

# Statistička obrada meteoroloških podataka u hidrologiji - grad Pazin

---

Selar, Antun

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:208208>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**ANTUN SELAR**

**STATISTIČKA OBRADA METEOROLOŠKIH PODATAKA U  
HIDROLOGIJI-GRAD PAZIN**

**ZAVRŠNI RAD**

**Rijeka, rujan 2022**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Građevinski fakultet sveučilišta u Rijeci**

**Građevinarstvo**

**Hidrologija**

**Antun Selar**

**JMBAG:0114032416**

**Statistička obrada meteoroloških podataka u hidrologiji- Grad Pazin**

**Završni rad**

**Rijeka, rujan 2022**

## **IZJAVA**

Završni rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Antun Selar

U Rijeci, 19.09.2022.

## ZAHVALA

Zahvaljujem se svojoj mentorici prof.dr.sc. Nevenki Ožanić, dipl.ing.građ. i doc.dr.sc Ivani Sušanj Čule, mag.ing.aedif za pomoć i savjetovanje u izradi ovog završnog rada.

Također, zahvaljujem se svojoj obitelji, posebno roditeljima, i prijateljima za bezuvjetnu podršku.

# **Statistička obrada meteoroloških podataka u hidrologiji- Grad Pazin**

## ***Sažetak:***

Područje analize su mjesečne oborine za Grad Pazin. Korišteni podaci oborina izmjereni su na meteorološkoj postaji u Pazinu. U radu je opisana statistička analiza meteoroloških podataka te način njenog provođenja. Izvedena je analiza osnovnih statističkih parametara, kao što su aritmetička sredina, standardna devijacija, koeficijent varijacije i koeficijent asimetrije za mjesečne oborine za grad Pazin. Opisana je meteorološka postaja u Gradu Pazinu te njezine karakteristike. Rezultati dobiveni analizom ukazuju nam na kretanje trenda količina oborina u budućnosti.

## ***Ključne riječi:***

Statistička analiza, oborine, standardna devijacija, Grad Pazin, meteorološka postaja, mjesečne oborine.

## **Statistical evaluation of meteorological data in hydrology- Pazin**

## ***Abstract:***

The area of analysis is monthly precipitation of Pazin. The precipitation data used were taken at the meteorological station in Pazin. The paper describes the statistical analysis of meteorological data and the method of its implementation. An analysis of basic statistical parameters was constructed, such as arithmetic mean, standard deviation, coefficient of variation and coefficient of asymmetry for monthly precipitation for Pazin. The meteorological station in Pazin and its characteristics are described. The results obtained from the analysis indicate the trend of precipitation in the future.

## **Key words:**

Statistical analysis, precipitation, standard deviation, Pazin, meteorological station, monthly precipitation

## Popis slika

- Slika 1. Prikaz dnevnih oborina izmjerenih na kišomjeru Omiš 1996, godine [4]
- Slika 2. Prikaz godišnjih i mjesečnih oborina izmjerenih na kišomjeru Vrulje u periodu 1956-1975 [4]
- Slika 3. Geografski položaj Grada Pazina [9]
- Slika 4. Meteorološka postaja Grada Pazina [10]
- Slika 5. Meteorološki zaklon [2]
- Slika 6. Koljenasti geotermometar [2]
- Slika 7. Campbell-Stokesov heliograf [11]
- Slika 8. Isparitelj klase A [5]
- Slika 9. Anemometar [12]
- Slika 10. Hellmanov kišomjer [5]
- Slika 11. Hellmanov pluviograf [2]
- Slika 12. Raspored mjesta za mjerenja snijega u motrilištu [2]
- Slika 13. Prikaz količina oborina po mjesecima i godinama za razdoblje od 2012 do 2021 [13]
- Slika 14. Prikaz mjesečnih i godišnjih podataka te statističkih veličina [14]
- Slika 15. Dijagram srednjih vrijednosti oborina po mjesecima [13]
- Slika 16. Dijagram maksimalnih vrijednosti oborina po mjesecima [13]
- Slika 17. Dijagram minimalnih vrijednosti oborina po mjesecima [13]
- Slika 18. Dijagram standardne devijacije po mjesecima [13]
- Slika 19. Dijagrami koeficijenta asimetrije i varijacije [13]
- Slika 20. Dijagram trenda mjeseca kolovoza kroz razdoblje od 12 godina [13]
- Slika 21. Dijagram distribucije kolovoza [14]

## Sadržaj

1.	<i>Uvod</i> .....	1
2.	<i>Statistička analiza podataka u hidrologiji</i> .....	2
2.1.	Statistička analiza .....	2
2.1.1.	Primjena statističke analize u hidrologiji.....	3
2.2.	Definicija i podjela oborina .....	3
2.3.	Provjera podataka .....	6
2.4.	Statistička analiza mjesečnih podataka oborina .....	8
3.	<i>Primjena statističke analize mjesečnih količina oborina za grad Pazin</i> .....	10
3.1.	Opis glavnih geografskih i morfoloških karakteristika grada Pazina .....	10
3.2.	Meteorološka postaja grada Pazina.....	11
3.3.	Prikaz i opis mjernih podataka .....	18
3.4.	Statistička analiza mjesečnih količina oborina za grad Pazin .....	19
3.5.	Diskusija rezultata .....	25
4.	<i>Zaključak</i> .....	27
5.	<i>Literatura</i> .....	28



## 1. Uvod

Statistička analiza podataka u hidrologiji bitan je aspekt razumijevanja i predviđanja oborina. Uloga statističke analize podataka je da se podaci dobiveni mjerenjima na mjernim postajama statistički obrade, s ciljem uvida u kretanje količina oborina, te postojanja pravilnih ili nepravilnih redoslijeda ponavljanja. Također, analizom godišnjih oborina može se iskazati trend i vidjeti je li on uzlazan ili silazan. U uvodnom dijelu rada govori se općenito o statistici i statističkoj analizi podataka, a naglasak je na analizi podataka i što analizom dobivamo. Nastavno na to, opisuju se osnovni statistički parametri te uvjeti koje podaci moraju zadovoljiti da bi analiza bila reprezentