulj, ki predstavljajo percentile. Skupaj se tako izdelava za eno postajo 36 krivulj.

2.1 Primer uporabe Huffovih krivulj

Huffove krivulje so uporabne pri določevanju količine padavin, ki se glede na zgodovinske podatke z določeno verjetnostjo zgodijo v določenem času. Za primer vzemimo nevihto, v kateri pade 100 mm padavin v času 6 ur. Ta nevihta se uvrsti v prvi kvartil, v katerem so nevihte od treh do šestih ur. Če pogledamo sliko 1 in vzamemo za primer 50-percentilno krivuljo, lahko vidimo, da v prvih 10 procentih časa (36 minut) pade 18% vseh padavin, kar v tem primeru predstavlja 18 mm. Tako lahko tudi vidimo, da do polovice časa trajanja nevihte pade že 85% padavin, kar predstavlja 85 mm.

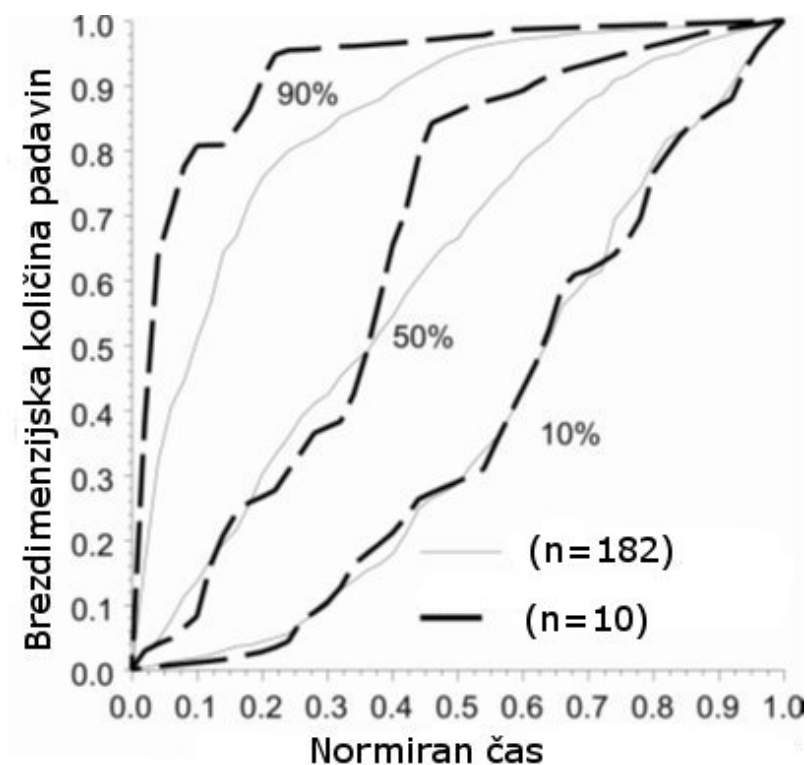
2.2 Definicija neodvisnega padavinskega dogodka

Za izdelavo Huffovih brezdimenzijskih krivulj moramo najprej določiti neodvisne padavinske dogodke. Neodvisen padavinski dogodek oziroma posamezna nevihta je obdobje padavin, ki se začne in konča z daljšim časom brez padavin. Dodatno je potrebno upoštevati minimalno trajanje padavin in minimalno količino padavin.

Za določitev minimalnih časov pred in po padavinah, ki bi definirali padavinski dogodek, se uporablja več različnih metod. Prva metoda, ki jo je uporabil Huff (1967) in kasneje tudi Yen in Chow (1980), je

metoda, kjer se čas pred in po padavinskem dogodku definira vnaprej. Huff (1967) je uporabil za razčlenitev dogodkov čas 6 ur, Yen in Chow (1980) pa 1 uro. Nihče od zgoraj naštetih avtorjev ni obširneje razlagal zakaj in kako je prišel do teh časov. Po analizah, ki jih je predstavil Bonta (2004) sledi, da so končne Huffove krivulje neobčutljive na izbiro metode, ki definira minimalni čas med neodvisnimi padavinskimi dogodki. Naslednja metoda se imenuje metoda avtokorelacije (Wenzel in Voorhees, 1981), zadnja metoda pa je metoda eksponentne porazdelitve (Grace in Engleelson, 1966). Dodaten pogoj za neodvisni padavinski dogodek je tudi, da so padavine daljše od 3 ure (Huff, 1967).

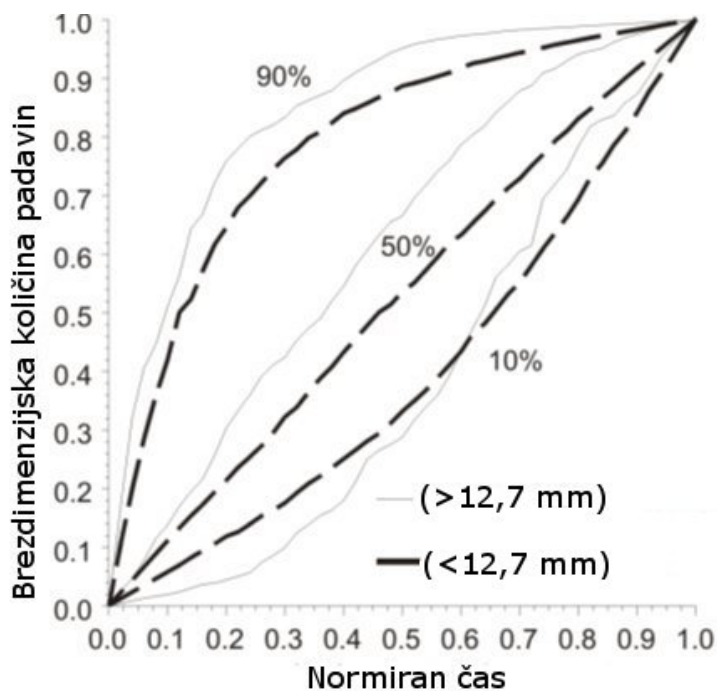
Pri izdelavi Huffovih krivulj pomembno vlogo igra tudi število neodvisnih padavinskih dogodkov, ki formirajo krivulje. Bonta (2004) je pokazal, da krivulje, ki so narejene iz manjšega števila neviht odstopajo od krivulj, ki so narejene iz večjega števila neviht. To se lepo vidi na sliki 5.



Slika 5: Vpliv števila neodvisnih padavinskih dogodkov na formiranje Huffovih krivulj (prirejeno po Bonti, 2004)

Naslednji faktor, ki vpliva na izbiro neodvisnega padavinskega dogodka, je minimalni čas trajanja padavin znotraj dogodka. Huff (1967) je v svoji analizi uporabil za mejo 12.7 mm padavin, kar predstavlja pol inča. Večina kasnejših avtorjev se drži te meje. Bonta (2004) namreč v svoji analizi pokaže, da se padavinski dogodki, kjer pade manj kot 12,7 mm padavin, obnašajo drugače kot tisti, v

katerih je padlo vsaj 12.7 mm padavin. Zaradi uniformnosti smo tudi sami uporabili mejo za določitev padavinskega dogodka 12.7 mm.



Slika 6: Vpliv količine padavin na formacijo Huffovih krivulj (prirejeno po Bonti, 2004)

Tako smo v nalogi za definiranje neodvisnega padavinskega dogodka uporabili tri omejitve: pred in po padavinskem dogodku mora miniti vsaj 4 ure brez padavin, padavine morajo trajati vsaj 3 ure in v tem času mora pasti vsaj 12.7 mm padavin.

3 POSTOPEK IZDELAVE HUFFOVIH KRIVULJ

Pri izdelavi Huffovih krivulj najprej potrebujemo podatke o padavinah. Podatki so ponavadi na voljo v časovnih presledkih po 5 minut (slika 6) (ARSO, 2012). Meritve v Sloveniji so večinoma opravljene z inštrumentom imenovanim pluviograf, ki nam omogoča neprekinjene meritve padavin. V osnovi gre za ombrometer, ki je opremljen z registracijo padavin. Mehanizem sestoji iz plavača z natego, ki preko peresa zapisuje višino padlih padavin na vrteči se valj, na katerega je navit milimetrski papir (Brilly in Šraj, 2005).

```
1948,4,5,8,0,0.2,0.1,0,0,0,0,0.1,0.1,0.2,0.2,0.1
1948,4,5,9,0.1,0.2,0.2,0.1,0.2,0,0,0.1,0,0.1,0,0
1948,4,5,10,0.1,0,0,0,0,0,0.1,0,0.1,0,0.1,0
1948,4,5,11,0,0,0,0,0,0.1,0,0,0,0.1,0.1,0.4
1948,4,5,12,0.1,0.2,0.2,0.1,0.1,0.2,0.2,0.2,0.1,0.1,0.1,0.2
1948,4,5,13,0.3,0.2,0.3,0.1,0.1,0.1,0.2,0.1,0.2,0.1,0.2,0.5
1948,4,5,14,0.1,0.1,0,0.1,0.1,0.1,0.1,0.2,0.1,0.2,0.2,0.4
1948,4,5,15,0.8,0.3,0.3,0.6,0.5,0.5,0.2,0.3,0,0.1,0.1,0.1
1948,4,5,16,0.1,0,0.1,0.2,0.2,0.2,0.1,0.1,0.2,0,0.1,0
1948,4,5,17,0.1,0,0,0.1,0,0,0,0.1,0,0.1,0,0.1
1948,4,5,18,0,0.1,0.1,0.1,0.1,0,0,0,0,0.1,0
1948,4,5,19,0,0.1,0.1,0,0,0,0,0,0,0,0
1948,4,5,20,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0.1
1948,4,5,22,0,0,0,0,0,0,0,0.1,0.2,0.3
1948,4,5,23,0.1,0.1,0.1,0.3,0.3,0.5,0.9,0.3,0.1,0.3,0.1,0
```

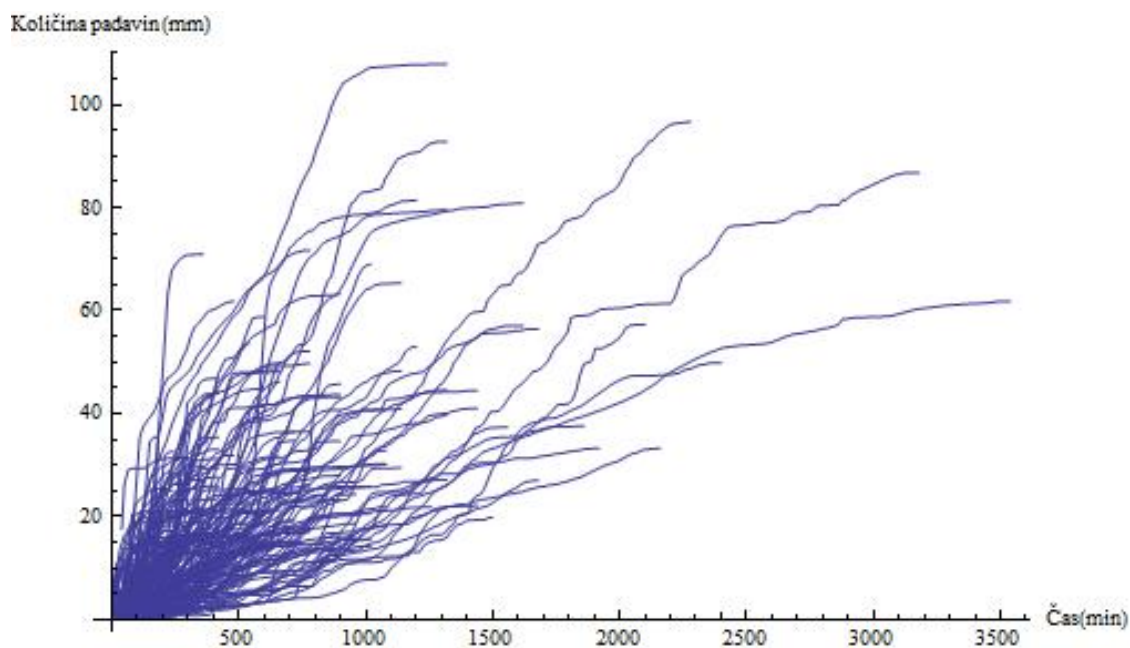
Slika 7: Primer zapisa pridobljenih podatkov za padavinsko postajo Ljubljana -Bežigrad



Slika 8: Pluviograf, s katerim pridobimo podatke o časovni razporeditvi padavin (Anemometerbau GmbH, 2012)

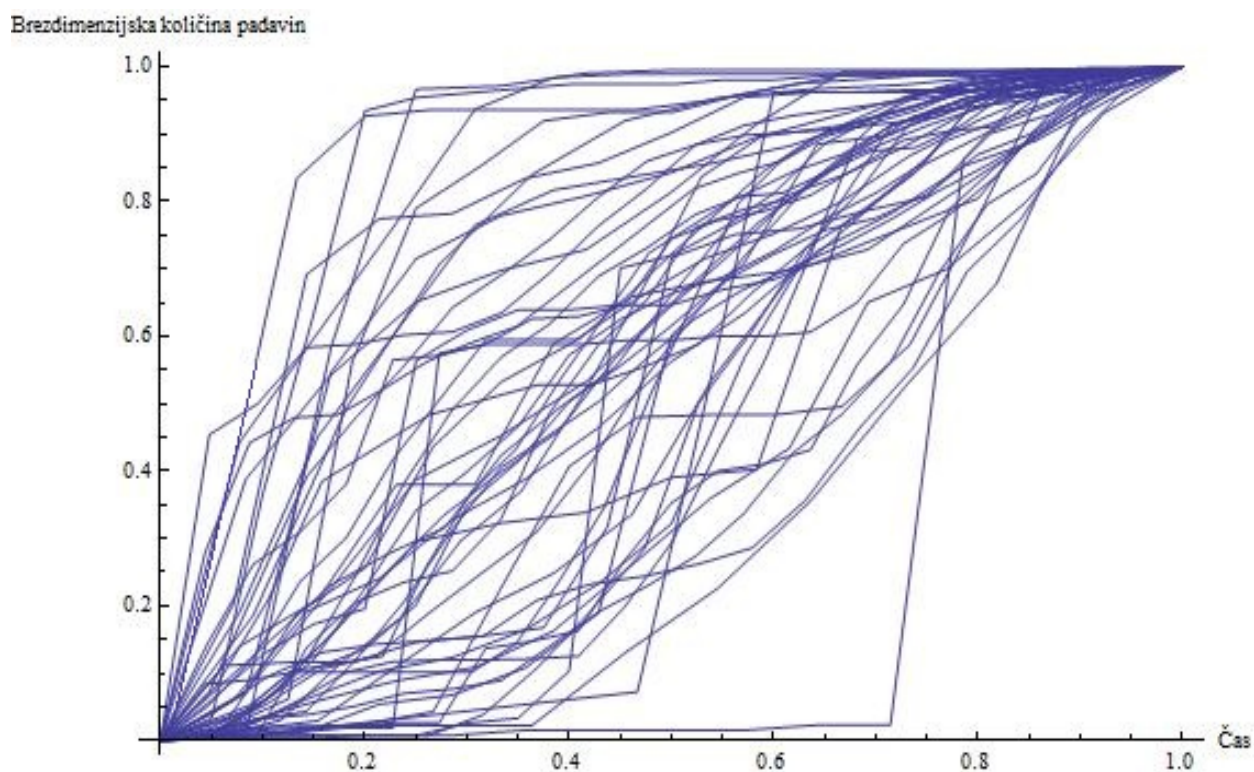
Za lažjo obdelavo podatkov smo združili 5-minutne intervale v 15-minutne. Tudi Huff (1990) je namreč uporabljal 15-minutne intervale, podobno tudi ostali avtorji (Gonzales Nieves, 2005).

Nato smo se odločili za izbiro kriterijev, ki definirajo neodvisen padavinski dogodek oziroma posamezno nevihto. 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. V primeru Ljubljane smo tako dobili za obdobje od 1948 do 2010 179 neviht, ki ustrezajo pogojem neodvisnega padavinskega dogodka.



Slika 9: Kumulativne krivulje v Ljubljani za nevihte, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek

Vse nevihte, ki so ustrezale tem pogojem, smo shranili v posamezne datoteke. Datoteke so imele shranjene samo 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.



Slika 10: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Ljubljani, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 1. kvartil.

Za dokončno izdelavo Huffovih krivulj potrebujemo še verjetnosti oziroma percentilne krivulje. Te dobimo po enačbi:

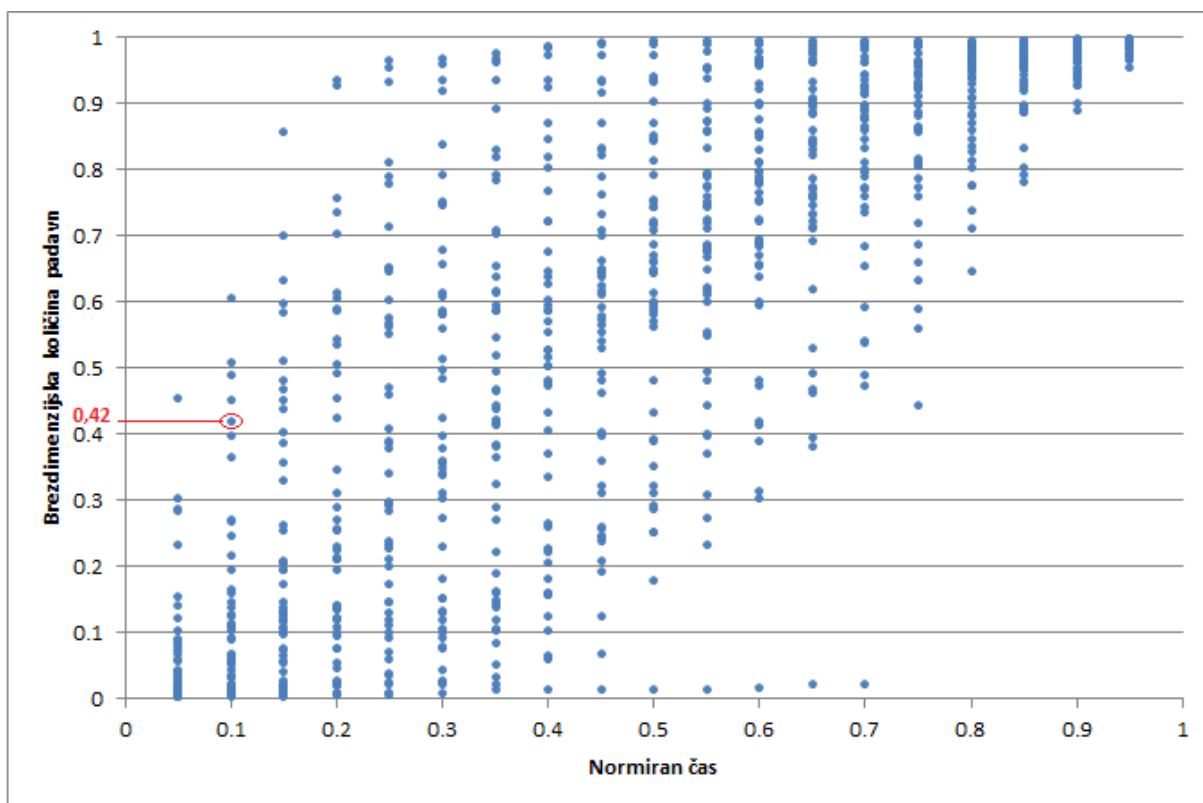
$$P = \frac{100 \cdot i}{(n+1)},$$

pri čemer je:

P = percentil,

i = točka, ki predstavlja mejo percentila,

n = skupno število točk.



Slika 11: Graf točk, kjer brezdimenzijske krivulje sekajo vertikalne linije normiranega časa v razmikih 0,05.

Iz podatkov določimo točke, kjer brezdimenzijske krivulje sekajo določen procent preteklega časa. V našem primeru smo določili natančnost točk 0,05. Večja kot je natančnost točk, bolj natančna bo končna Huffova krivulja.

Za primer vzemimo 90-percentilno Huffovo krivuljo, ki se za merilno postajo Ljubljana nahaja v prvem kvartilu. V tem kvartilu se nahaja 49 neviht. Za izdelavo vsake take krivulje potrebujemo 19 točk. Poglejmo si primer izbire točke pri času 0,1 oziroma 10 % ($P = 90$, $n = 49$), i je točka, ki jo iščemo. Njena časovna dimenzija je 0,1.

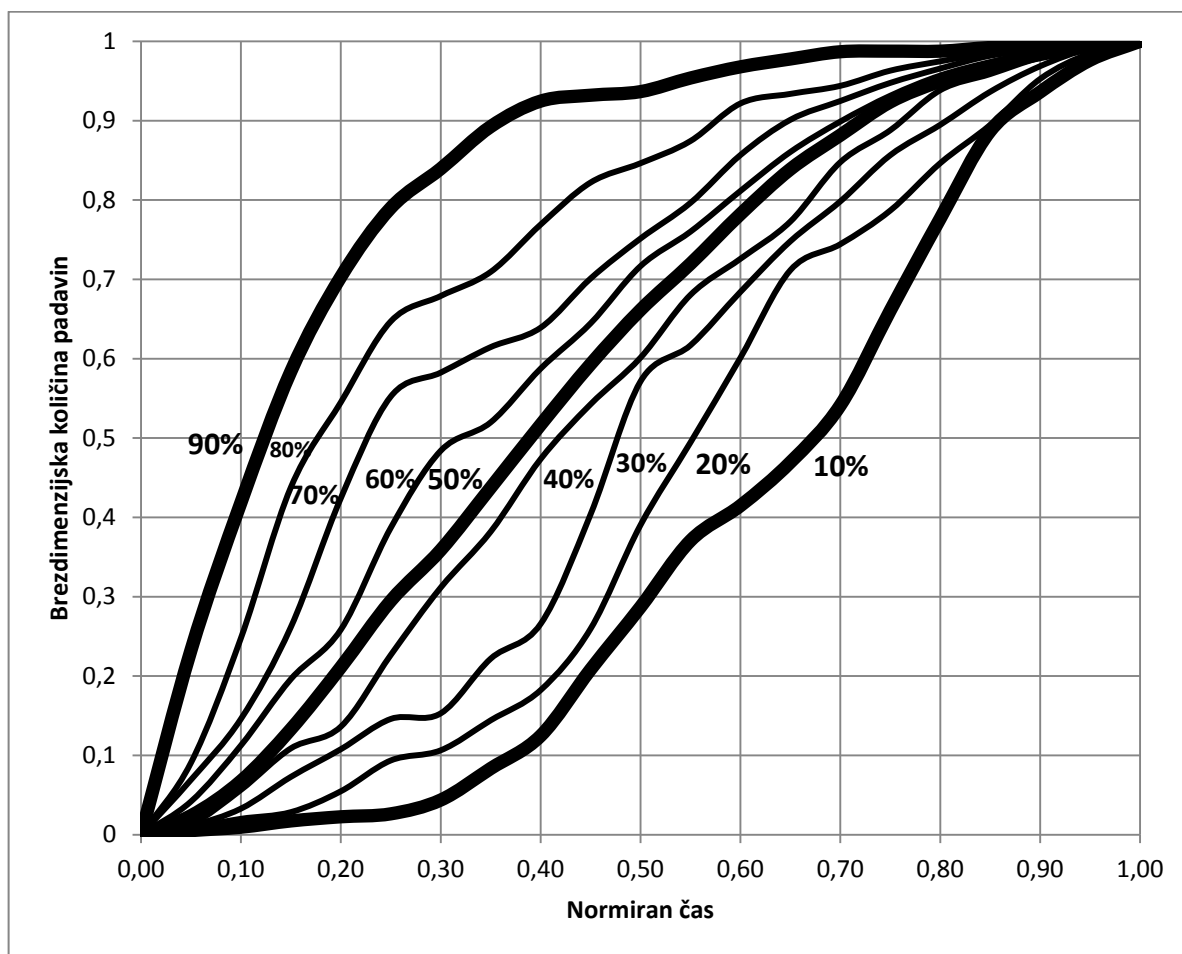
$$P = \frac{100 \cdot i}{(n+1)} \rightarrow i = \frac{P \cdot (n+1)}{100} = \frac{90 \cdot (49+1)}{100} = 45$$

Točka, ki določa 90-percentilno Huffovo krivuljo za Ljubljano v prvem kvartilu, je petinštirideseta najvišja točka v stolpcu točk, ki prikazuje normiran čas 0,1. Odstotek padavin, ki se v tem času zgodi je 42 %. To pomeni, da se pod to točko nahaja 90 odstotkov vseh točk oziroma v 90 odstotkih pade v normiranem času 0,1 manj kot 42 odstotkov padavin.

Za vsako percentilno krivuljo določimo točke po zgornji enačbi. V večini primerov je potrebna interpolacija med že obstoječimi točkami. V zgornjem primeru je zgolj slučaj, da gre 90-percentilna krivulja točno skozi petinštirideseto točko.

Ko za vsako percentilno krivuljo določimo 19 točk v normiranih časih od 0,05 do 0,95, lahko zrišemo brezdimenzijske Huffove krivulje. Družino krivulj predstavljajo 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 in 90-percentilne krivulje. Za družino devetih krivulj in en kvartil tako potrebujemo 171 točk.

Postopek ponovimo še za 2., 3. in 4. kvartil.



Slika 12: Družina Huffovih krivulj za 1. kvartil, za padavinsko postajo Ljubljana–Bežigrad

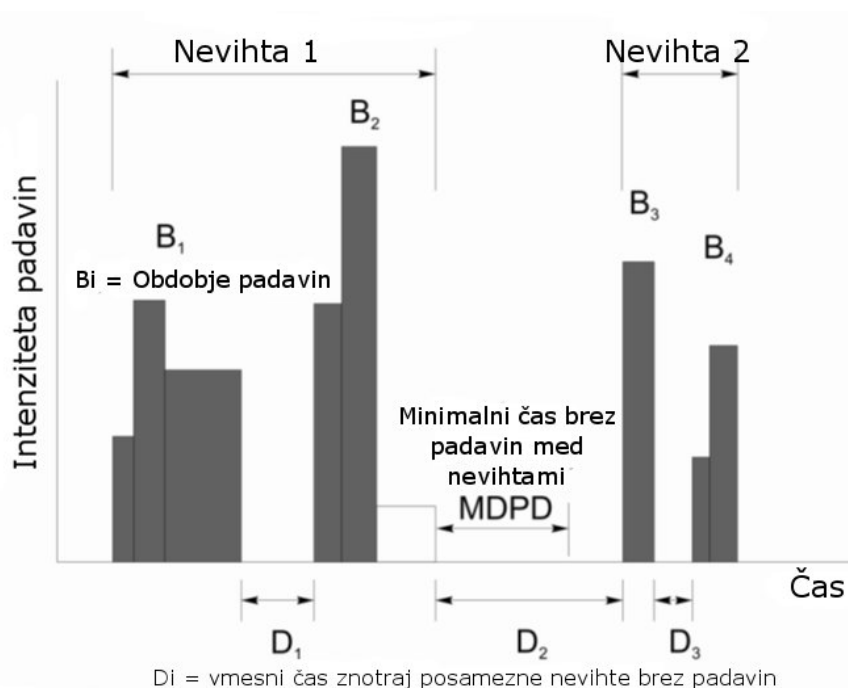
4 IZRAČUN HUFFOVIH KRIVULJ Z RAZLIČNO IZBIRO VMESNEGA ČASA MED PADAVINSKIMI DOGODKI

Pri izdelavi Huffovih krivulj smo morali najprej definirati neodvisen padavinski dogodek. Zaradi poenostavitve in zapletenega postopka avtokorelacije in eksponentne porazdelitve smo se v nalogi najprej odločili, da bomo privzeli metodo, ki jo je uporabil Huff (1967). Vendar se je 6 ur razlike med padavinskimi dogodki izkazalo za predolgo, saj je bila količina neodvisnih padavinskih dogodkov premajhna. Padavinski vzorci v zvezni državi Illinois se bistveno razlikujejo od padavin v Sloveniji. Območje Illinois, ki ga je Huff (1967) analiziral, je ravninsko in ima kontinentalno podnebje. Zaradi želje po večjem številu neodvisnih padavinskih dogodkov, smo se odločili, da poskusimo še s krajšim vmesnim časom 4 ure in poskušamo ugotoviti vpliv izbire vmesnega časa na rezultate. Po analizah, ki jih je predstavil Bonta (2004) namreč sledi, da so končne Huffove krivulje neobčutljive na izbiro metode, ki definira minimalni čas med neodvisnimi padavinskimi dogodki.

Za podatke o padavinah v Ljubljani, smo izbrali tri različne načine definiranja neodvisnega padavinskega dogodka. S tem smo dobili tri različne družine Huffovih krivulj, ki smo jih lahko primerjali med seboj. Zanimal nas je namreč vpliv vmesnega časa med posameznimi nevihtami, na rezultate.

Za začetek smo izbrali fiksne parametre, kot so minimalna količina padavin, ki mora biti enaka 12,7 mm. Po Bonti (2004) namreč sledi, da izbira neodvisnega padavinskega dogodka, v katerem pade manj kot 12,7 mm vpliva na končne rezultate Huffovih krivulj tako, da jih premakne navzdol, kar v pomeni, da se povečana intenziteta padavin premakne proti zadnjemu delu trajanja padavin. Za fiksni parameter smo izbrali tudi minimalni čas padavin 3 ure. Enak čas je izbral tudi Huff (1967) in ostali avtorji (Bonta, 2004).

Pri izbiri minimalnega časa brez padavin med nevihtami MDPD (angl. *minimum dry period duration*) smo izbrali dva različna časa in sicer 6 ur, kot ga predlaga Huff (1990) in čas 4 ure. Kot smo že omenili v poglavju 2.2, po Bonti (2004) sledi, da so končne Huffove krivulje neobčutljive na izbiro vmesnega časa MDPD. Pri določitvi maksimalnega časa D , to je časa brez padavin znotraj enega padavinskega dogodka, smo se odločili za čas 0, kar pomeni, da je moralo deževati brez presledka. Ker je bilo število padavin, ki ustrezajo vsem tem kriterijem zelo majhno, smo se odločili in povečali čas D na 1 uro. Tako smo dobili večje število neodvisnih padavinskih dogodkov, kar po Bonti (2004) pomeni večjo natančnost.



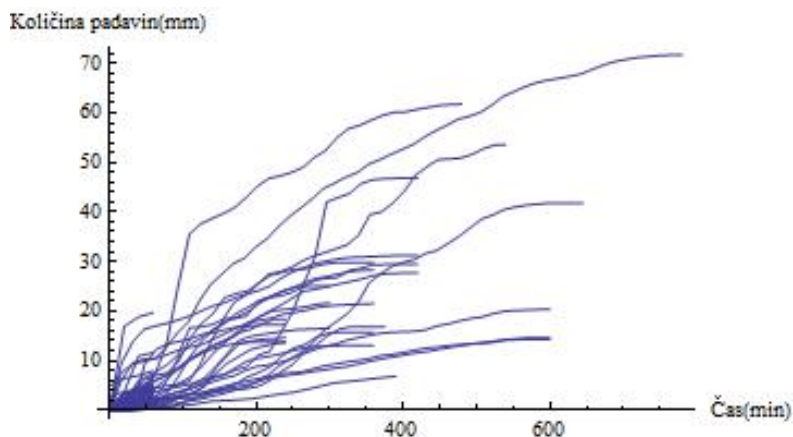
Slika 13: Shematični prikaz časov, ki definirajo določen neodvisni padavinski dogodek (prirejeno po Bonti, 2004)

4.1 Vpliv izbire vmesnega časa (MDPD) na število neviht

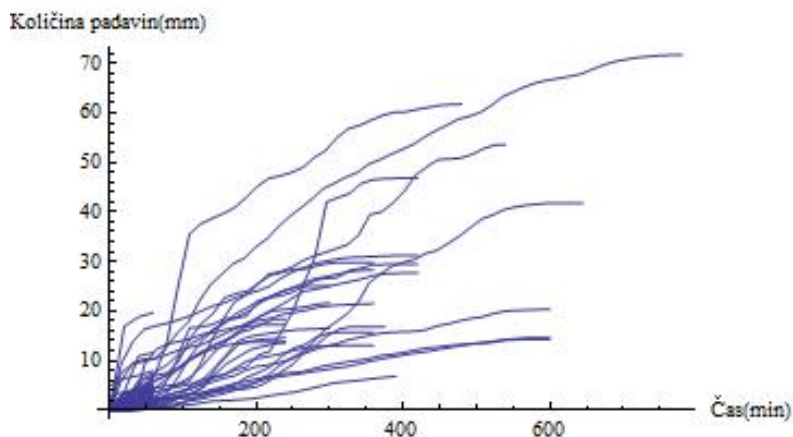
Izbira parametrov, ki definirajo posamezne neodvisne nevihte, ima seveda tudi vpliv na število neviht, ki jih dobimo po različnih kriterijih. Daljši vmesni časi brez padavin med posameznimi nevihtami seveda izluščijo iz podatkov manj neviht. Zelo pomembno vlogo ima tudi izbira maksimalnega časa brez padavin znotraj ene nevihte. Izkazalo se je namreč, da se tudi v daljšem obravnavanem obdobju zgodi zelo malo neviht, v katerih dežuje brez prestanka.

Preglednica 1: Število neviht, ki ustrezajo različnim kriterijem za izbiro neodvisnega padavinskega dogodka.

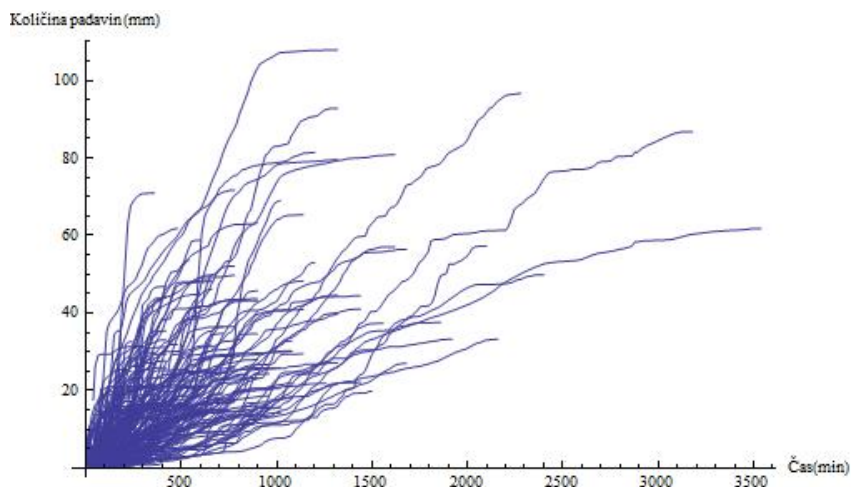
	MDPD=6 ur, D=0ur	MDPD=4 ure, D=0ur	MDPD=6 ur, D=1ura
Skupno število neviht	45	60	179
Št. Neviht v 1. kvartilu	27	34	49
Št. Neviht v 2. kvartilu	17	25	56
Št. Neviht v 3. kvartilu	1	1	42
Št. Neviht v 4. kvartilu.	0	0	33



Slika 14: Kumulativne krivulje padavin v Ljubljani za nevihte, ki ustrezajo kriteriju MDPD = minimalno 6 ur in $D = 0$

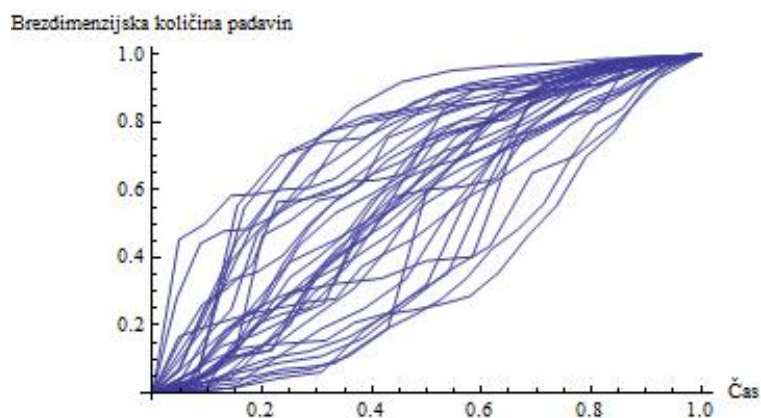


Slika 15: Kumulativne krivulje padavin v Ljubljani za nevihte, ki ustrezajo kriteriju MDPD = minimalno 4 ure in $D = 0$

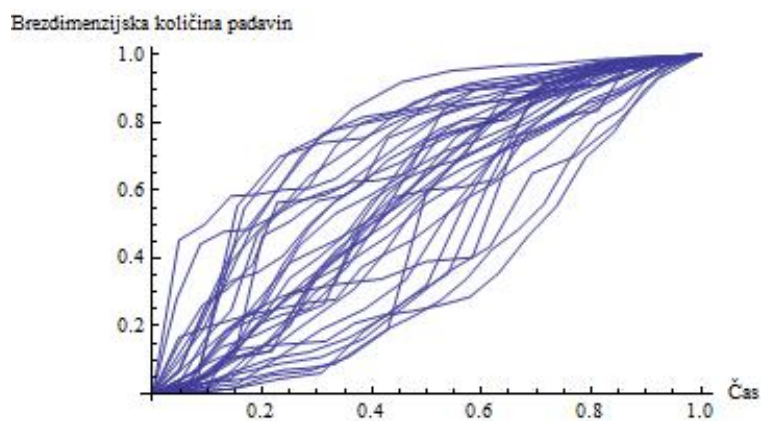


Slika 16: Kumulativne krivulje padavin v Ljubljani za nevihte, ki ustrezajo kriteriju MDPD = minimalno 6 ur in $D =$ maksimalno 1 ura

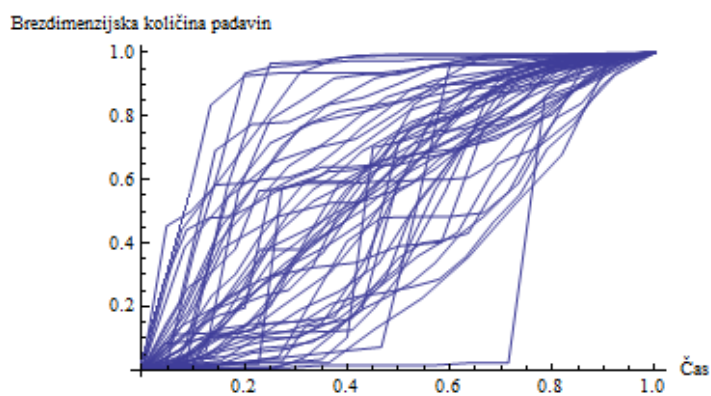
4.2 Končne Huffove krivulje za 1. kvartil



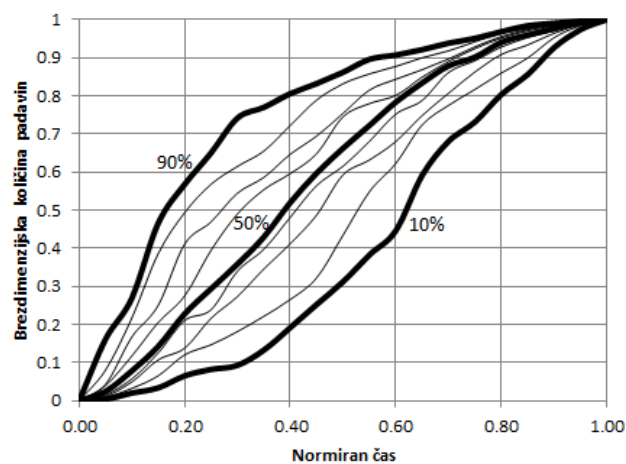
Slika 17: Graf normiranega časa in količin padavin za nevihte v prvem kvartilu za Ljubljano. Nevihte ustrezajo pogojem MDPD = minimalno 4 ure, $D = 0$



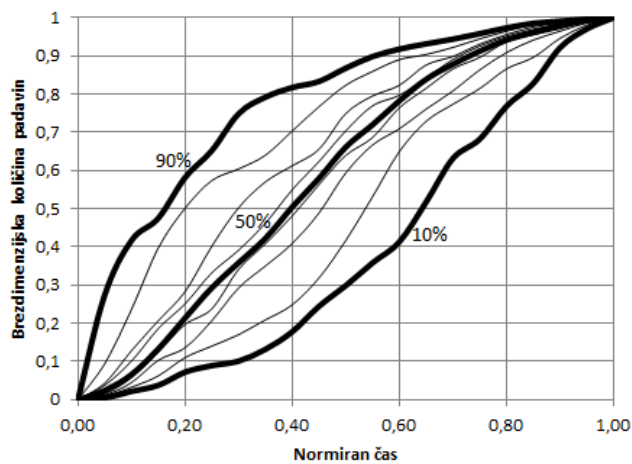
Slika 18: Graf normiranega časa in količin padavin za nevihte v prvem kvartilu za Ljubljano. Nevihte ustrezajo pogojem MDPD = minimalno 6 ur, $D = 0$



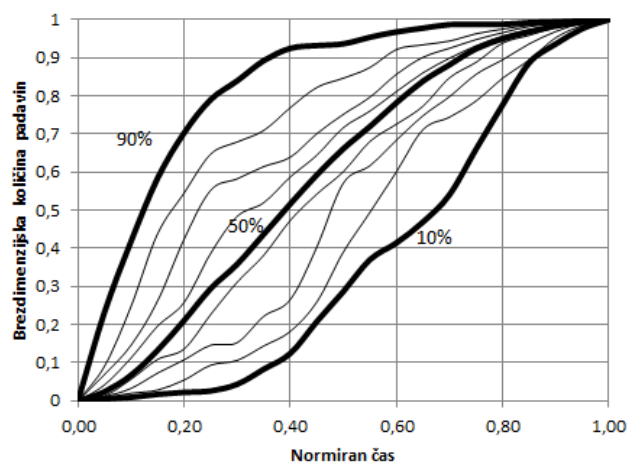
Slika 19 Graf normiranega časa in količin padavin za nevihte v prvem kvartilu za Ljubljano. Nevihte ustrezajo pogojem MDPD = minimalno 6 ur, $D=0$, $D =$ maksimalno 1 ura



Slika 20: Huffove krivulje za Ljubljano, 1. kvartil, MDPD = minimalno 4 ure, D = 0

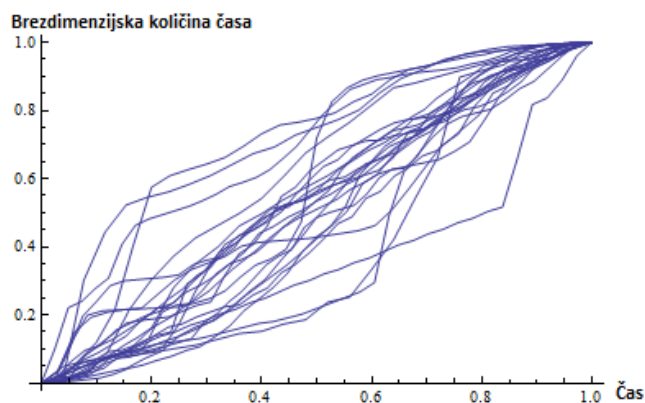


Slika 21: Huffove krivulje za Ljubljano, 1. kvartil, MDPD = minimalno 6 ur, D = 0

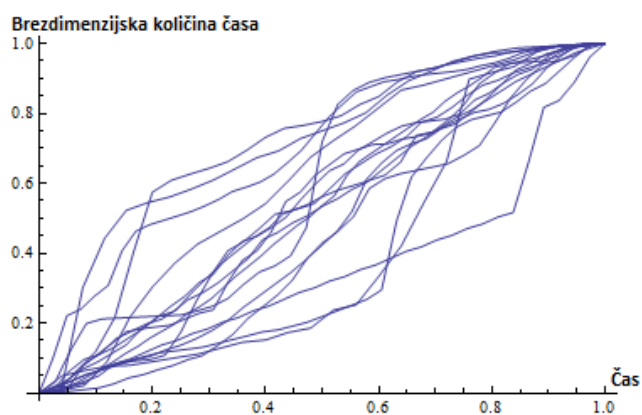


Slika 22: Huffove krivulje za Ljubljano, 1. kvartil, MDPD = minimalno 6 ur in D = maksimalno 1 ura

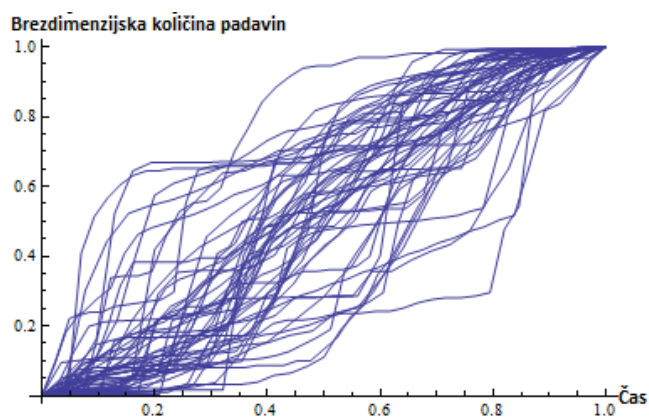
4.3 Končne Huffove krivulje za 2. kvartil



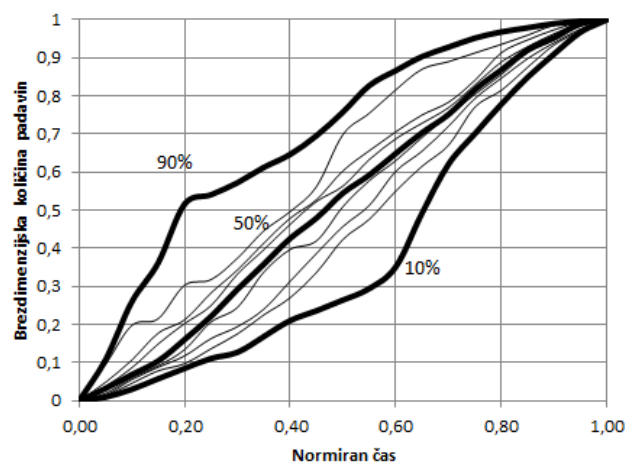
Slika 23: Graf normiranega časa in količin padavin za nevihte v drugem kvartilu za Ljubljano. Nevihte ustrezajo pogojem MDPD = minimalno 4 ure, $D = 0$



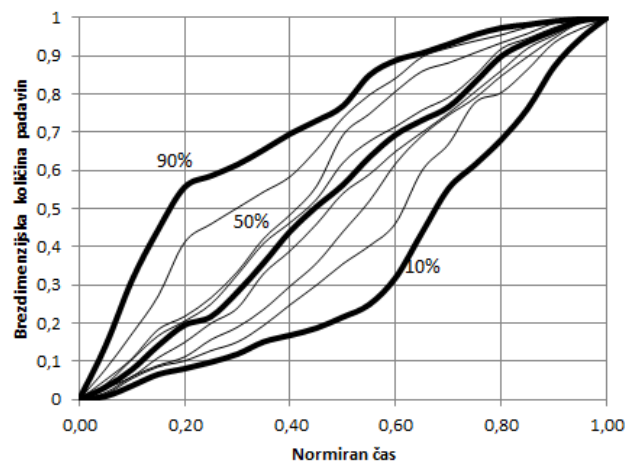
Slika 24: Graf normiranega časa in količin padavin za nevihte v drugem kvartilu za Ljubljano. Nevihte ustrezajo pogojem MDPD = minimalno 6 ur, $D = 0$



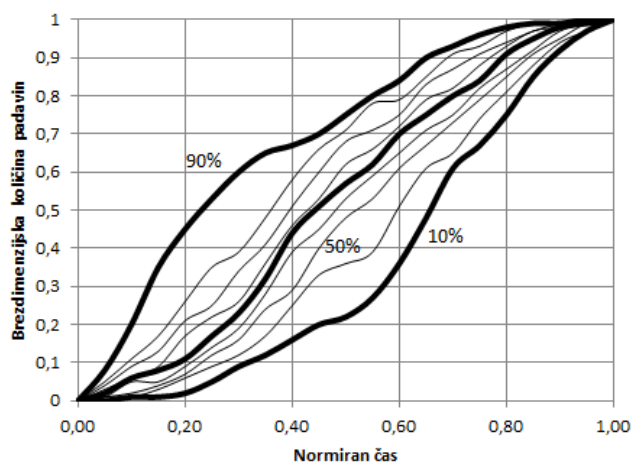
Slika 25 Graf normiranega časa in količin padavin za nevihte v drugem kvartilu za Ljubljano. Nevihte ustrezajo pogojem MDPD = minimalno 6 ur, $D =$ maksimalno 1 ura



Slika 26: Huffove krivulje za Ljubljano, 2. kvartil, MDPD = minimalno 4 ure, D = 0



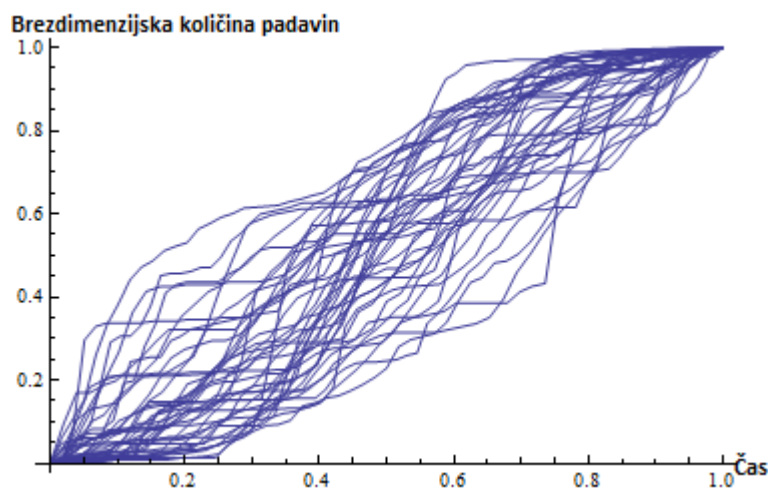
Slika 27: Huffove krivulje za Ljubljano, 2. kvartil, MDPD = minimalno 6 ur, D = 0



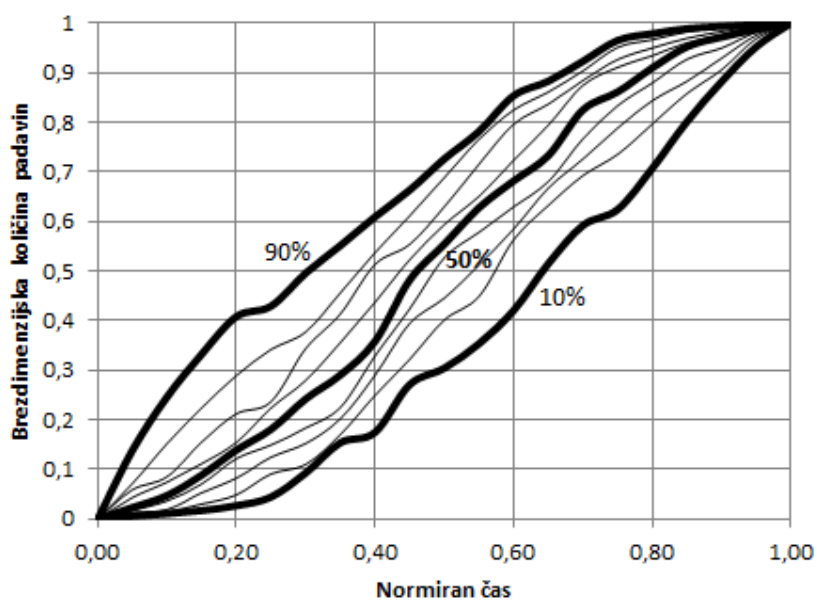
Slika 28: Huffove krivulje za Ljubljano, 2. kvartil, MDPD = minimalno 6 ur in D = maksimalno 1 ura

4.4 Končne Huffove krivulje za 3. kvartil

V tretjem kvartilu ob kriteriju za izbirno neviht $MDPD = \text{minimalno } 4 \text{ ure}$, $D = 0$ in $MDPD = \text{minimalno } 6 \text{ ur}$, $D = 0$, ni bilo dovolj velikega števila neviht za izdelavo Huffovih krivulj. Tako je bilo moč izdelati Huffove krivulje v tretjem kvartilu le za kriterij $MDPD = \text{minimalno } 6 \text{ ur}$ in $D = \text{maksimalno } 1 \text{ ura}$.



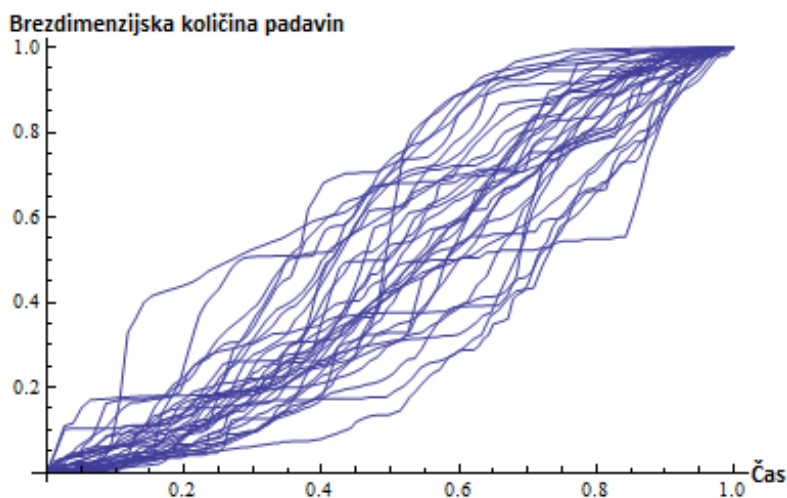
Slika 29: Graf normiranega časa in količin padavin za nevihte v drugem kvartilu za Ljubljano. Nevihte ustrezajo pogojem $MDPD = \text{minimalno } 6 \text{ ur}$, $D = \text{maksimalno } 1 \text{ ura}$



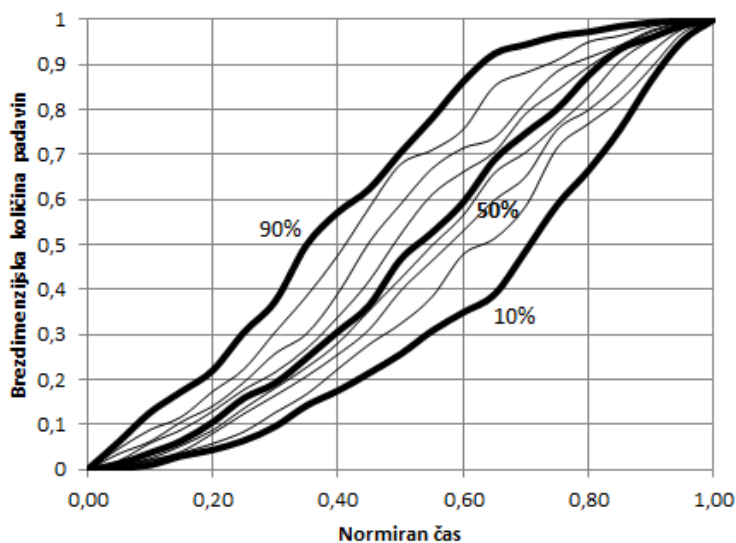
Slika 30: Huffove krivulje za Ljubljano, 3. kvartil, $MDPD = \text{minimalno } 6 \text{ ur}$ in $D = \text{maksimalno } 1 \text{ ura}$

4.5 Končne Huffove krivulje za 4. kvartil

Podobno kot v tretjem, tudi v četrtem kvartilu ob kriteriju za izbirno neviht $MDPD = \text{minimalno } 4 \text{ ure}$, $D=0$ in $MDPD = \text{minimalno } 6 \text{ ur}$, $D = 0$, ni bilo dovolj velikega števila neviht za izdelavo Huffovih krivulj. Tako je bilo moč izdelati Huffove krivulje v četrtem kvartilu le za kriterij $MDPD = \text{minimalno } 6 \text{ ur}$ in $D = \text{maksimalno } 1 \text{ ura}$.



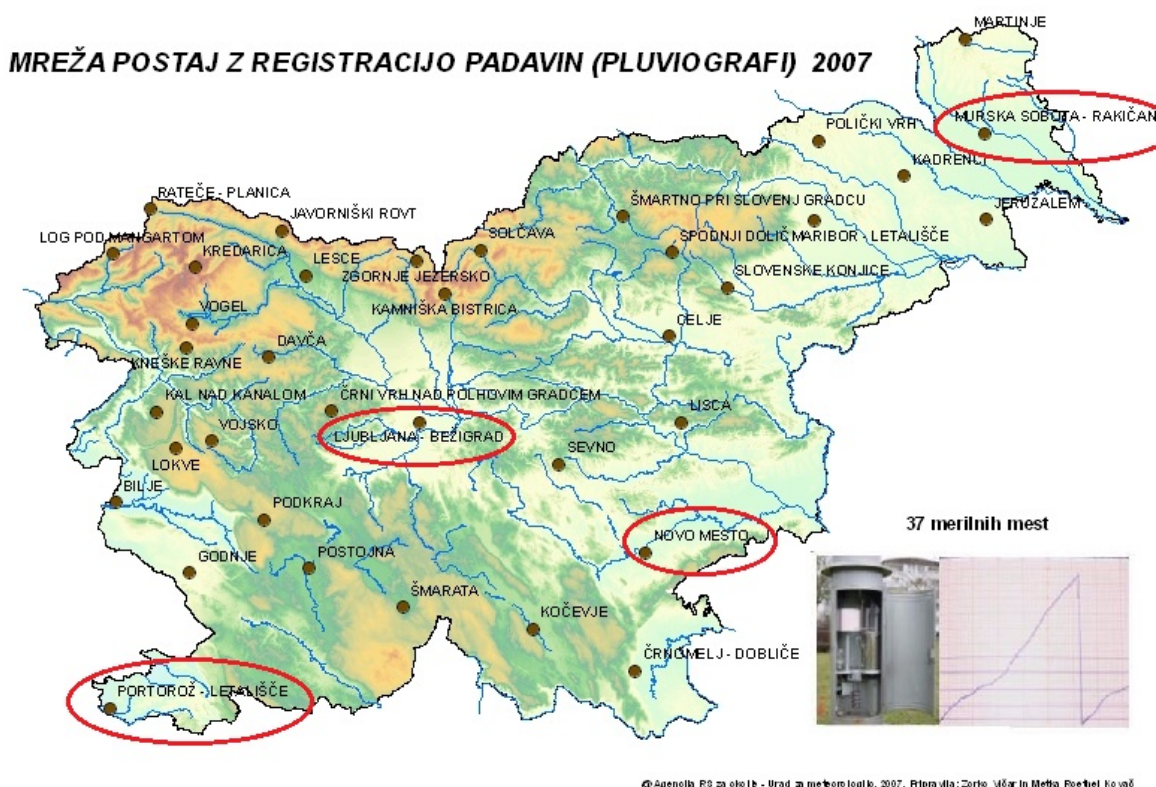
Slika 31: Graf normiranega časa in količin padavin za nevihte v drugem kvartilu za Ljubljano. Nevihte ustrezajo pogojem $MDPD = \text{minimalno } 6 \text{ ur}$, $D = \text{maksimalno } 1 \text{ ura}$



Slika 32: Huffove krivulje za Ljubljano, 3. kvartil, $MDPD = \text{minimalno } 6 \text{ ur}$ in $D = \text{maksimalno } 1 \text{ ura}$

5 HUFFOVE KRIVULJE ZA IZBRANE POSTAJE V SLOVENIJI

V diplomski nalogi smo izdelali Huffove krivulje za Ljubljano, Novo Mesto, Mursko Soboto in Portorož. Za vse postaje smo uporabili kriterije, ki so opisani v poglavju 3. Za vmesna časa MDPD in D smo na podlagi analiz rezultatov o vplivih vmesnega časa na izdelavo Huffovih krivulj izbrali MDPD = minimalno 6 ur in D = maksimalno 1 ura.



Slika 33: Mreža padavinskih postaj z označenimi izbranimi postajami (Mreža postaj z registracijo padavin, 2007)

5.1 Ljubljana

5.1.1 Opis merilne postaje

Meteorološka postaja Ljubljana – Bežigrad je začela delovati leta 1947. Leži v neposredni bližini sedeža Agencije Republike Slovenije za okolje, nedaleč od centra Ljubljane. Danes je ta postaja osrednji meteorološki observatorij.

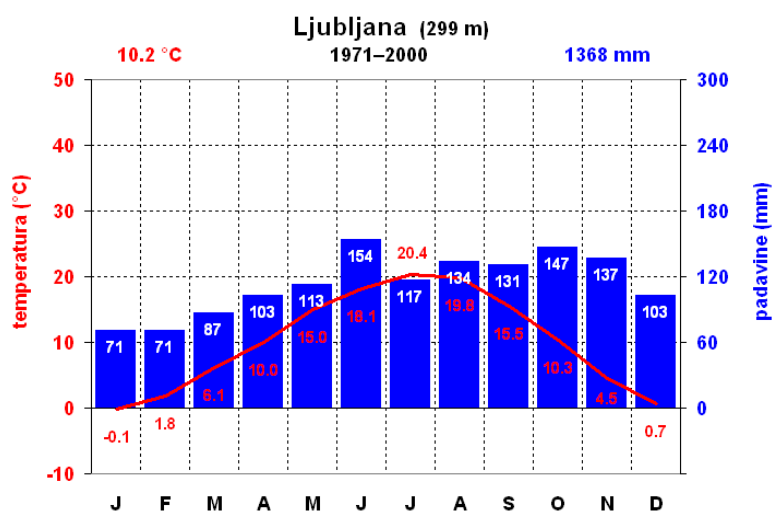
Opazovalni prostor je velikosti 50 x 70 metrov. Postaja leži na nadmorski višini 299 m. Zaradi svoje lege v središču Ljubljanske kotline je postaja reprezentativna za mesto in njeno okolico. Ker se nahaja v glavnem mestu, ki je obenem tudi največje mesto v Sloveniji, so podatki s te meteorološke postaje merodajni za velik delež prebivalstva.



Slika 34: Lokacija meteorološke postaje Ljubljana-Bežigrad (Geopedia, 2012)



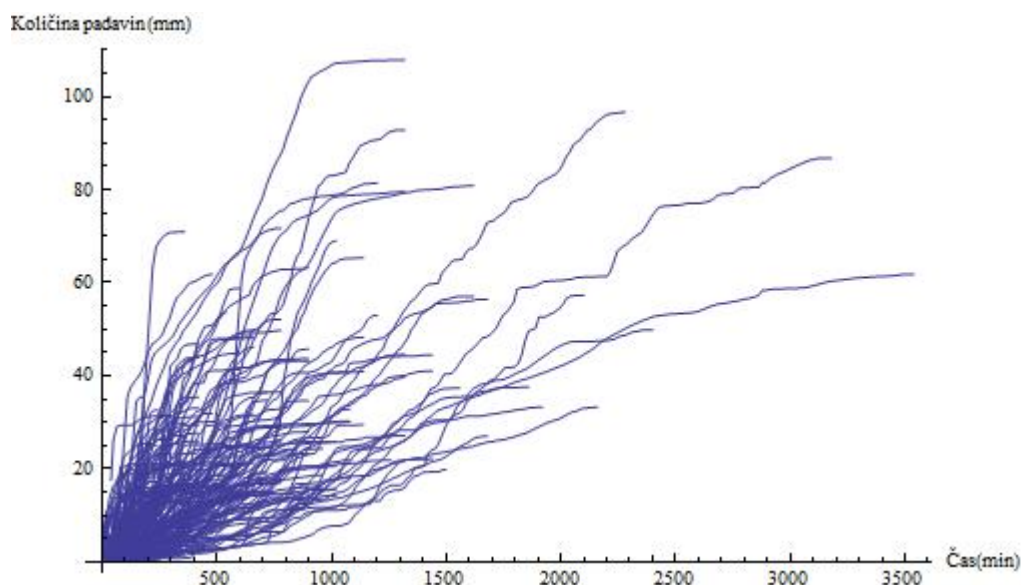
Slika 35: Meteorološki opazovalni prostor Ljubljana-Bežigrad (Nadbath, 2008)



Slika 36: Povprečne mesečne padavine in temperature v Ljubljani (1971-2000) (Diagrami meteoroloških postaj, 2012)

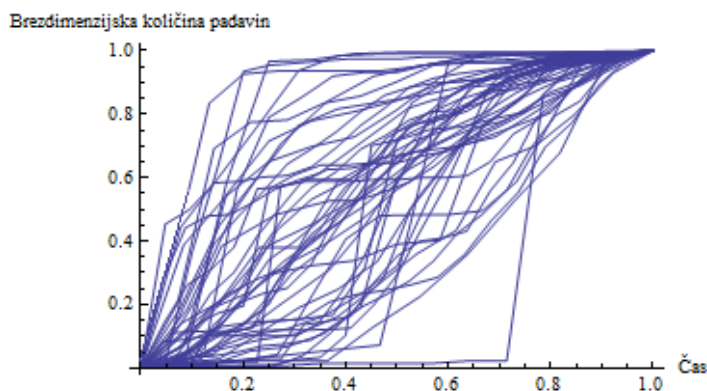
5.1.2 Podatki

Za Ljubljano smo analizirali 5-minutne padavinske podatke od leta 1948 do 2010. Po kriterijih za neodvisen padavinski dogodek smo dobili 179 neviht. Od tega jih je 49 v prvem kvartilu, 56 v drugem kvartilu, 42 v tretjem kvartilu in 33 v četrtem kvartilu.

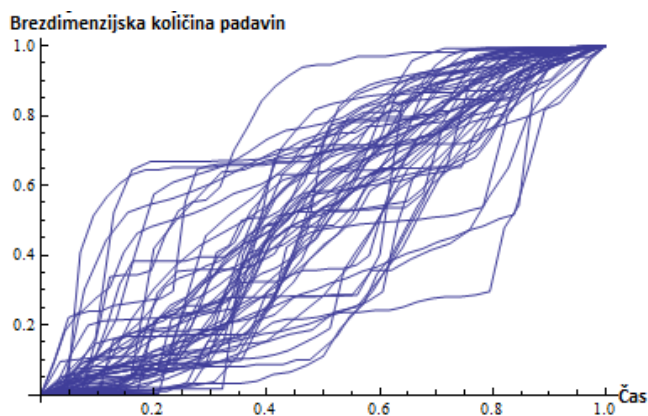


Slika 37: Kumulativne krivulje padavin v Ljubljani za nevihte, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek

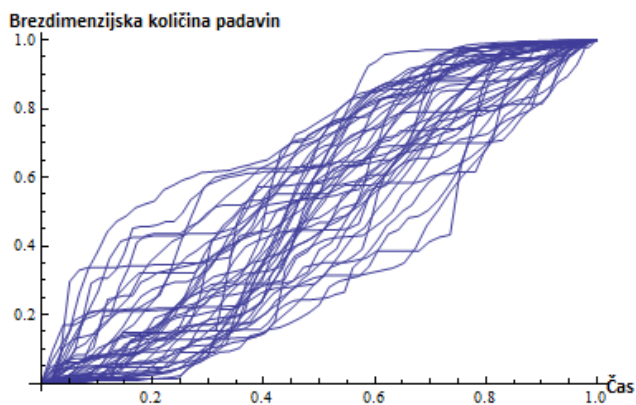
5.1.3 Rezultati



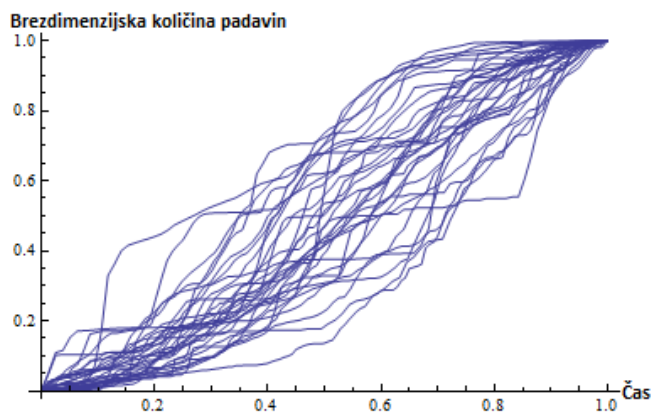
Slika 38: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Ljubljani, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 1. kvartil



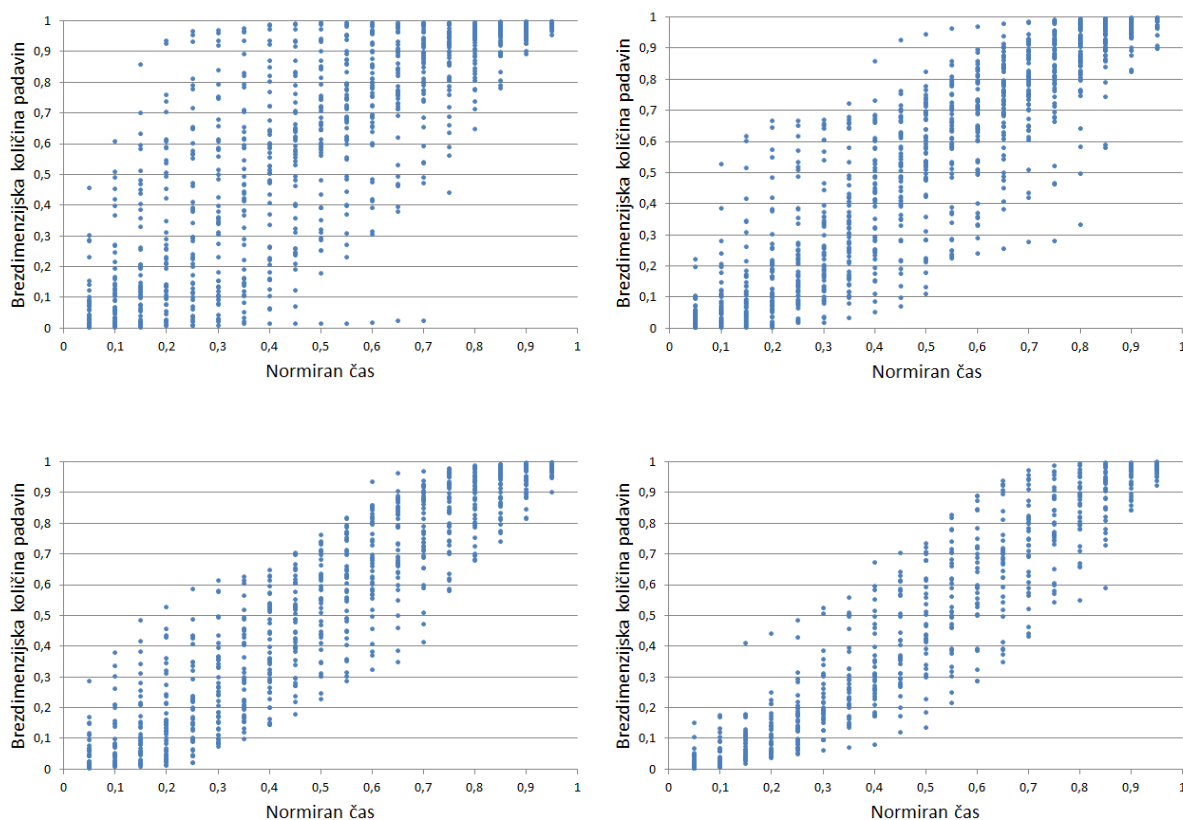
Slika 39: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Ljubljani, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 2. kvartil.



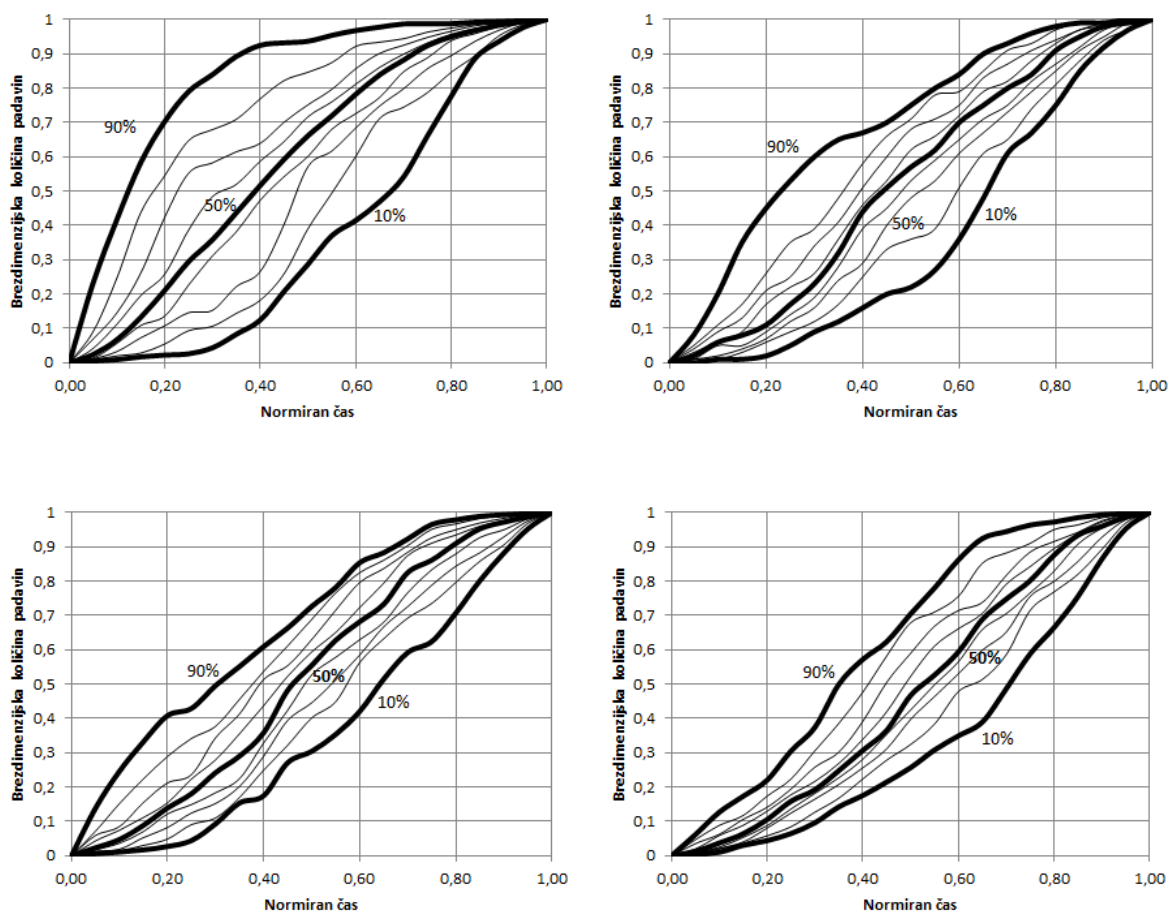
Slika 40: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Ljubljani, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 3. kvartil.



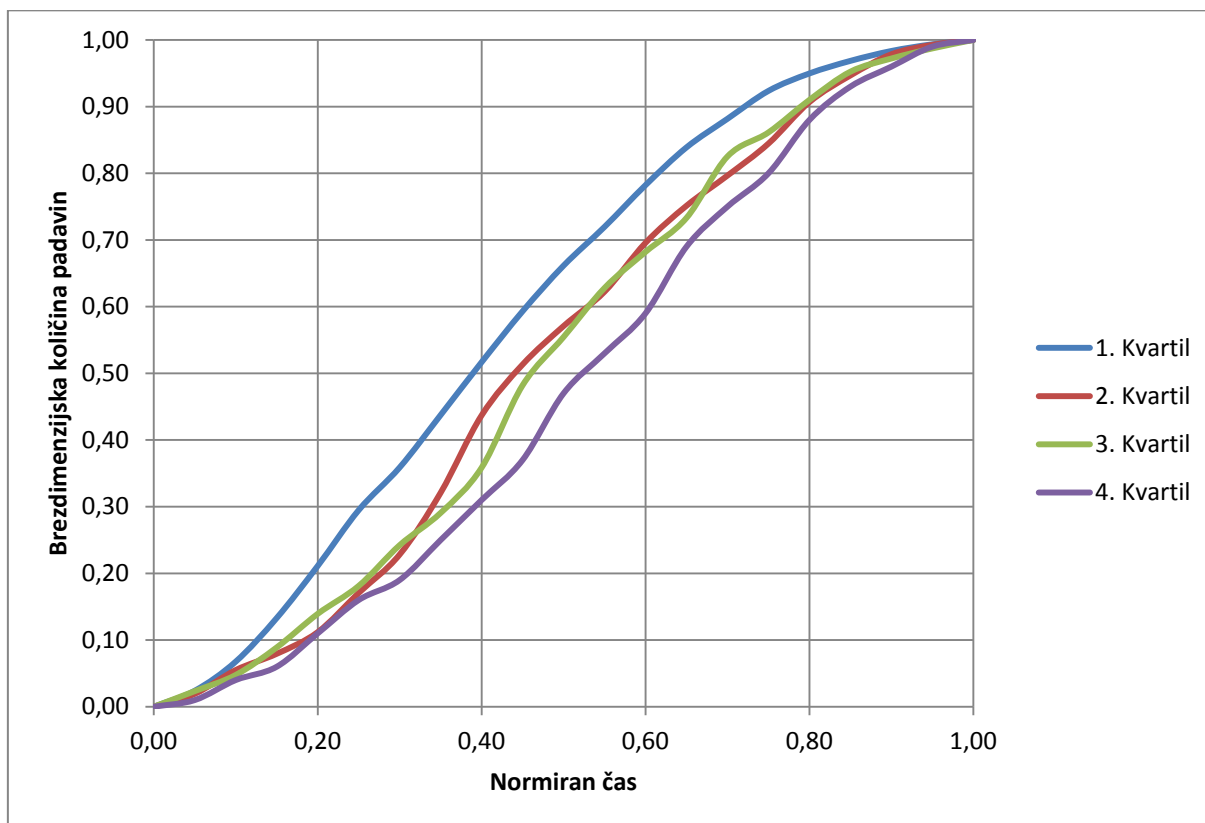
Slika 41: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Ljubljani, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 4. kvartil



Slika 42: Grafi, ki prikazujejo točke, kjer brezdimenzijske krivulje sekajo vertikalne linije normiranega časa v razmikih 0,05 - levo zgoraj je graf za prvi kvartil, desno zgoraj za drugi kvartil, levo spodaj za tretji kvartil in desno spodaj se nahaja graf za četrti kvartil



Slika 43: 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 44: 50-percentilne Huffove krivulje za Ljubljano za vse štiri kvartile

Preglednica 2: Točke, ki definirajo 50-percentilne krivulje za merilno postajo Ljubljana

Čas	Odstotek padlih padavin			
	1. kvartil	2. kvartil	3. kvartil	4. kvartil
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,02	0,02	0,02	0,01
0,10	0,07	0,06	0,05	0,04
0,15	0,13	0,08	0,09	0,06
0,20	0,21	0,11	0,14	0,11
0,25	0,29	0,17	0,18	0,16
0,30	0,36	0,23	0,24	0,19
0,35	0,44	0,32	0,29	0,25
0,40	0,52	0,44	0,36	0,31
0,45	0,59	0,51	0,48	0,37
0,50	0,66	0,57	0,55	0,47
0,55	0,72	0,62	0,63	0,53
0,60	0,78	0,70	0,68	0,59
0,65	0,84	0,75	0,73	0,69
0,70	0,88	0,80	0,83	0,75

se nadaljuje...

...nadaljevanje preglednice 2

0,75	0,92	0,84	0,86	0,80
0,80	0,95	0,91	0,91	0,88
0,85	0,97	0,95	0,95	0,93
0,90	0,98	0,98	0,97	0,96
0,95	0,99	0,99	0,99	0,99
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

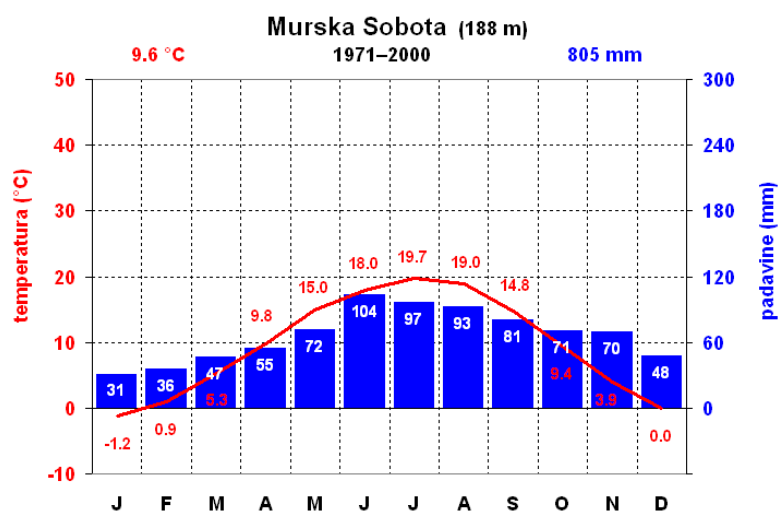
5.2 Murska Sobota

5.2.1 Opis merilne postaje

Merilna postaja Murska Sobota – Rakičan se nahaja na nadmorski višini 188 m. Postaja leži v severovzhodnem delu Slovenije, ki je raven ali gričevnat in ima celinsko podnebje. Obstoječe merilno mesto je locirano ob naselju Rakičan (Cesar, 2010).



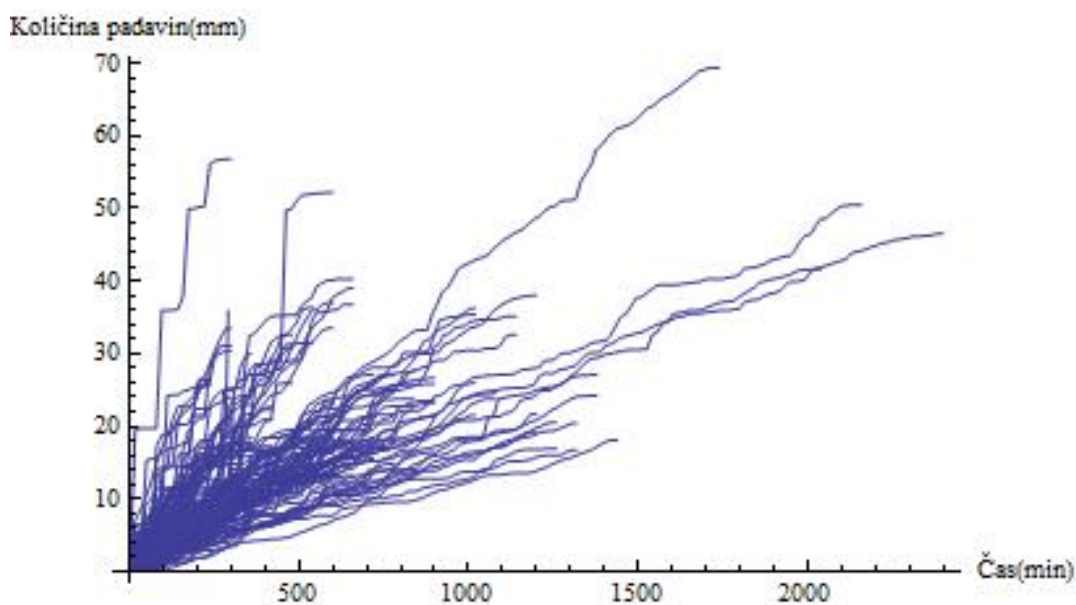
Slika 45: Lokacija meteorološke postaje Murska Soboto -Rakičan (Geopedia, 2012)



Slika 46: Povprečne mesečne padavine in temperature v Murski Soboti (1971-2000) (Diagrami meteoroloških postaj, 2012)

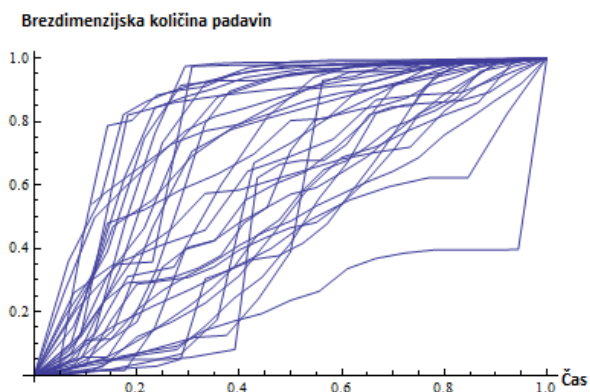
5.2.2 Podatki

Za Mursko Soboto smo analizirali podatke od leta 1970 do 2011. Po kriterijih za neodvisen padavinski dogodek smo dobili 125 neviht. Od tega jih je 32 v prvem kvartilu, 56 v drugem kvartilu, 21 v tretjem kvartilu in 16 v četrtem kvartilu.

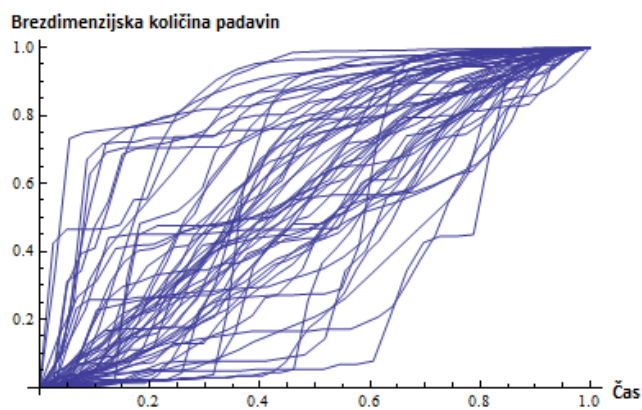


Slika 47: Kumulativne krivulje padavin v Murski Soboti za nevihte, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek

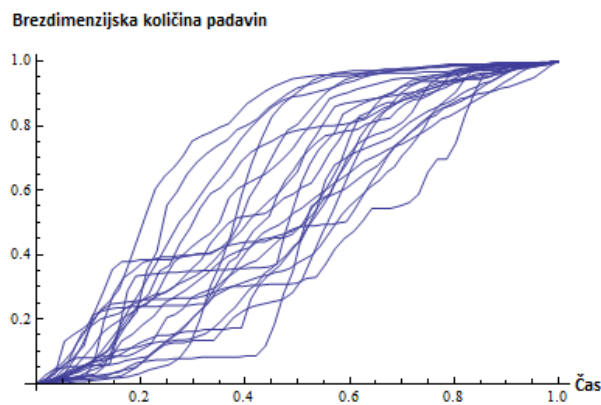
5.2.3 Rezultati



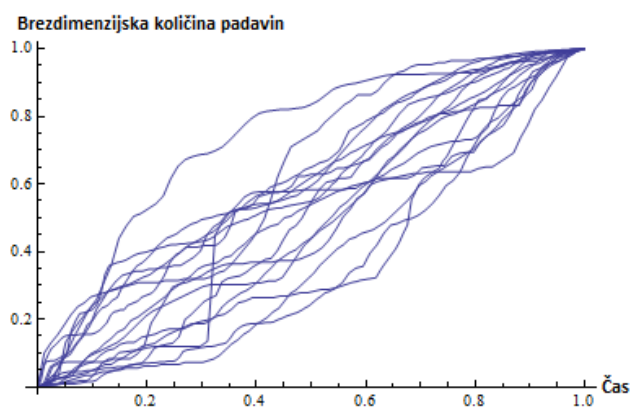
Slika 48: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Murski Soboti, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 1. kvartil



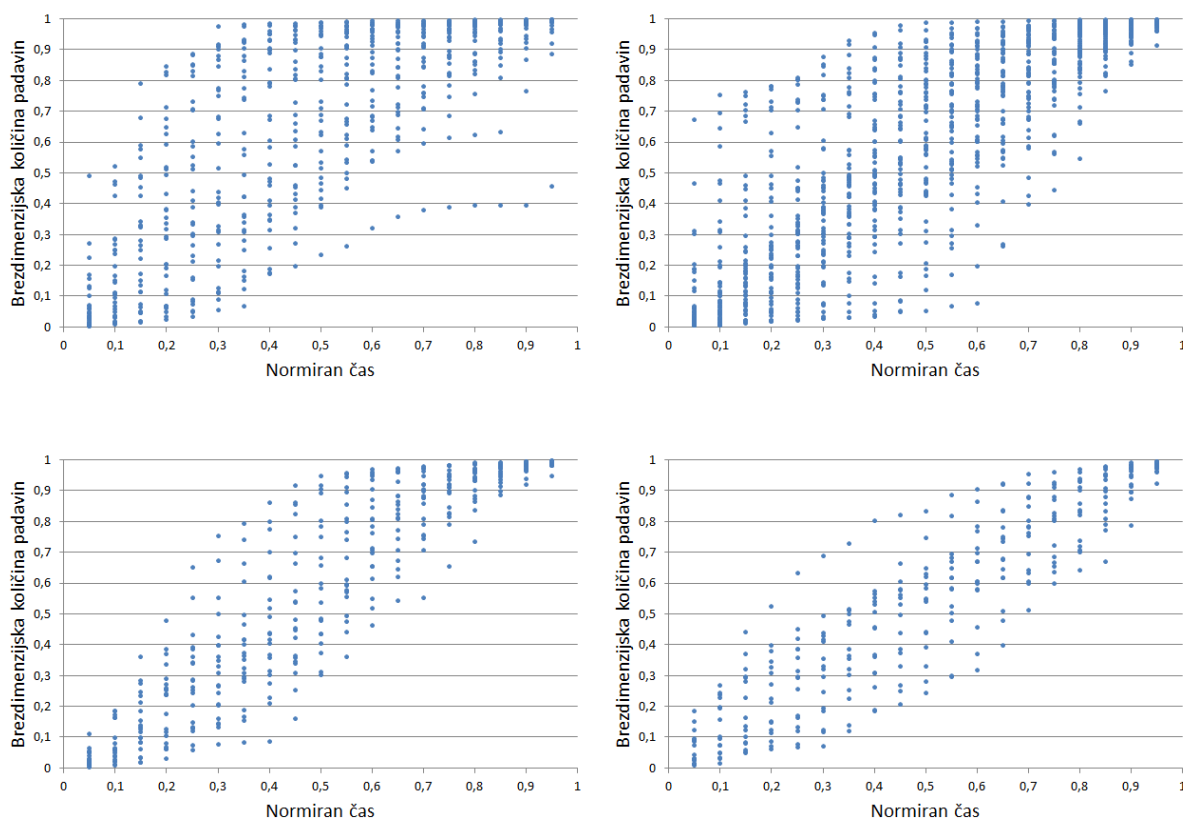
Slika 49: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Murski Soboti, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 2. kvartil



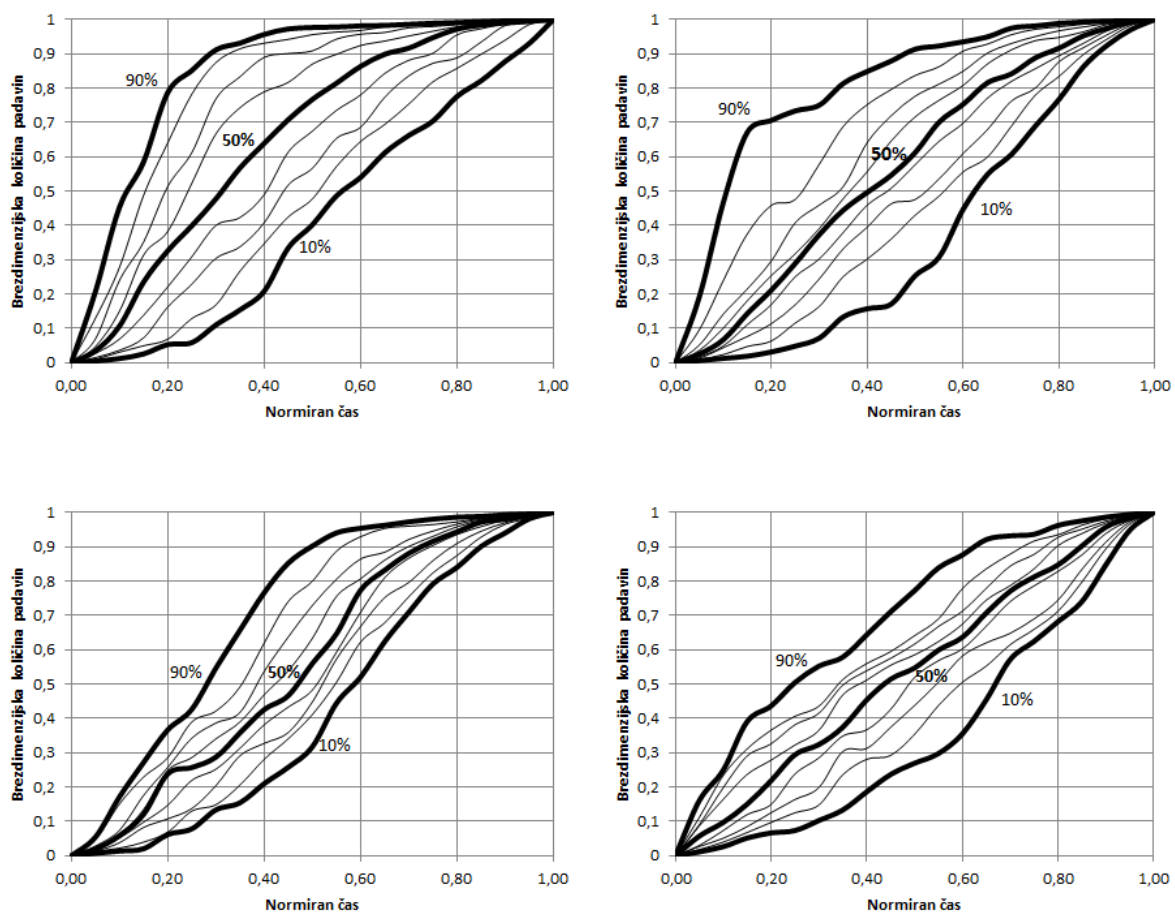
Slika 50: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Murski Soboti, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 3. kvartil



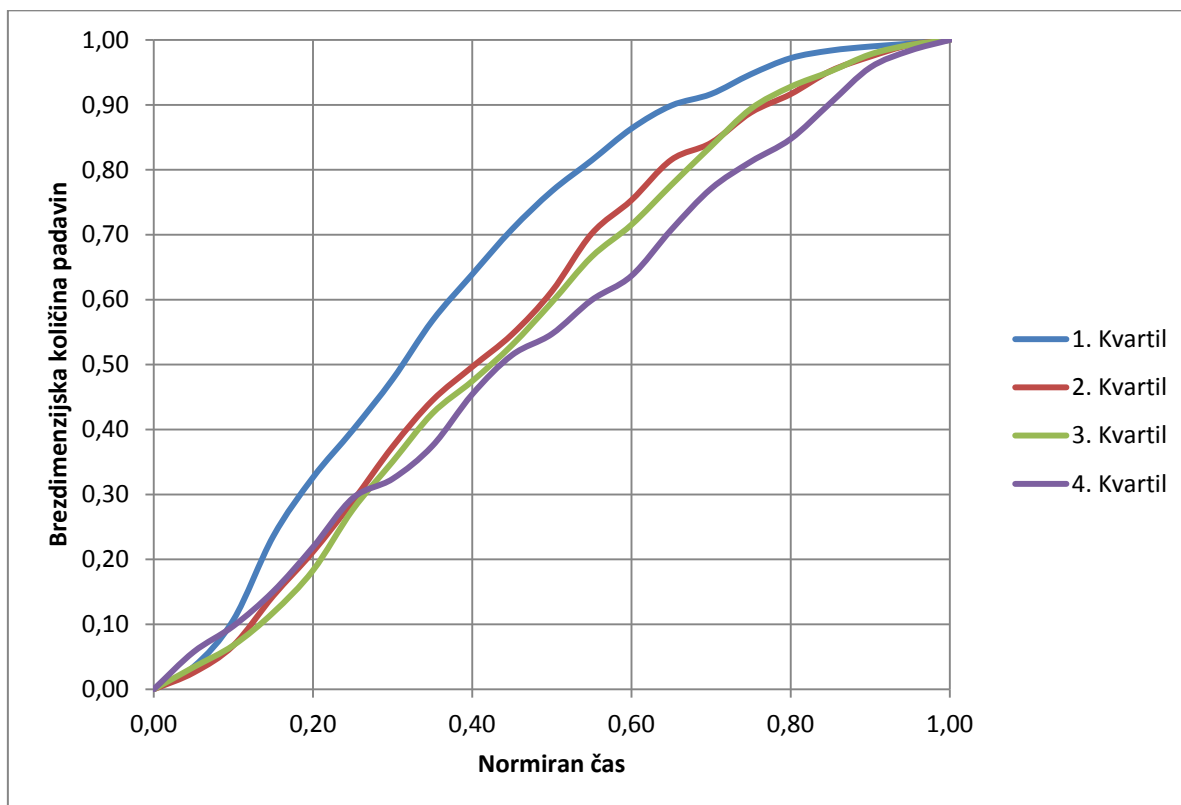
Slika 51: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Murski Soboti, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 4. Kvartil



Slika 52: Grafi, ki prikazujejo točke, kjer brezdimenzijske krivulje sekajo vertikalne linije normiranega časa v razmikih 0,05 - levo zgoraj je graf za prvi kvartil, desno zgoraj za drugi kvartil, levo spodaj za tretji kvartil in desno spodaj se nahaja graf za četrti kvartil



Slika 53: 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 54: 50-percentilne Huffove krivulje za Mursko Soboto za vse štiri kvartile

Preglednica 3: Točke ki definirajo 50-percentilne krivulje za merilno postajo v Murski Soboti

Čas	Odstotek padlih padavin			
	1. kvartil	2. kvartil	3. kvartil	4. kvartil
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,03	0,03	0,03	0,06
0,10	0,11	0,07	0,07	0,10
0,15	0,24	0,14	0,12	0,15
0,20	0,33	0,21	0,18	0,22
0,25	0,40	0,29	0,28	0,29
0,30	0,48	0,37	0,35	0,32
0,35	0,57	0,44	0,42	0,37
0,40	0,64	0,50	0,47	0,45
0,45	0,71	0,55	0,53	0,51
0,50	0,77	0,61	0,60	0,55
0,55	0,81	0,70	0,67	0,60
0,60	0,86	0,75	0,72	0,64
0,65	0,90	0,82	0,78	0,71
0,70	0,92	0,84	0,84	0,77
0,75	0,95	0,89	0,89	0,81

se nadaljuje...

...nadaljevanje preglednice 3

0,80	0,97	0,92	0,93	0,85
0,85	0,98	0,95	0,95	0,90
0,90	0,99	0,97	0,98	0,96
0,95	0,99	0,99	0,99	0,98
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

5.3 Novo Mesto

5.3.1 Opis merilne postaje

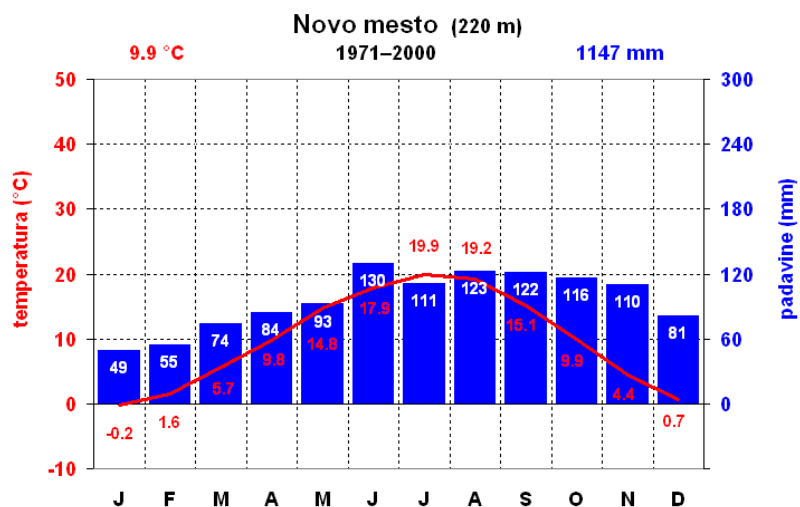
Merilna postaja Novo mesto se nahaja na nadmorski višini 220m. Postaja leži v jugovzhodnem delu Slovenije, ki je gričevnat in ima značilno podnebje. Obstoječe merilno mesto je locirano na Recljevem hribu (Levičar, 2007).



Slika 55: Lokacija meteorološke postaje Novo Mesto (Geopedia, 2012)



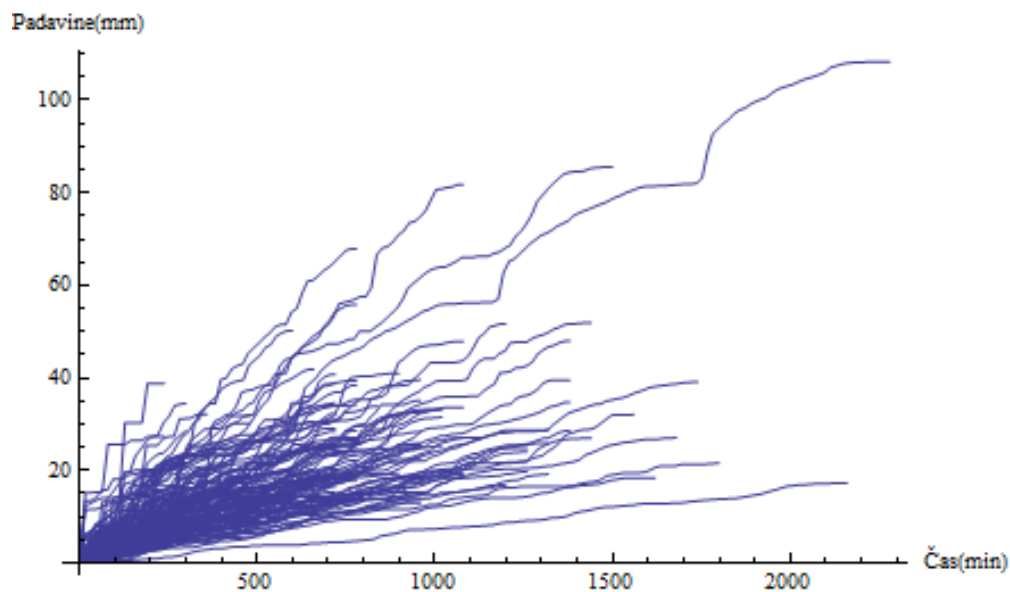
Slika 56: Vremenska postaja Novo mesto (Levičar, 2007)



Slika 57: Povprečne mesečne padavine in temperature v Novem mestu (1971-2000) (Diagrami meteoroloških postaj, 2012)

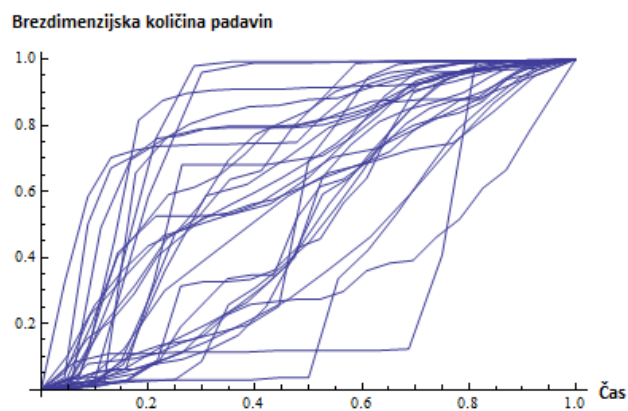
5.3.2 Podatki

Za merilno postajo v Novem Mestu smo analizirali podatke od leta 1970 do 2011. Po kriterijih za neodvisen padavinski dogodek smo dobili 155 neviht. Od tega jih je 28 v prvem kvartilu, 62 v drugem kvartilu, 41 v tretjem kvartilu in 24 v četrtem kvartilu.

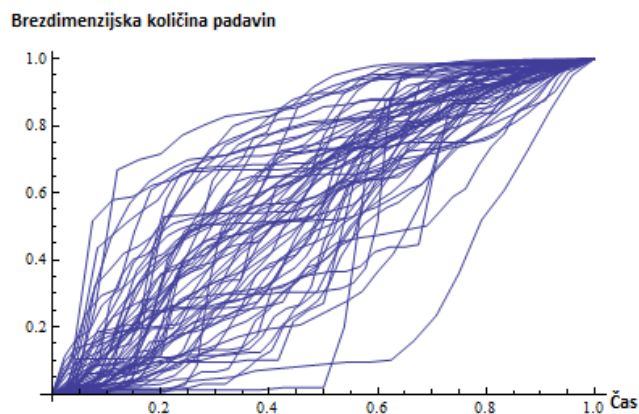


Slika 58: Kumulativne krivulje padavin v Novem mestu za nevihte, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek

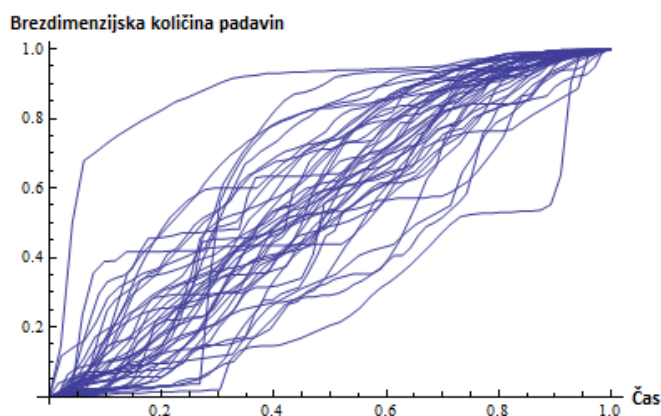
5.3.3 Rezultati



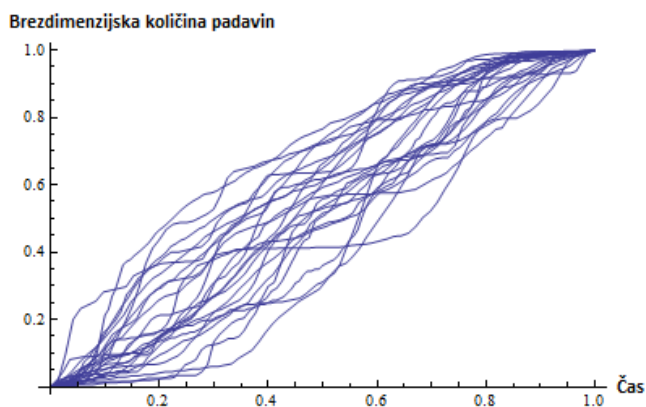
Slika 59: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Novem mestu, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 1. kvartil



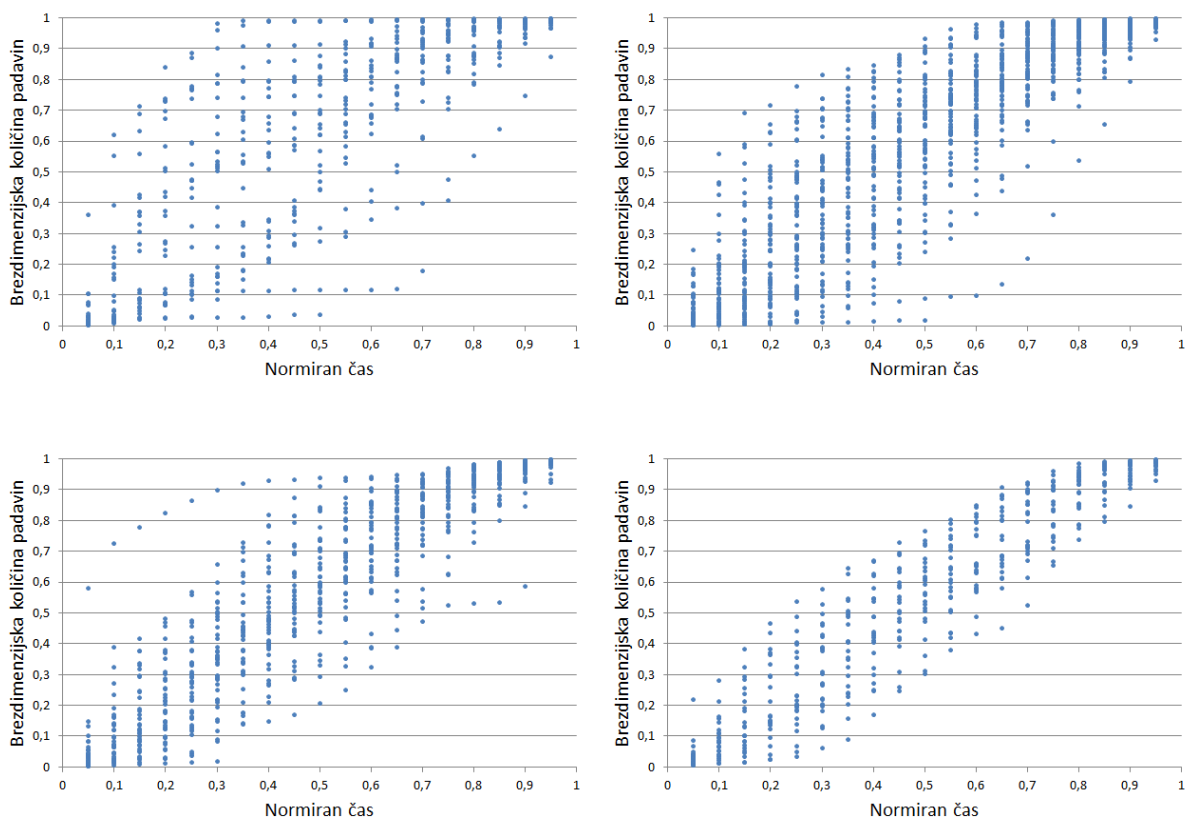
Slika 60: Graf normiranega časa in bretdimenzijaska količina padavin vseh neviht v Novem mestu, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 2. kvartil



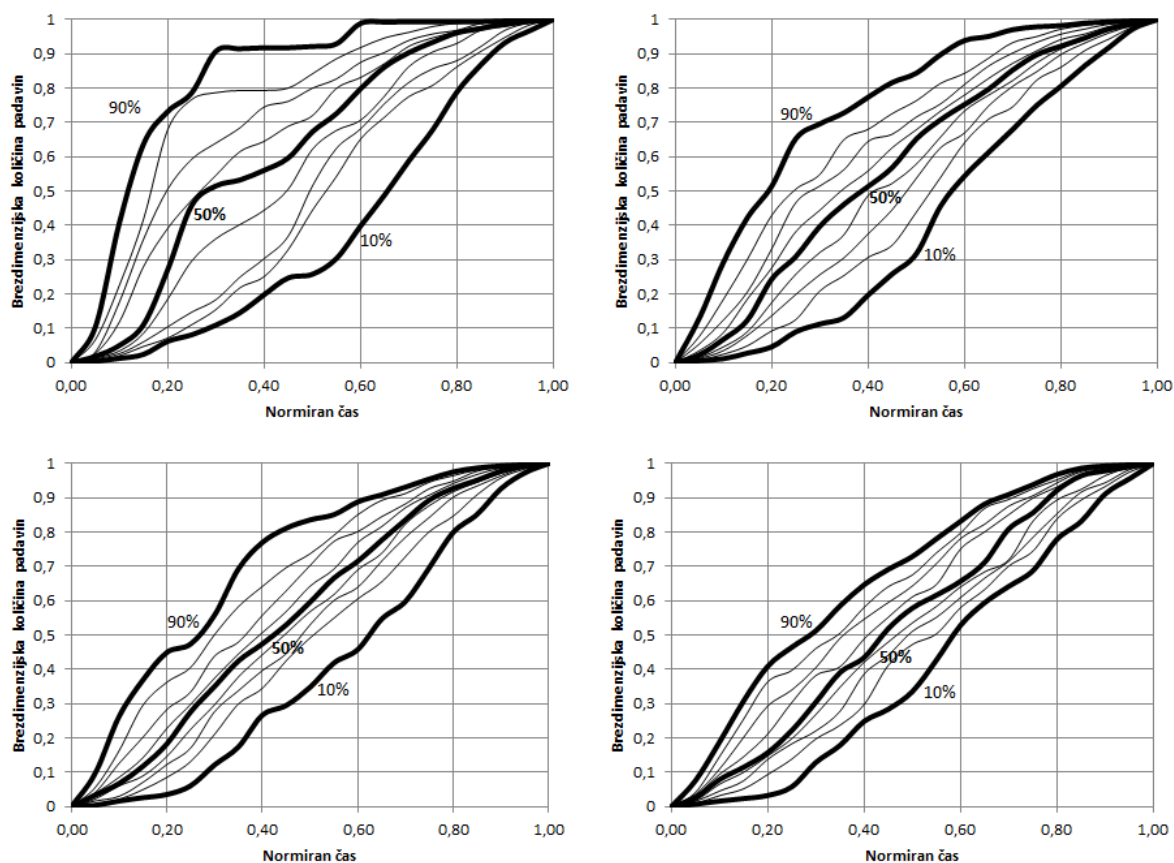
Slika 61: Graf normiranega časa in bretdimenzijaska količina padavin vseh neviht v Novem mestu, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 3. kvartil



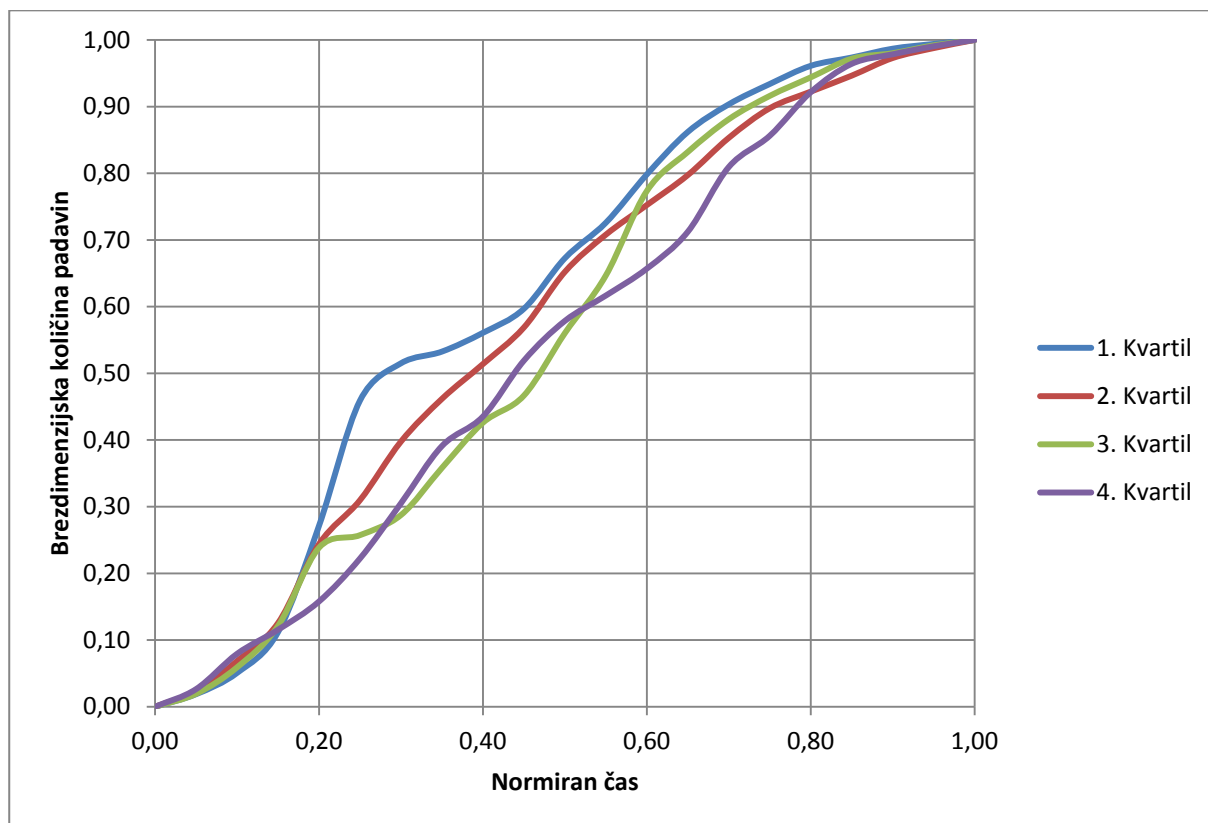
Slika 62: Graf normiranega časa in bretdimenzijaska količina padavin vseh neviht v Novem mestu, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 4. kvartil



Slika 63: Grafi, ki prikazujejo točke, kjer brezdimenzijske krivulje sekajo vertikalne linije normiranega časa v razmikih 0,05 - levo zgoraj je graf za prvi kvartil, desno zgoraj za drugi kvartil, levo spodaj za tretji kvartil in desno spodaj se nahaja graf za četrti kvartil



Slika 64: 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 65: 50-percentilne Huffove krivulje za Novo mesto za vse štiri kvartile

Preglednica 4: Točke, ki definirajo 50-percentilne krivulje za merilno postajo v Novem mestu

Čas	Odstotek padlih padavin			
	1. kvartil	2. kvartil	3. kvartil	4. kvartil
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,02	0,02	0,02	0,03
0,10	0,05	0,07	0,06	0,08
0,15	0,11	0,13	0,12	0,12
0,20	0,27	0,24	0,24	0,16
0,25	0,46	0,31	0,26	0,22
0,30	0,52	0,40	0,29	0,31
0,35	0,53	0,46	0,36	0,39
0,40	0,56	0,51	0,43	0,44
0,45	0,60	0,57	0,47	0,52
0,50	0,67	0,65	0,56	0,58
0,55	0,73	0,71	0,65	0,62
0,60	0,80	0,75	0,77	0,66
0,65	0,86	0,80	0,83	0,71
0,70	0,90	0,85	0,88	0,81

se nadaljuje...

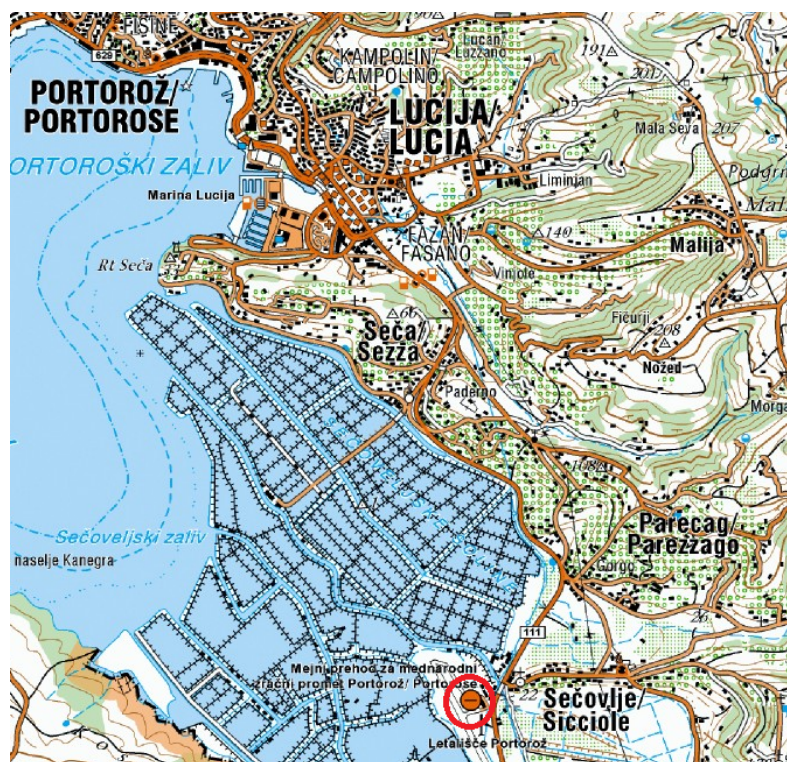
...nadaljevanje preglednice 4

0,75	0,93	0,90	0,92	0,86
0,80	0,96	0,92	0,94	0,92
0,85	0,97	0,95	0,97	0,96
0,90	0,99	0,97	0,98	0,98
0,95	0,99	0,99	0,99	0,99
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

5.4 Portorož

5.4.1 Opis merilne postaje

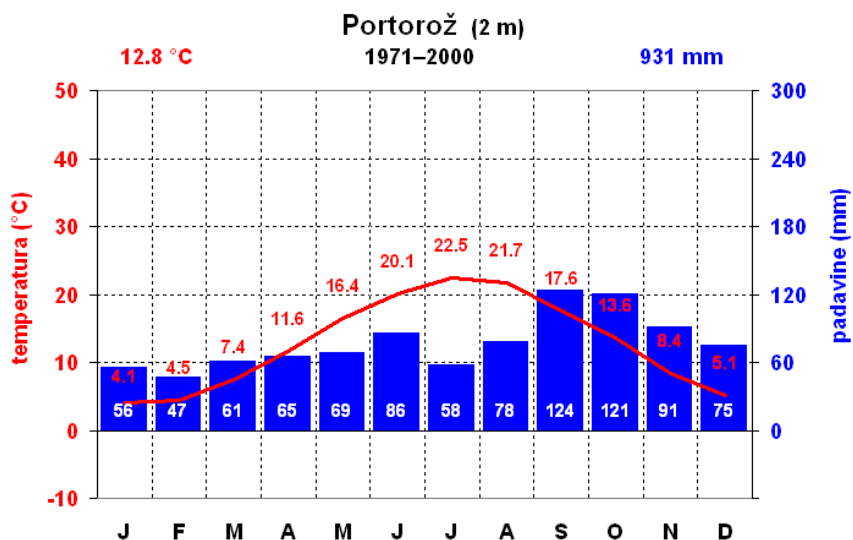
Merilna postaja Portorož leži v neposredni bližini letališča na nadmorski višini 2m. Postaja je del mreže pluviografov in zajema podatke za jugozahodni del Slovenije. Postaja je od obale oziroma Sečoveljskih solin oddaljena le nekaj sto metrov (Bajc, 2010).



Slika 66: Lokacija meteorološke postaje Portorož (Geopedia, 2012)



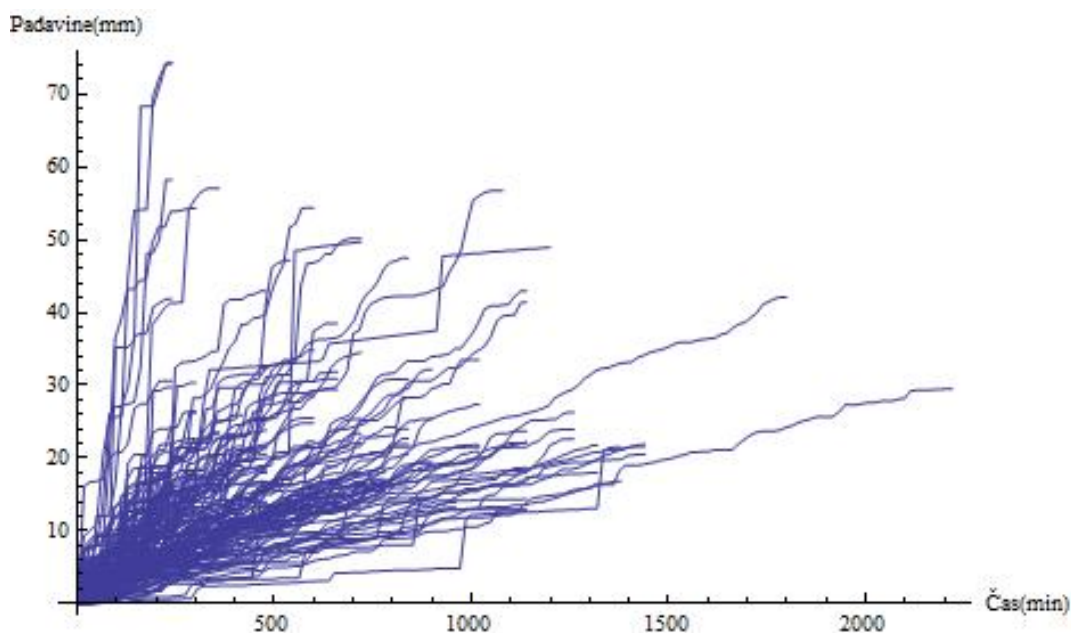
Slika 67: Meteorološka postaja Portorož (ARSO, 2010, cit. po Cesar, 2011)



Slika 68: Povprečne mesečne padavine in temperature v Portorožu (1971-2000) (Diagrami meteoroloških postaj, 2012)

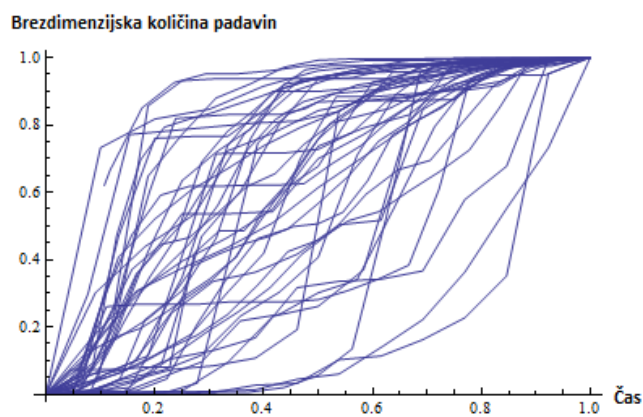
5.4.2 Podatki

Za merilno postajo v Portorožu smo analizirali podatke od leta 1970 do 2011. Po kriterijih za neodvisen padavinski dogodek smo dobili 158 neviht. Od tega jih je 42 v prvem kvartilu, 65 v drugem kvartilu, 32 v tretjem kvartilu in 19 v četrtem kvartilu.

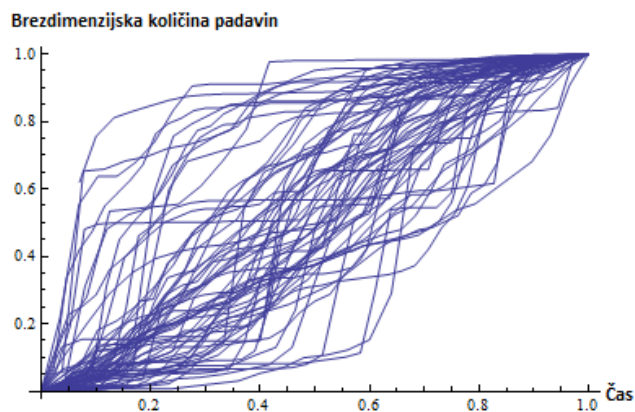


Slika 69: Kumulativne krivulje padavin v Portorožu za nevihte, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek

5.4.3 Rezultati



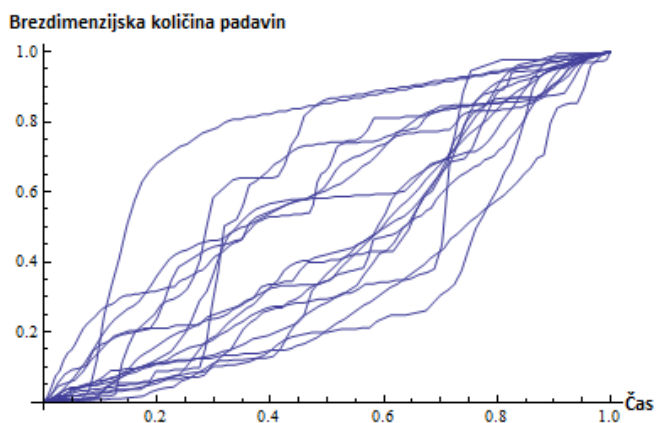
Slika 70: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Portorožu, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 1. kvartil



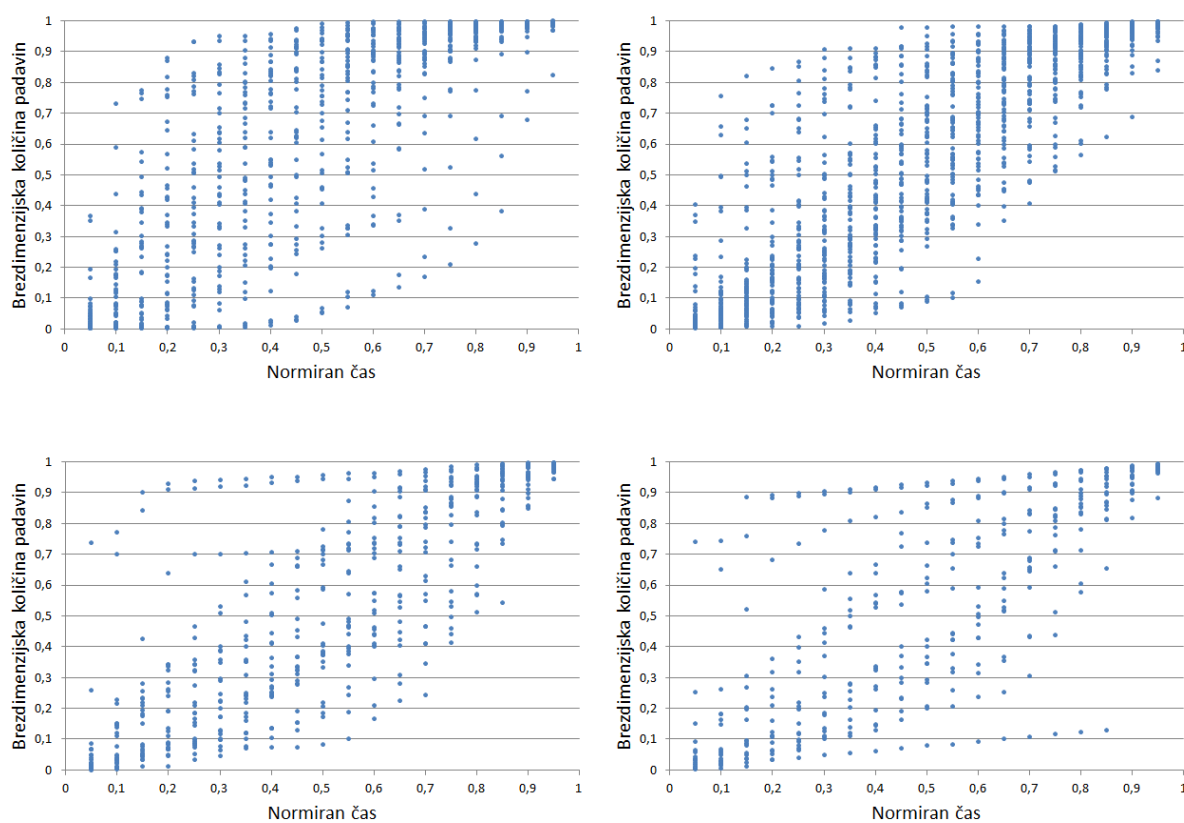
Slika 71: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Portorožu, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 1. kvartil



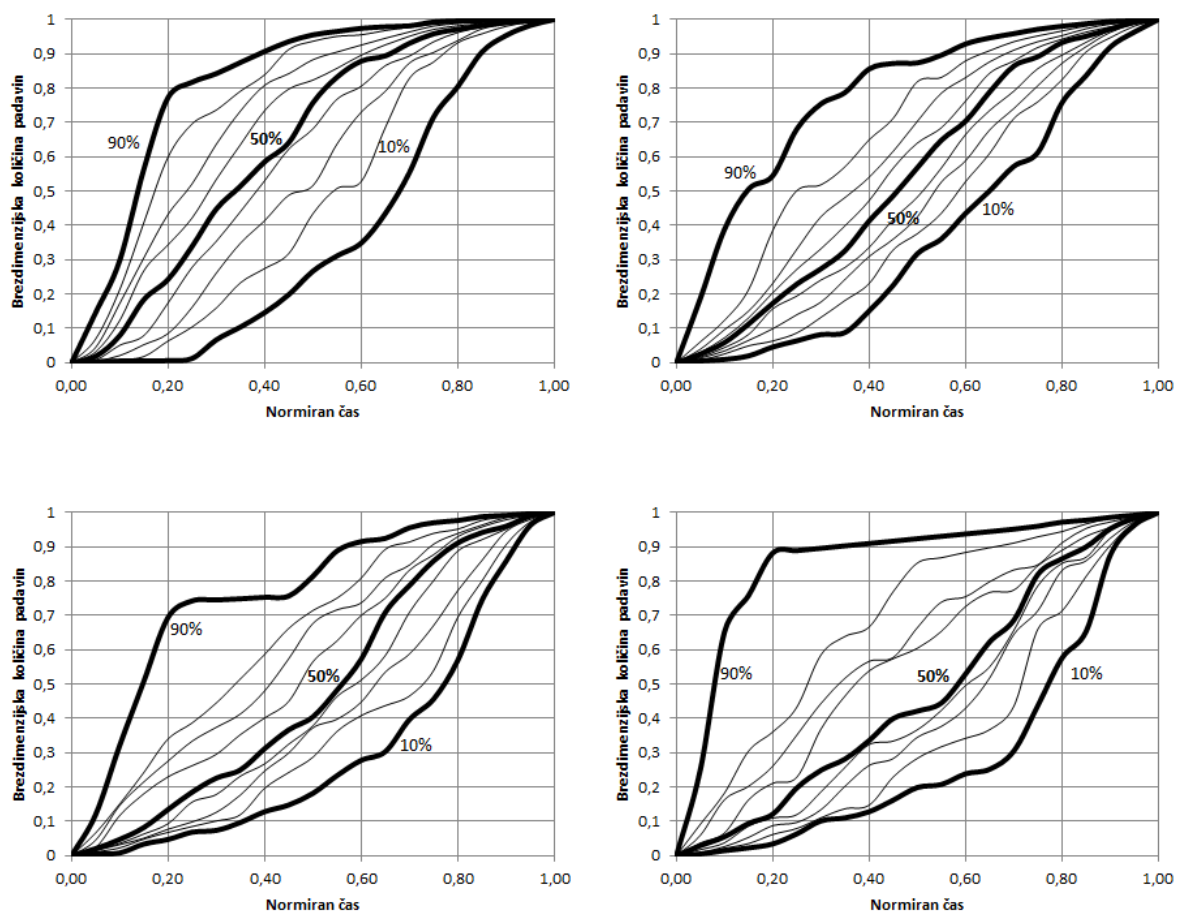
Slika 72: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Portorožu, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 1. kvartil



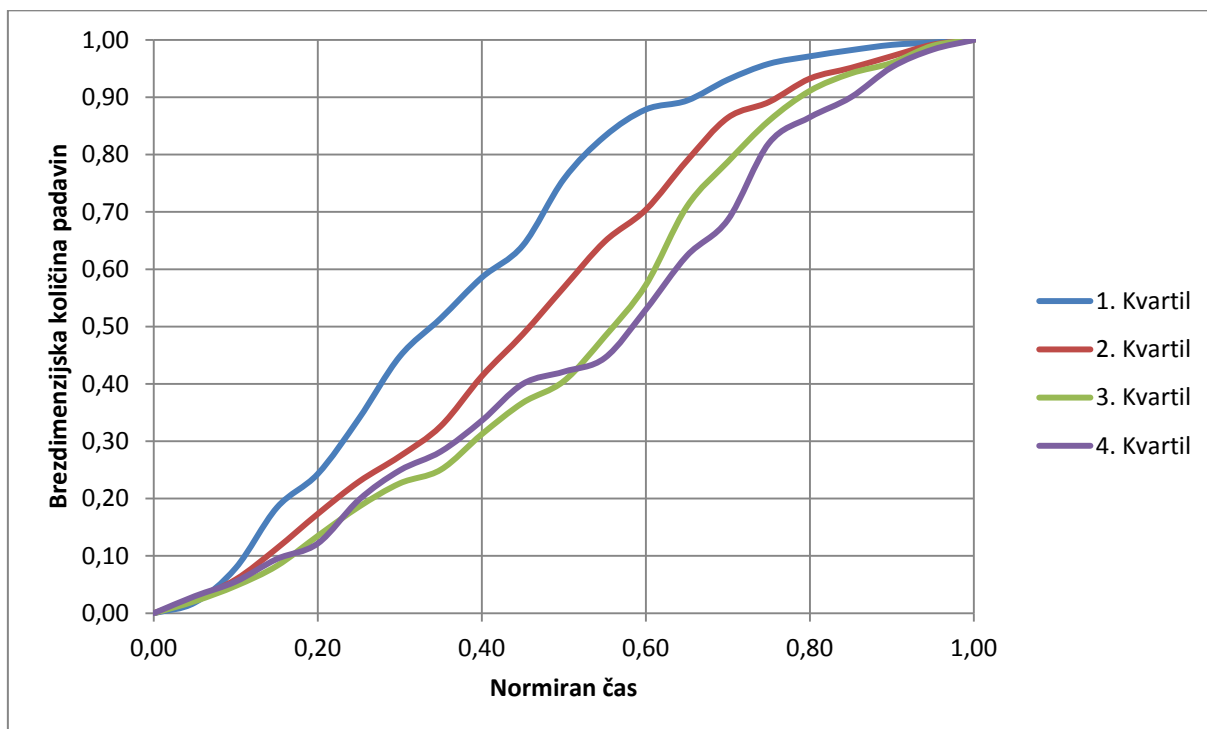
Slika 73: Graf normiranega časa in brezdimenzijske količine padavin vseh neviht v Portorožu, ki so ustrezale pogojem za neodvisen padavinski dogodek in sodijo v 1. kvartil



Slika 74: Grafi, ki prikazujejo točke, kjer brezdimenzijske krivulje sekajo vertikalne linije normiranega časa v razmikih 0,05 - levo zgoraj je graf za prvi kvartil, desno zgoraj za drugi kvartil, levo spodaj za tretji kvartil in desno spodaj se nahaja graf za četrti kvartil



Slika 75: 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.



Slika 76: 50-percentilne Huffove krivulje za Portorož za vse štiri kvartile

Preglednica 5: Točke, ki definirajo 50-percentilne krivulje za merilno postajo v Portorožu

Čas	Odstotek padlih padavin			
	1. kvartil	2. kvartil	3. kvartil	4. kvartil
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,02	0,03	0,02	0,03
0,10	0,08	0,06	0,05	0,06
0,15	0,18	0,11	0,08	0,09
0,20	0,24	0,17	0,13	0,12
0,25	0,34	0,23	0,19	0,20
0,30	0,45	0,27	0,23	0,25
0,35	0,51	0,33	0,25	0,28
0,40	0,59	0,41	0,31	0,34
0,45	0,64	0,49	0,37	0,40
0,50	0,76	0,57	0,40	0,42
0,55	0,83	0,65	0,48	0,45
0,60	0,88	0,70	0,57	0,53
0,65	0,89	0,79	0,71	0,62
0,70	0,93	0,86	0,79	0,69
0,75	0,96	0,89	0,86	0,82
0,80	0,97	0,93	0,91	0,87
0,85	0,98	0,95	0,94	0,90

se nadaljuje...

...nadaljevanje preglednice 5

0,90	0,99	0,97	0,96	0,95
0,95	1,00	0,99	0,99	0,98
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

6 PRIMERJAVA IN ANALIZA REZULTATOV

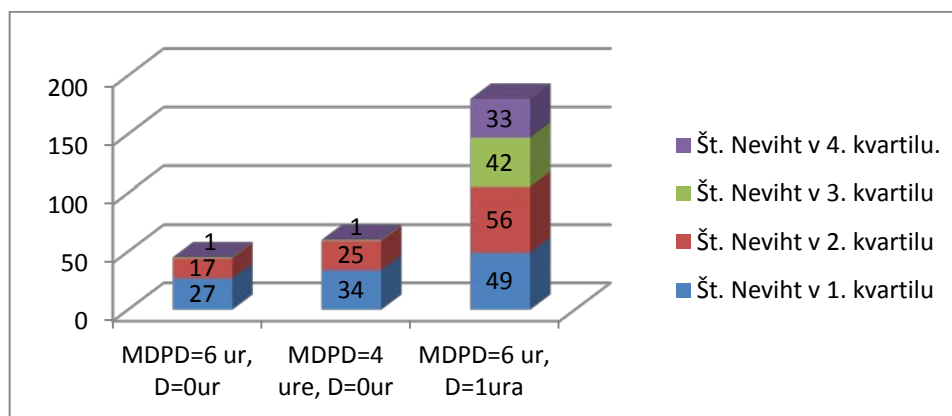
6.1 Primerjava rezultatov vpliva vmesnega časa na število neodvisnih padavinskih dogodkov

Izbira različnih minimalnih časov brez padavin med nevihtami (MDPD) in različnih maksimalnih sušnih časov znotraj ene nevihte (D) ima pri istih podatkih velik vpliv na število neviht, iz katerih bomo izdelali družino Huffovih krivulj. Iz preglednice 1 je razvidno, da ima izbira časa D največji vpliv na število neviht.

Na primeru padavinskih podatkov za Ljubljano vidimo, da zmanjšanje časa MDPD iz šestih ur na štiri ure ni bistveno povečalo števila neodvisnih padavinskih dogodkov. Skupno število neviht pri MDPD = najmanj 6 ur je bilo 45, pri MDPD = najmanj 4 ure pa 60. Zmanjšanje časa za dve uri je tako povečalo število neviht za 25 oziroma za 33 odstotkov.

V obeh primerih smo imeli maksimalni sušni čas znotraj ene nevihte (D) enak 0, kar pomeni, da so morale padavine znotraj ene nevihte padati konstantno brez prestanka. To se je izkazalo za neugodno predpostavko, ne samo zaradi majhnega števila neviht, ki smo jih dobili, ampak tudi zaradi neugodne razporeditve neviht v kvartile.

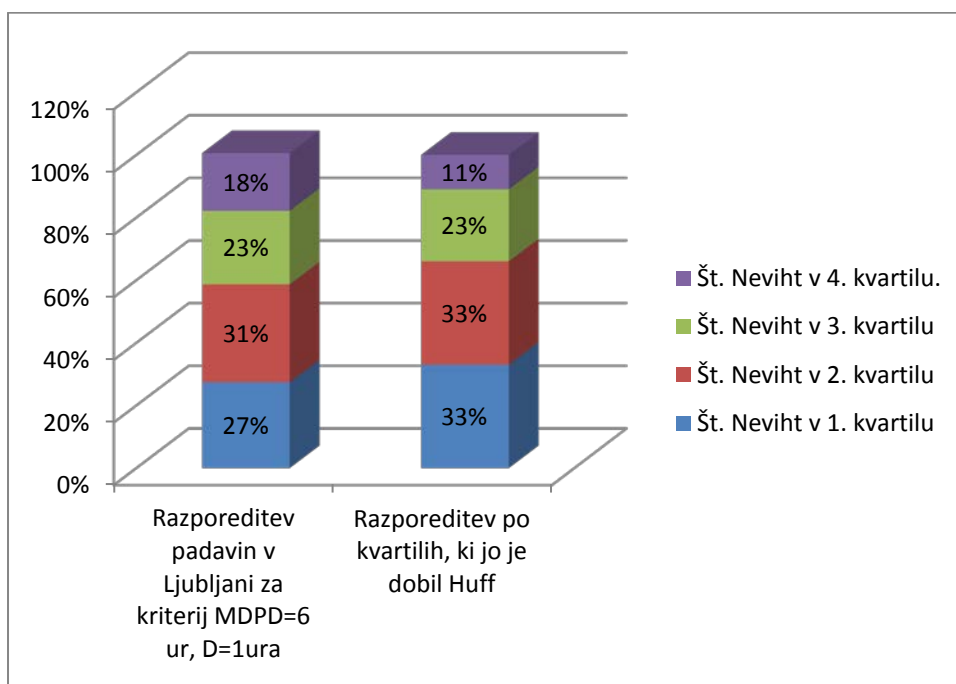
V primeru, ko je bil MDPD najmanj 6 ur in D enak nič, smo dobili v prvem kvartilu 60 odstotkov vseh padavin, v drugem 38 odstotkov in v tretjem 2 odstotka. V četrti kvartil se ni uvrstila nobena nevihta. To kaže na neustreznost izbire parametra MDPD in D. Zato smo se odločili spremeniti čas MDPD na najmanj 4 ure, ob pogoju D enako nič. Razporeditev po kvartilih je bila sledeča: v prvem kvartilu se je nahajalo 57 odstotkov vseh padavin, v drugem 42 odstotkov vseh padavin in v tretjem zgolj 1 odstotek. Zopet se v četrti kvartil ni uvrstila nobena nevihta.



Slika 77: Primerjava števila neviht po kvartilih glede na izbrane kriterije za neodvisen padavinski dogodek

Zaradi neugodne razporeditve padavin po kvartilih nismo mogli izdelati Huffovih krivulj po zgoraj naštetih omejitvah za neodvisen padavinski dogodek. Kazalo je, da je ključ do večjega števila neviht in boljše razporeditve izbira drugačnega parametra D. Odločili smo se, da naj bo maksimalni sušni čas znotraj ene nevihte (D) enak eni uri. MDPD smo, zaradi usklajenosti s Huffom (1967, 1990), vzeli najmanj 6 ur.

To se je izkazalo za uspešno, saj smo ob danih omejitvah dobili 179 neodvisnih padavinskih dogodkov. Poleg povečanega števila neviht smo dobili tudi boljšo razporeditev po kvartilih, in sicer je bilo v prvem kvartilu 27 odstotkov padavin, v drugem 31 odstotkov, v tretjem 23 odstotkov in v četrtem kvartilu 19 odstotkov vseh padavin. To je zelo podobna porazdelitev padavin v kvartile kot jo je opisal Huff (1990). Huff je namreč dobil v prvem kvartilu 33 odstotkov, v drugem tudi 33 odstotkov, v tretjem 23 odstotkov in v četrtem kvartilu 11 odstotkov vseh padavin. Večja razlika se pojavi samo v četrtem kvartilu, kjer se po naših podatkih znajde 19 odstotkov padavin, po Huffu (1990) pa 11 odstotkov. Razliko je moč opisati z različnimi podnebji, saj je Huff izvedel analizo padavin v zvezni državi Illinois, ki ima izrazito celinsko podnebje (Angel, 2012). Zanimiv je tudi podatek, da ima zvezna država Illinois na leto samo 8 (severni del) oziroma 13 (južni del) padavinskih dni ko pade več kot 1 inč (25,4 mm) padavin (Angel, 2012). Za primerjavo je imela Ljubljana leta 2000 28 padavinskih dni ko je dnevna količina preseгла 20 mm (Meteorološki letopisi, 2012). Tudi Burke (1980) je ugotovil razlike v izdelavi Huffovih krivulj za zvezno državo Indiana, ko je svoje rezultate primerjal s Huffovimi iz zvezne države Illinois, čeprav je bila razlika majhna, a vendar dovolj velika, da bi povzročila napake pri določitvi največje intenzitete padavin.



Slika 78: Primerjava porazdelitve neviht po kvartilih

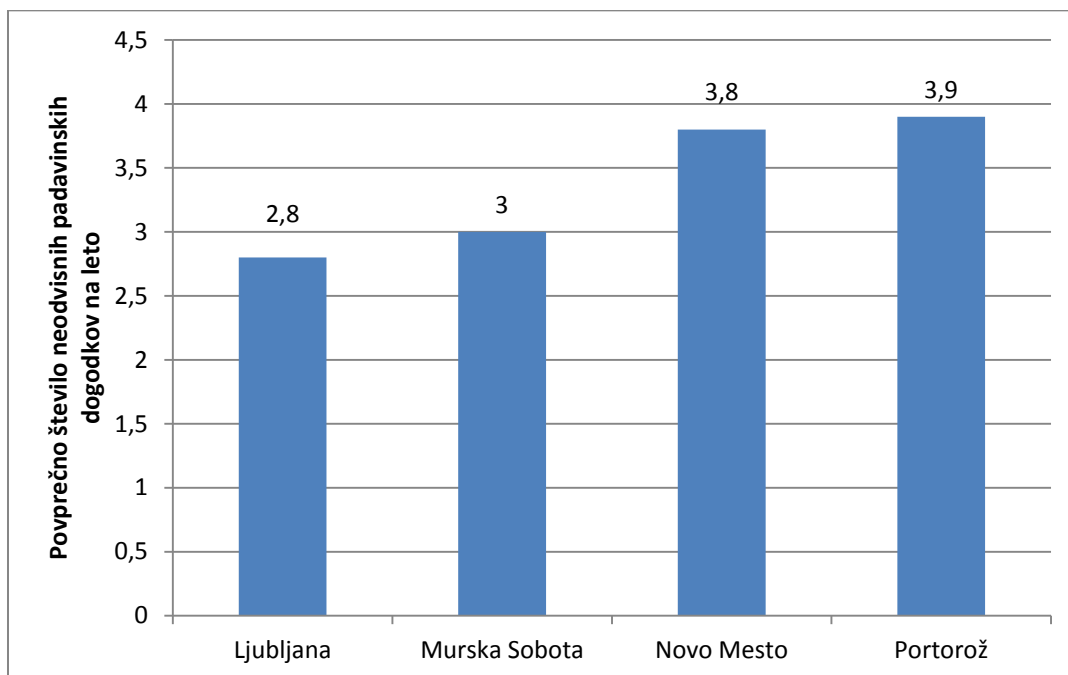
Zaradi zadostnega števila neodvisnih padavinskih dogodkov in ugodne razporeditve v kvartile smo za nadaljnjo izdelavo Huffovih krivulj uporabili kriterije MDPD = najmanj 6 ur in D največ eno uro. Če bi se odločili za izbiro MPDP najmanj 4 ure bi najverjetneje dobili še večje število neodvisnih padavinskih dogodkov, vendar smo zaradi usklajenosti s Huffom (1967) in zadostnim številom pridobljenih neviht uporabili MDPD = najmanj 6 ur.

6.2 Primerjava in analiza Huffovih krivulj za različne meteorološke postaje po Sloveniji

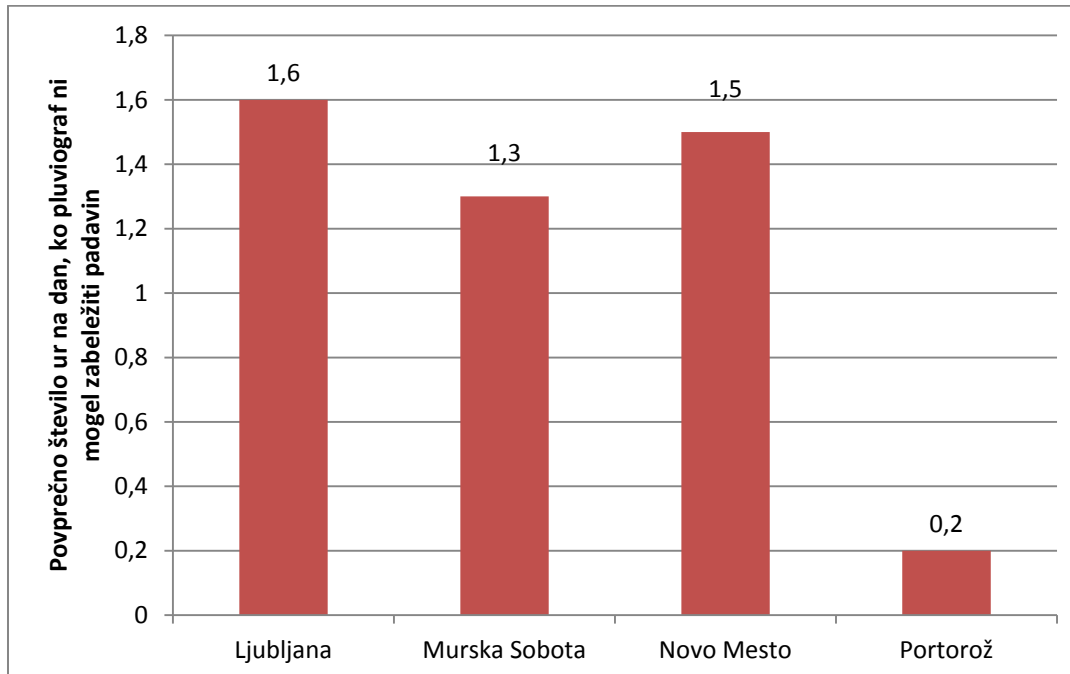
6.2.1 Primerjava števila neodvisnih padavinskih dogodkov

Za merilno postajo Ljubljana – Bežigrad smo analizirali podatke od leta 1947-2010, se pravi podatke v časovnem razponu 63 let. Pridobili smo 179 neodvisnih dogodkov, kar v povprečju nanese približno 2,8 neodvisnih padavinskih dogodkov na leto. Za primerjavo z ostalimi merilnimi postajami, kjer smo imeli podatke od leta 1970 do 2011, se pravi za časovno obdobje 41 let, smo dobili v Murski soboti povprečno 3 nevihte na leto, v Novem mestu povprečno 3,8 neviht in v Portorožu povprečno 3,9 neviht na leto.

Zanimiv je tudi podatek o številu ur, ko pluviograf ni deloval oziroma je snežilo, kar onemogoči izvajanje meritev. V Ljubljani je bilo v letih od 1947 do 2010 kar 35825 ur, ko pluviograf ni uspel zabeležiti padavin. Skupno število ur, ko je pluviograf uspešno zabeležil padavine je 60416. To pomeni, da pluviograf zaradi snega ali okvare ni beležil količine padavin v povprečju kar 1,6 ure na dan. To sicer ne pomeni, da zagotovo ni zabeležil toliko ur padavin, vendar je vseeno zanimiv podatek, ki deloma razloži zakaj je bilo v Ljubljani zabeleženo povprečno najmanj neodvisnih padavinskih dogodkov na leto. V Murski Soboti pluviograf ni beležil količine padavin v povprečju 1,3 ure na dan, v Novem mestu 1,5 ure na dan in v Portorožu pa 0,2 uri na dan.



Slika 79: Povprečno število neodvisnih padavinskih dogodkov na leto



Slika 80: Povprečno število ur na dan, ko pluviograf ni mogel zabeležiti padavin

6.2.2 Razdelitev neviht po kvartilih

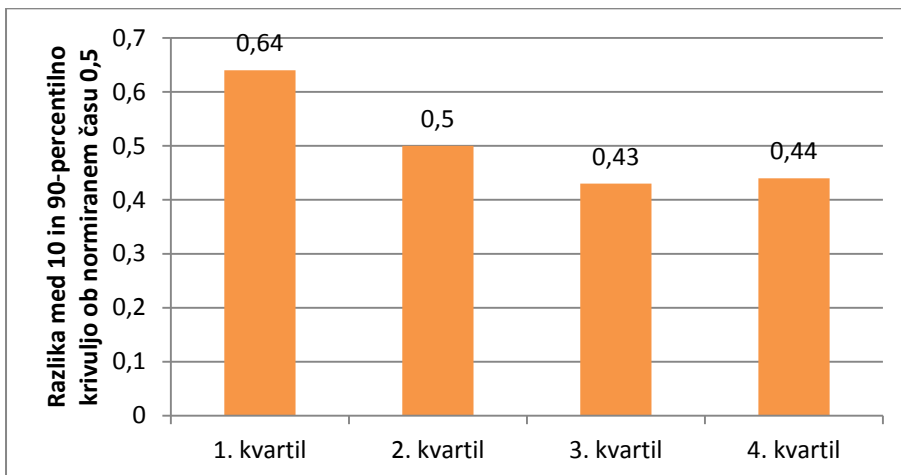
Razdelitev neviht po kvartilih za vsako meteorološko postajo posebej je prikazana v preglednici 6. Opaziti je moč, da se pri vseh postajah največ neviht nahaja v drugem kvartilu. Iz tega razloga bi bilo mogoče dobro zmanjšati časovno velikost drugega kvartila. Zanimivo je tudi, da je število neviht v četrtem kvartilu največje v Ljubljani in najmanjše v Portorožu, kjer se je v četrti kvartil uvrstilo le 12 odstotkov vseh neviht.

Preglednica 6: 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%
Illinois (Huff)	33%	33%	23%	11%

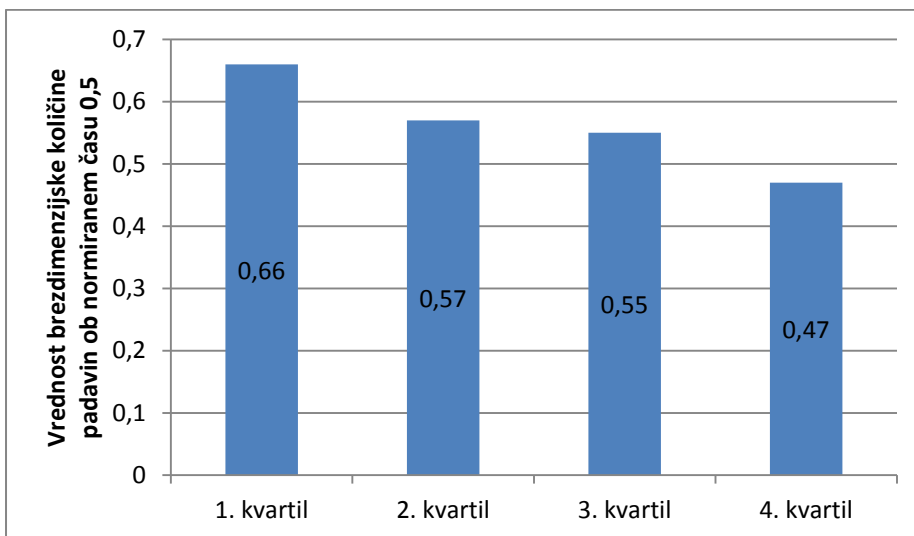
6.2.3 Primerjava in analiza Huffovih krivulj za meteorološko postajo Ljubljana

Pri Huffovih krivuljah za Ljubljano opazimo, da je v prvem kvartilu razlika med percentilnimi krivuljami bistveno večja kot v ostalih kvartilih. Razlika med 10 in 90-percentilno krivuljo ob normiranem času 0,5 je 0,65, kar za 66 odstotkov več kot v tretjem kvartilu, kjer je razlika 0,43. Podobno je tudi v četrtem kvartilu, kjer je razlika zgolj 0,44. Večji raztros je opaziti tudi v drugem kvartilu, vendar z razliko, med 10 in 90-percentilno krivuljo ob normiranem času 0,5, enako 0,53 ni tako zelo opazen. Iz tega sledi, da so si statistično značilno nevihte v prvem kvartilu, to so tiste nevihte ki trajajo od treh do šestih ur, dosti manj podobne med seboj. Iz podatkov torej sledi, da so statistično značilne nevihte z daljšim trajanjem bolj podobne druge drugim.



Slika 81: Razlika med 10 in 90-percentilno krivuljo ob normiranem času 0,5 za meteorološko postajo Ljubljana-Bežigrad

Če pogledamo sliko 50-percentilnih Huffovih krivulj za Ljubljano, opazimo, da je časovna razporeditev količine padavin po kvartilih razporejena podobno, kot jih je dobil Huff (1967) na podlagi 12-letnih padavin v zvezni državi Illinois. V prvem kvartilu se večina padavin zgodi v prvi polovici časa, v četrtem kvartilu pa se večina padavin zgodi v drugi polovici časa. 50-percentilni krivulji za drugi in tretji kvartil sta si dokaj podobni in se nekajkrat sekata. Morda bi bilo za prihodnje generiranje Huffovih krivulj za Ljubljano bolje, da se drugi in tretji kvartil drugače definirata. V drugem kvartilu je namreč tudi največ padavin.



Slika 82: Razlika vrednosti brezdimenzijske količine padavin ob normiranem času 0,5 glede na kvartil za meteorološko postajo Ljubljana

6.2.4 Primerjava in analiza Huffovih krivulj za meteorološko postajo Murska Sobota

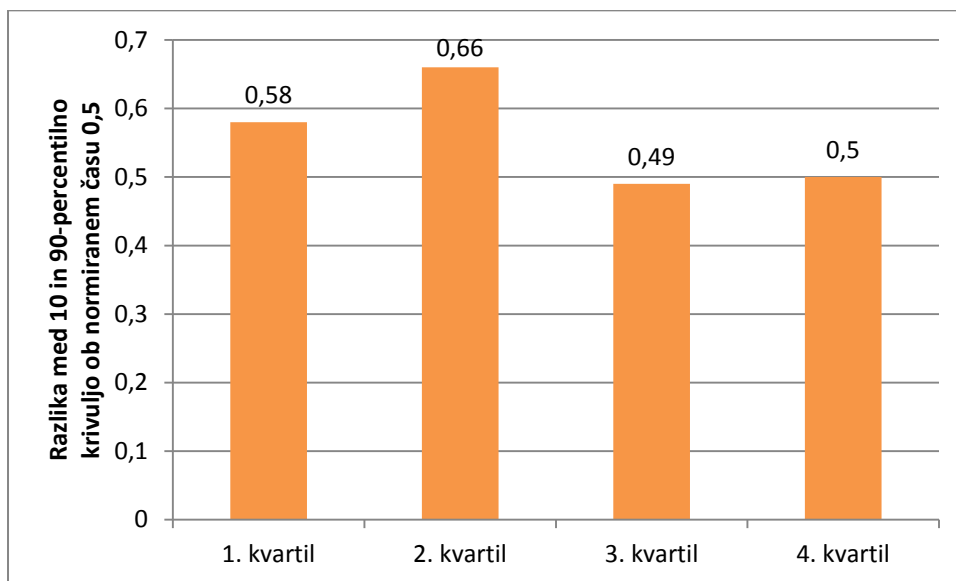
Podobno kot pri Ljubljani so tudi pri Huffovih krivuljah za Mursko Soboto razlike med krivuljami v prvem kvartilu velike. Vendar je za razliko od Ljubljane opaziti velike razlike tudi v Huffovih krivuljah za drugi kvartil. Kar še je zanimivo pri Huffovih krivuljah za prvi kvartil je to, da so 90, 80, 70 in 60-percentilne krivulje zelo zamaknjene navzgor (slika 53). To je pri Huffovih krivuljah za prvi kvartil za Ljubljano moč opaziti zgolj pri 90 in deloma 80-percentilni krivulji (slika 43).

Razlike med 90 in 10-percentilno krivuljo so za prvi kvartil pri normiranem času 0,5 enake 0,58. Pri istem času so razlike pri Huffovih krivuljah za drugi kvartil enake 0,66. Raztros pri normiranem času 0,5 je tako pri krivuljah za drugi kvartil večji kot pri krivuljah za prvi kvartil. Za tretji in četrti kvartil je razlika pri normiranem času 0,5 enaka 0,49 oziroma 0,5. Podobno kot pri krivuljah za Ljubljano lahko zaključimo, da so statistično značilno nevihte z daljšim trajanjem bolj podobne druge drugim.

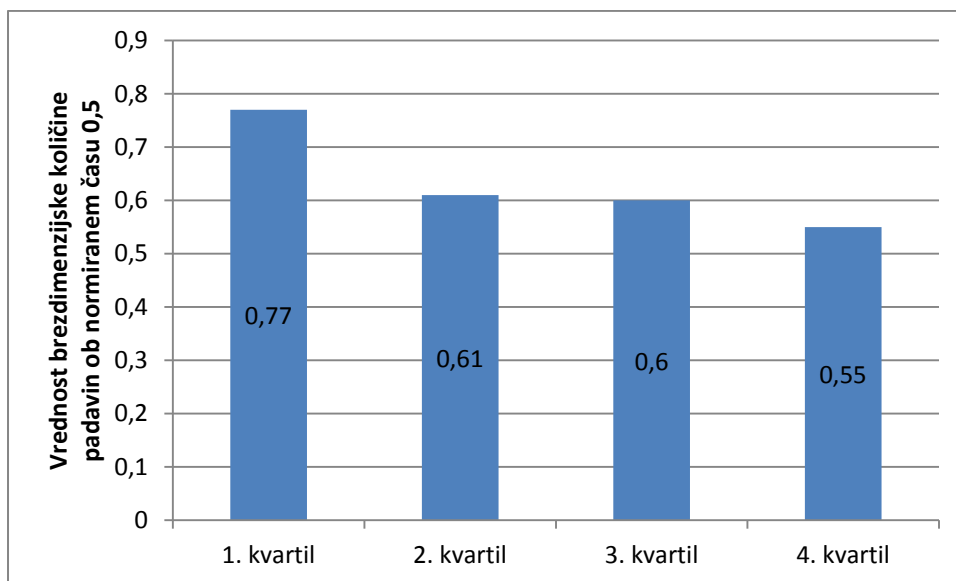
Kar je še zanimivo pri Huffovih krivuljah za meteorološko postajo Murska Sobota je »vijuganje«
Huffovih krivulj. To vijuganje je še posebej opazno pri Huffovih krivuljah za tretji in četrti kvartil. Zanimivo je tudi, da večji del bolj valovitih krivulj leži v prvem delu trajanja nevihte, se pravi pred normiranim časom 0,5. Tako obnašanje krivulj je bilo možno videti tudi pri Huffovih krivuljah za Ljubljano, vendar v manjši meri.

Iz primerjave 50-percentilnih krivulj v vseh štirih kvartilih za meteorološko postajo Murska Sobota vidimo v prvi vrsti odmik 50-percentilne krivulje za prvi kvartil od ostalih krivulj. Zopet se izkaže tudi, da je ta krivulja najbolj gladka in postavljena najvišje, kar je pričakovano. 50-percentilna krivulja za četrti kvartil se v prvi četrtini časa nahaja najvišje, kar je zelo zanimivo, vendar najverjetneje je vzrok v manjšem številu neviht v tem kvartilu, kar po Bonti (2004) spremeni potek Huffovih krivulj.

Za razliko od Ljubljane se 50-percentilni krivulji za drugi in tretji kvartil ne sekata tako pogosto. Samo v prvih desetih odstotkih in v zadnjih 20 odstotkih časa sta tesno skupaj in se celo sekata, vendar to ni nič nenavadnega, saj so v tem delu vse krivulje tesno skupaj.



Slika 83: Razlika med 10 in 90-percentilno krivuljo ob normiranem času 0,5 za meteorološko postajo Murska Sobota-Rakičan



Slika 84: Razlika v vrednosti brezdimenzijske količine padavin ob normiranem času 0,5 glede na kvartil za meteorološko postajo Murska Sobota-Rakičan

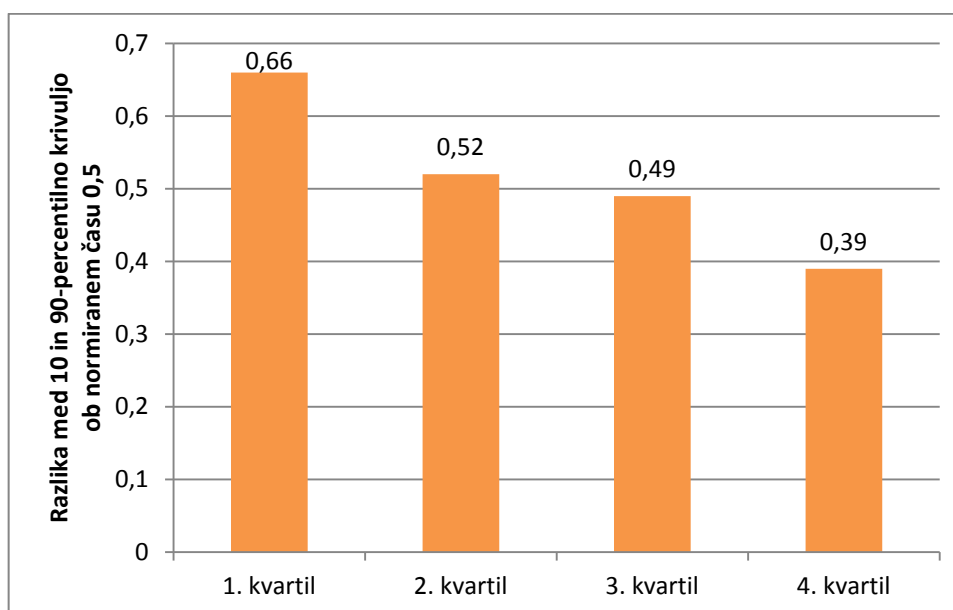
6.2.5 Primerjava in analiza Huffovih krivulj za meteorološko postajo Novo mesto

Za podatke meteorološke postaje Novo mesto lahko vidimo da sta 80 in 90-percentilna krivulja v družini Huffovih krivulj za prvi kvartil zamaknjeni navzgor (slika 64). To smo videli tudi pri Huffovih krivuljah za Mursko Soboto. Podobnost je zaznati tudi v raztrosu krivulj v prvem kvartilu. V prvem kvartilu pa imata 80 in 90-percentilni krivulji v intervalu normiranega časa 0,2 do 0,45 zelo majhen oz ničelni prirast. 90-percentilna krivulja se ob normiranem času 0,32 navidezno zamakne navzdol,

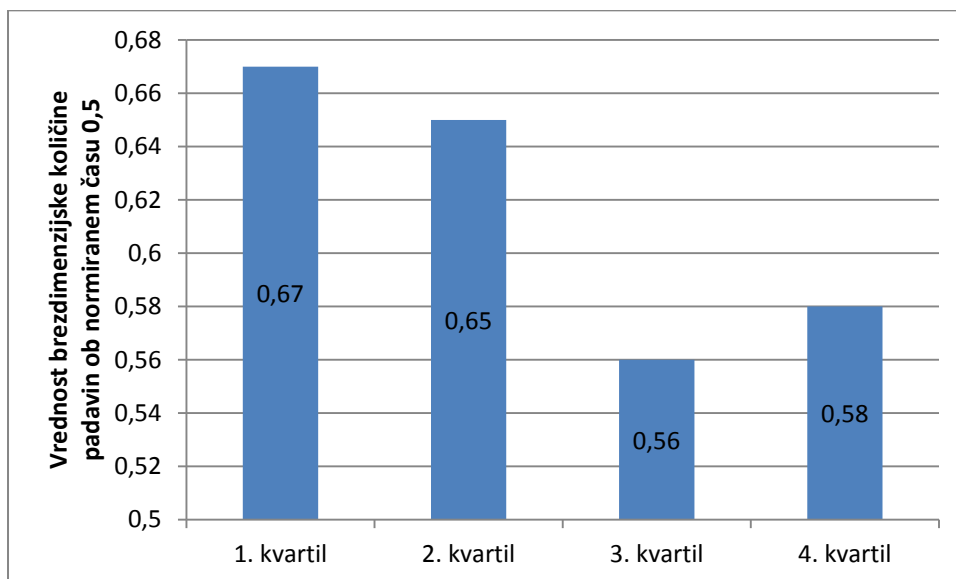
vendar je to le posledica glajenja krivulj. Zanimivo je tudi, da 90-percentilna krivulja v prvi tretjini trajanja prikazuje že 90 odstotkov padle količine padavin.

Razlike med 90 in 10-percentilno krivuljo so ob normiranem času 0,5 enake 0,66. Razlike v ostalih kvartilih od drugega do četrtega so enake 0,52 za drugi kvartil, 0,49 za tretji kvartil in 0,39. Iz podatkov sledi, da je raztros največji zopet v prvem kvartilu in nato pada do četrtega kvartila.

Iz primerjave 50-percentilnih krivulj po kvartilih vidimo, da krivulja ki prikazuje tretji kvartil preseka krivuljo četrtega kvartila in v zgornjem delu tudi krivuljo drugega kvartila. Ostale tri krivulje se obnašajo podobno kot so se obnašale 50-percentilne krivulje pri Huffu (1967). Zanimiv je strm vzpon 50-percentilne krivulje za prvi kvartil, ki v 10 odstotkih časa doseže 40 odstotkov celotne količine padavin. Sodeč po 50-percentilni krivulji za prvi kvartil v prvem delu trajanja padavin pade slabih 70 odstotkov celotne količine padavin.



Slika 85: Razlika med 10 in 90-percentilno krivuljo ob normiranem času 0,5 za meteorološko postajo Novo mesto



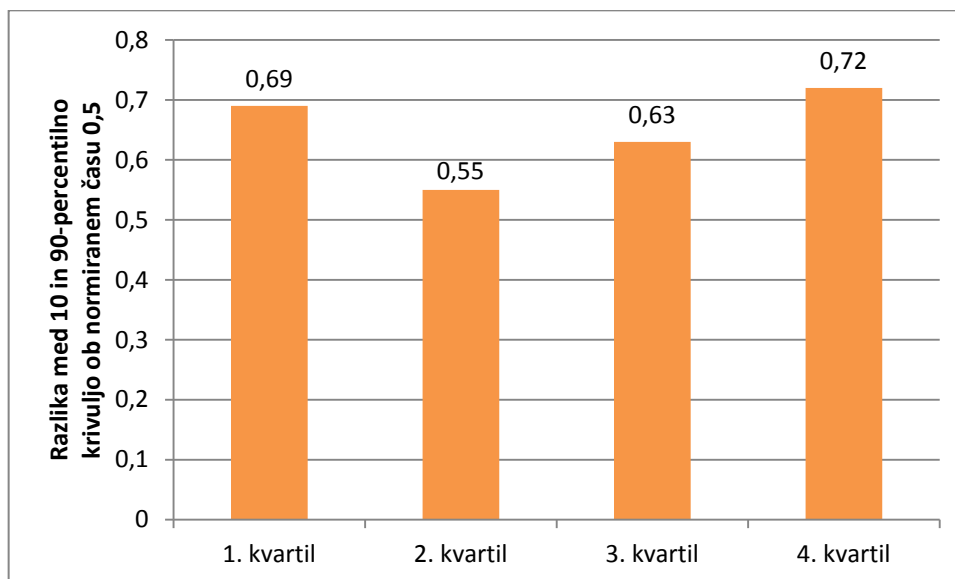
Slika 86: Razlika v vrednosti brezdimenzijske količine padavin ob normiranem času 0,5 glede na kvartil za meteorološko postajo v Novem mestu

6.2.6 Primerjava in analiza Huffovih krivulj za meteorološko postajo Portorož

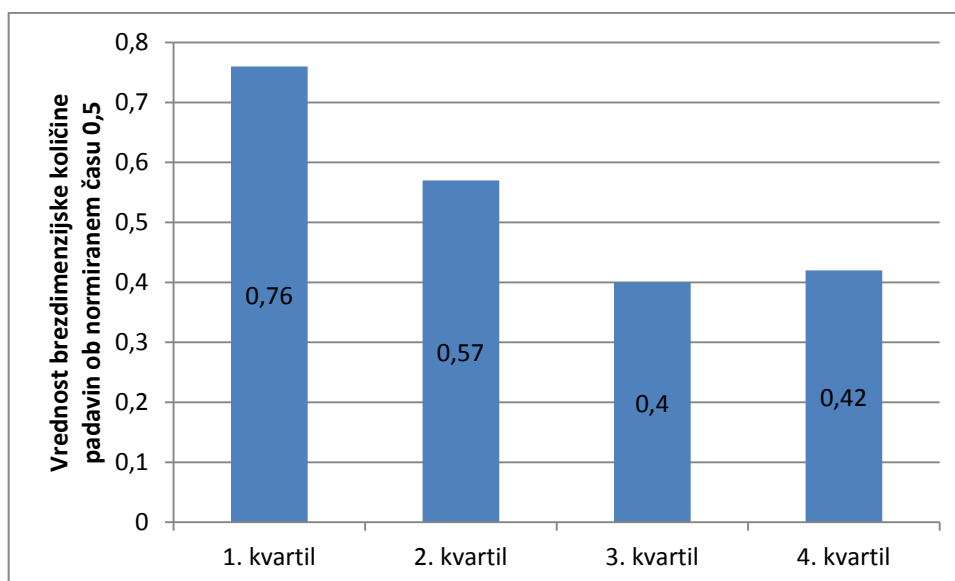
Pri Huffovih krivuljah za Portorož opazimo da so vse Huffove krivulje v vseh štirih kvartilih postavljene zelo na široko (slika 76). To še posebno velja za 90-percentilno krivuljo prvi tretjem in četrtem kvartilu. Krivulji se namreč zelo oddaljita od ostalih krivulj. Zanimive so tudi razlike med 90 in 10-percentilno krivuljo. V Ljubljani, Novem mestu in Murski Soboti je bila namreč razlika pri normiranem času 0,5 največja v prvem kvartilu. V primeru podatkov za Portorož, pa je razlika največja v četrtem kvartilu. Razlika med 10 in 90-percentilno krivuljo ob normiranem času 0,5 v prvem kvartilu je 0,69, v drugem 0,55, v tretjem 0,63 in v četrtem 0,72.

Če pogledamo graf 50-percentilnih krivulj za vse štiri kvartile vidimo, da sta krivulji za prvi in drugi kvartil lepo ločeni in se ne sekata. Krivulja za prvi kvartil prikazuje, da je ob normiranem času 0,5 padlo že 75 odstotkov vseh padavin.

Krivulji za tretji in četrti kvartil sta si v prvi četrtini zelo podobni. V drugi četrtini je krivulja za četrti kvartil postavljena višje kot krivulja za tretji kvartil. Krivulji pa se po pretečeni polovici časa razmakneta in krivulja za četrti kvartil je zopet v spodnjem delu, pod tretjo krivuljo.



Slika 87: Razlika med 10 in 90-percentilno krivuljo ob normiranem času 0,5 za meteorološko postajo Portorož

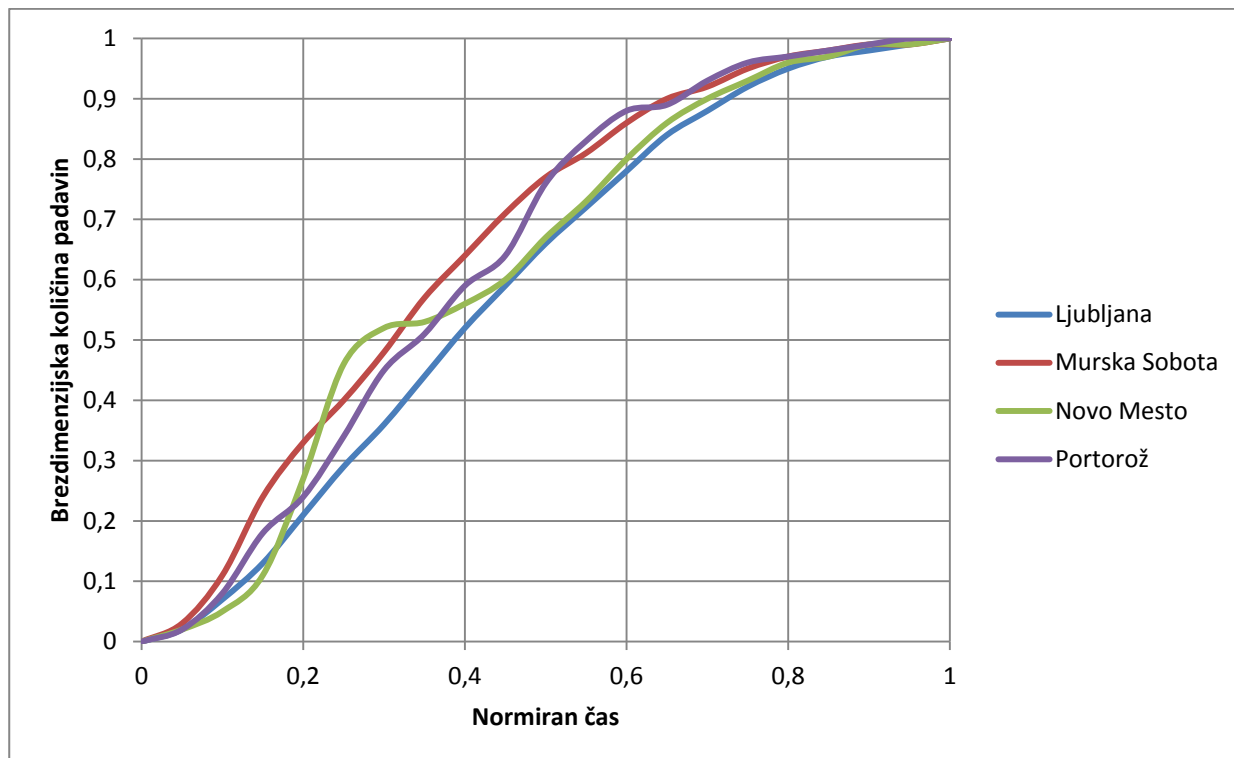


Slika 88: Razlika v vrednosti brezdimenzijske količine padavin ob normiranem času 0,5 glede na kvartil za meteorološko postajo v Portorožu

6.2.7 Primerjava Huffovih krivulj med meteorološkimi postajami za prvi kvartil

Na sliki 89 vidimo 50-percentilne Huffove krivulje v prvem kvartilu za Ljubljano, Mursko Soboto, Novo mesto in Portorož. Za Ljubljano in Mursko Soboto lahko rečemo, da sta krivulji dokaj gladki, brez večjih sprememb v naklonu tangente. Krivulja ki prikazuje 50-percentilno Huffovo krivuljo za Novo mesto, je v primerjavi s prej omenjenima krivuljama zelo razgibana. Naklon tangente ob normiranem času 0,3 je namreč skorajda enak nič. Krivulja tam doseže prevoj.

Zanimiva je tudi razporeditev krivulj, saj je 50-percentilna krivulja za Mursko Soboto postavljena najvišje. Ob normiranem času 0,5 doseže krivulja normirano vrednost padavin kar 0,78. Ravno obratno pa je krivulja za Ljubljano postavljena najnižje, a ob normiranem času 0,5 še vedno doseže normirano količino padavin večjo od 0,65.

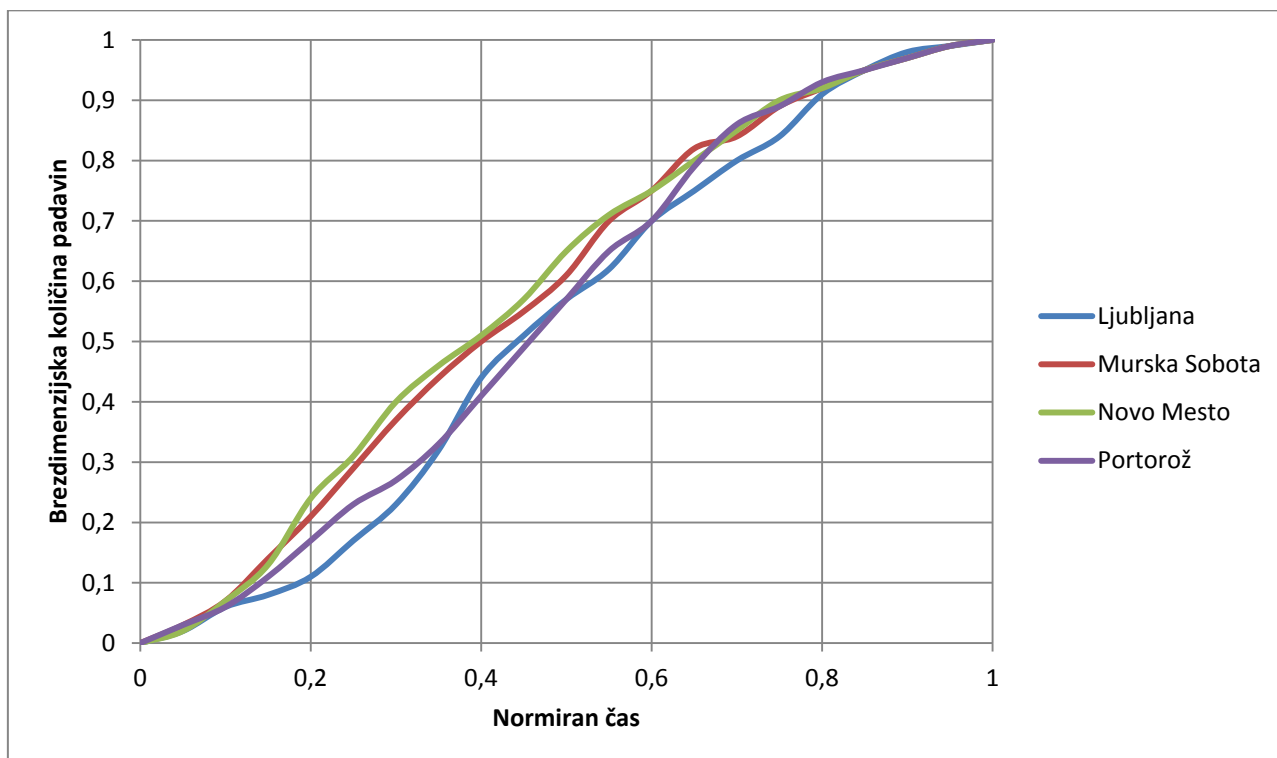


Slika 89: 50-percentilne Huffove krivulje za izbrane meteorološke postaje v prvem kvartilu

6.2.8 Primerjava Huffovih krivulj med meteorološkimi postajami za drugi kvartil

Na sliki 90 vidimo 50-percentilne Huffove krivulje v drugem kvartilu za Ljubljano, Mursko Soboto, Novo mesto in Portorož. Krivulja za Novo mesto je tokrat postavljena najvišje in je zelo podobna krivulji za Mursko Soboto. Krivulja za Mursko Soboto je bila postavljena najvišje že v prvem kvartilu. Prav tako je podobna postavitev krivulje za Ljubljano, ki je zopet najnižje. Sicer se nekajkrat seka s krivuljo za podatke iz Portoroža, vendar ostaja večino časa pod ostalimi krivuljami.

Če pogledamo še razlike med krivuljami, ko te dosežejo normiran čas 0,5 vidimo, da je najvišje postavljena krivulja za Novo mesto in sicer doseže brezdimenzijsko vrednost količine padavin 0,65. Sledi ji krivulja za Mursko Soboto z vrednostjo 0,6, nato pa se krivulji za Portorož in Ljubljano sekata ravno pri normiranem času 0,5 in dosežeta brezdimenzijsko vrednost količine padavin 0,58.

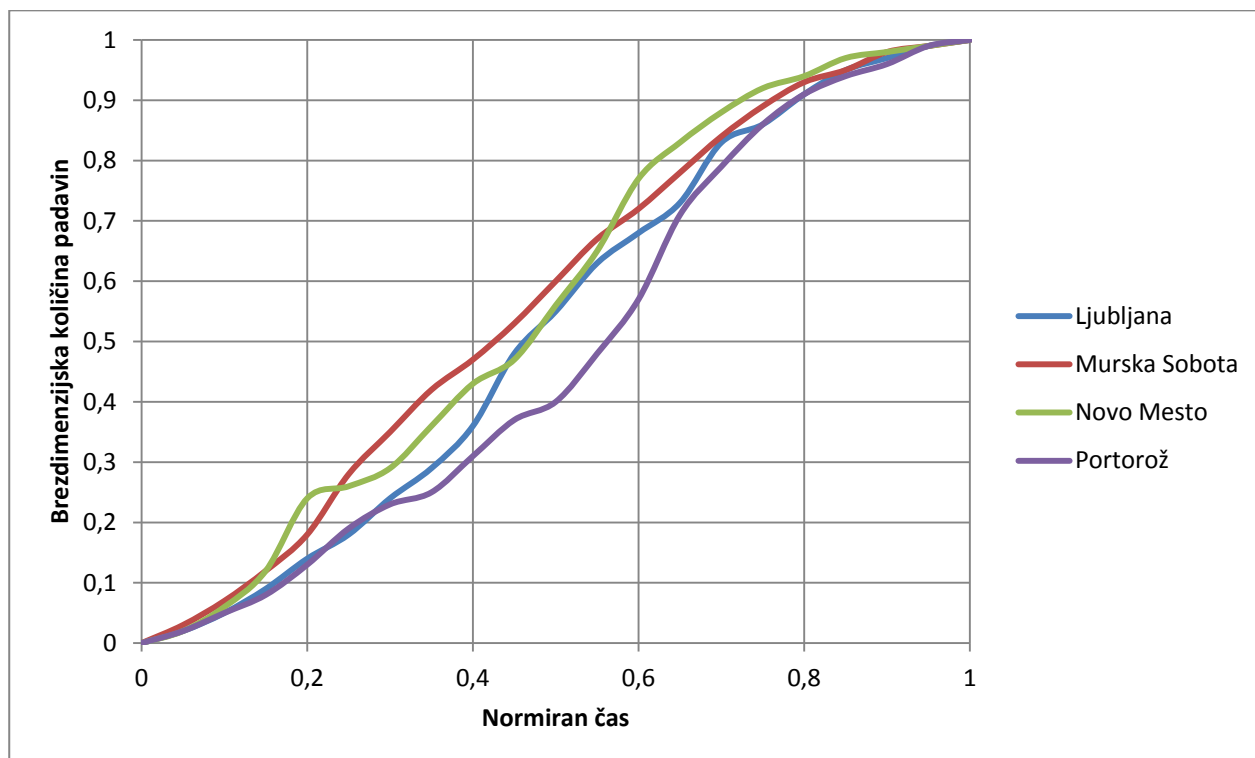


Slika 90: 50-percentilne Huffove krivulje za izbrane meteorološke postaje v drugem kvartilu

6.2.9 Primerjava Huffovih krivulj med meteorološkimi postajami za tretji kvartil

Pri 50-percentilnih krivuljah v tretjem kvartilu za izbrane meteorološke postaje opazimo izrazito nizko postavitev krivulje za Portorož (slika 91). Krivulja se ob normiranem času 0,4 odcepi od ostalih krivulj in je ob normiranem času 0,5 od ostalih nižja za slabih 20 odstotkov. Zopet sta najvišje postavljeni krivulji tisti, ki ponazarjata podatke za Mursko Soboto in Novo mesto. Krivulja za Ljubljano pa je v prvem delu bližje krivulji za Portorož, v drugem delu pa bližje krivuljama za Novo mesto in Mursko Soboto.

Vrednosti krivulj ob normiranem času so 0,6 za Mursko Soboto ter 0,54 za Ljubljano in Novo mesto. Krivulja za Portorož doseže vrednost brezdimenzijske količine časa zgolj 0,4. Največji naklon doseže krivulja za Novo mesto in sicer v prvih 20 odstotkih časa, kjer pridobi 25 odstotkov vse količine padavin.

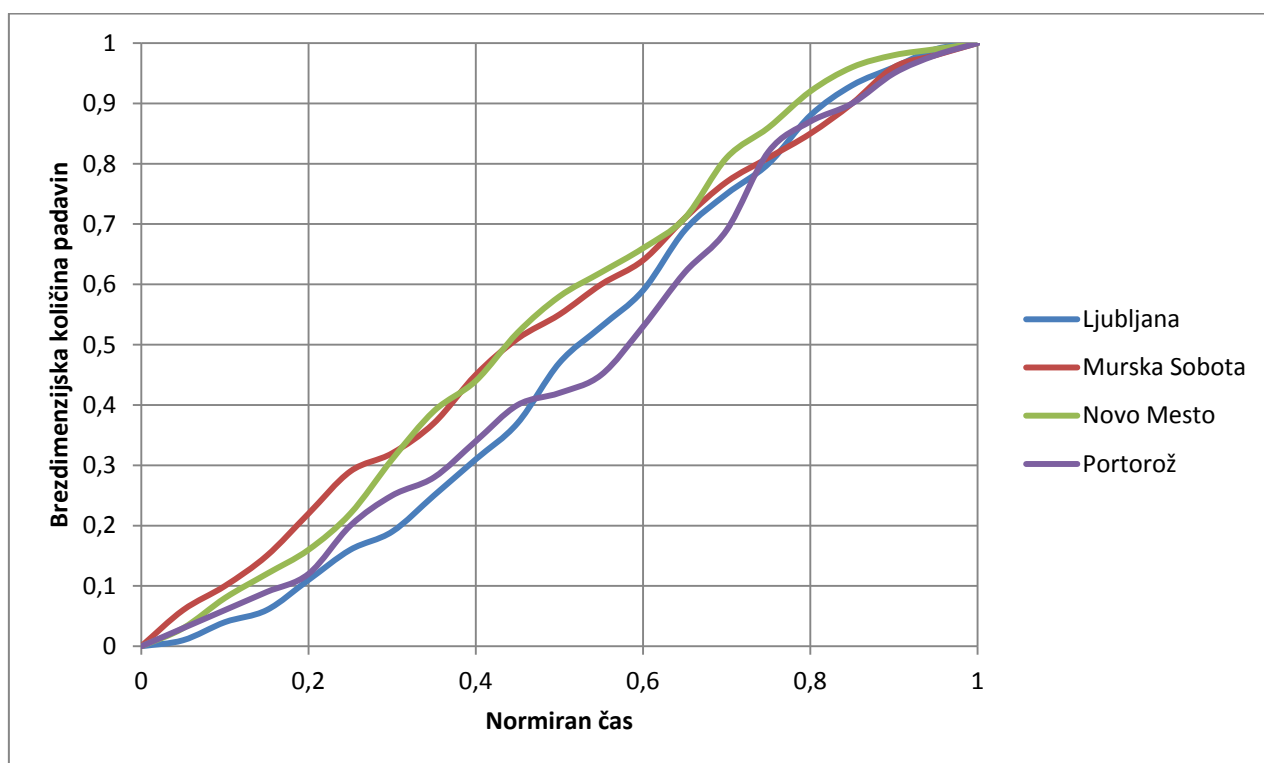


Slika 91: 50-percentilne Huffove krivulje za izbrane meteorološke postaje v tretjem kvartilu

6.2.10 Primerjava Huffovih krivulj med meteorološkimi postajami za četrti kvartil

Na sliki 92 vidimo 50-percentilne Huffove krivulje v četrtem kvartilu za Ljubljano, Mursko Soboto, Novo mesto in Portorož. Tokrat krivulje nimajo tako izrazitih pozicij, saj se med seboj večkrat prekrizajo. Vseeno pa vidimo, da sta krivulji za Novo mesto in Mursko Soboto zopet nad krivuljama za Portorož in Ljubljano. (Huff, 1990).

Opazimo lahko tudi splošno znižanje vrednosti brezdimenzijske količine padavin ob normiranem času 0,5. Najvišjo vrednost doseže krivulja za Novo mesto in sicer 0,6, sledi ji krivulja za Mursko soboto z vrednostjo 0,55, krivulja za Ljubljano doseže vrednost 0,48 in krivulja za Portorož doseže vrednost 0,42.



Slika 92: 50-percentilne Huffove krivulje za izbrane meteorološke postaje v četrtem kvartilu

7 ZAKLJUČKI

Za izračun površinskih odtokov v hidrologiji in za določanje projektnega pretoka potrebujemo sintetične histograme padavin z določeno povratno dobo. Za izdelavo teh 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 Huffovih krivulj, katerih oblika in posledično tudi rezultat je odvisen od določenih parametrov, s pomočjo katerih iz danih podatkov, pridobljenih z ombrografi, dobimo posamezne neodvisne padavinske dogodke, ki lahko bistveno vplivajo na končne Huffove krivulje.

V delu smo predstavili Huffove krivulje in njihovo uporabnost v hidrologiji, vpliv različnih dejavnikov izbire neodvisnih padavinskih dogodkov na obliko in zanesljivost rezultatov ter na kratko opisali način izdelave Huffovih krivulj, ki smo jih izdelali za različne meteorološke postaje v Sloveniji. V praktičnem delu smo na podatkih za meteorološko postajo Ljubljana – Bežigrad za podatke od leta 1948 do 2010 preverili vpliv izbire različnih časov med neodvisnimi padavinskimi dogodki na obliko Huffovih krivulj. Na podlagi dobljenih rezultatov pa smo v drugem delu izdelali še Huffove krivulje za izbrane meteorološke postaje.

V prvem delu praktičnega dela nas je zanimal vpliv različnih vmesnih časov, ki definirajo posamezen neodvisen dogodek – nevihto, na obliko Huffovih krivulj. Huff (1967) je namreč za vmesni čas vzel 6 ur. Ker Huff (1967, 1990) ni definiral ali naj bo nevihta sestavljena iz neprekinjenih neničelnih vrednosti izmerjene količine padavin, nas je zanimalo tudi, kako vpliva izbira največjega časa brez padavin znotraj ene nevihte na obliko končnih Huffovih krivulj. Zato smo primerjali končne Huffove krivulje ob izbiri treh različnih parametrov, ki definirajo neodvisen padavinski dogodek. Ugotovili smo, da izbira različnih parametrov vpliva na obliko Huffovih krivulj zaradi različnega števila neviht, ki ga ti parametri definirajo. Izkazalo se je, da največ neviht dobimo, ko za definiranje nevihte vzamemo vmesni čas med nevihtami najmanj 6 ur in minimalni sušni čas med nevihto največ 1 uro. Po Bonti (2004) namreč sledi, da večje število neviht iz katerih izdelamo končne Huffove krivulje, privede do bolj zanesljivih rezultatov.

V drugem delu praktičnega dela smo izdelali Huffove krivulje za Ljubljano, za časovno obdobje od 1948 do 2010 in za Mursko Soboto, Novo mesto ter Portorož, za časovno obdobje od 1970 do 2011. Pri primerjavi rezultatov smo našli 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 ne moremo predpostaviti ene oblike Huffove krivulje za vso Slovenijo. Dodatno so nas zanimale tudi razlike med 50-percentilnimi krivuljami za vse štiri kvartile znotraj ene meteorološke postaje. Ugotovili smo, da je količina padavin, ki pade v prvi polovici časa neke nevihte odvisna od trajanja

same nevihte oziroma od tega, v kateri kvartil spada nevihta. Primerjali smo tudi izdelane Huffove krivulje s tistimi, ki jih je Huff (1990) dobil za zvezno državo Illinois in ugotovili določene razlike in podobnosti. V analizi nas je zanimalo tudi koliko neviht pade v določen kvartil, v primerjavi z rezultati, ki jih je dobil Huff.

VIRI

Anemometerbau GmbH 2012. Rain gauge recorder in according with Hellmann with strip chart- (Pluviograf).

http://www.anemometerbau.eu/images/niederschlagsschreiber-2_160.jpg (Pridobljeno 3. 7. 2012.)

ARSO 2012. Padavinski podatki. Message to: Zupančič, B., 30.3.2012. Osebna komunikacija.

Bajc, U. 2010. Pogreški pri meritvah padavin in izračun popravka. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba U. Bajc).

Bonta, J., V., Rao, A., R. 1989. Regionalization of storm hyetographs. Journal of the American Water Resources Association, Vol 25: str. 211–217.

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.

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.

Brilly, M., Šraj, M. 2005. Osnove hidrologije. Univerzitetni učbenik, 1. izdaja. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 309 str.

Cesar, P. 2010. Primerjava različnih metod izračuna evapotranspiracije. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba P. Cesar).

Diagrami meteoroloških postaj. 2012. Ljubljana, ARSO.

<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/diagrams> (Pridobljeno 1. 7. 2012.)

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.

Geopedia 2012. Interaktivni spletni atlas in zemljevid Slovenije.

<http://www.geopedia.si> (Pridobljeno 27. 6. 2012.)

Gonzales Nieves, V. 2005. Temporal rainfall distributions in Puerto Rico. Magistrsko delo. Mayagüez, University of Puerto Rico at Mayagüez (samozaložba Gonzales Nieves, V.): 160 str.

Grace, A., Eagleson, P. 1966. The synthesis of short-time increment rainfall sequences. Massachusetts Institute of Technology, Hydrodynamics Laboratory, Report No. 91: 191 str.

Illinois State Water Survey 2012. Climate of Chicago -Description and Normals
<http://www.isws.illinois.edu/atmos/statecli/General/Illinois-climate-narrative.pdf> (Pridobljeno 28. 6. 2012.)

Meteorološki letopisi. 2012. Ljubljana, ARSO.
http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/meteorolo%C5%A1ki%20letopis/meteoroloski_letopisi.htm
(Pridobljeno 1 .7. 2012.)

Mreža postaj z registracijo padavin. 2007. Ljubljana, ARSO.
http://www.arso.gov.si/vreme/o%20meritvah/mreza_ombrografi.html (Pridobljeno 24. 6. 2012.)

Nadbath, M. 2008. Meteorološka postaja Ljubljana Bežigrad. Naše okolje. ARSO MOP, Ljubljana. 7 str.

Levičar, T. 2007. Tomaž Levičar blog. Slika meteorološke postaje Novo mesto.
<http://tomazlevicar.blogspot.com/2007/08/vremenska-postaja.html> (Pridobljeno 25. 6. 2012.)

Wenzel, H. G., Voorhees, M. 1981. An evaluation of the urban design storm concept. University of Illinois at Urbana–Champaign, Water Resources Center, Research Report 164: 87 str.

Yen, C., Chow, T. 1980. Design Hyetographs for Small Drainage Structures, Journal of the Hydraulics Division, ASCE 106: 1055–1076.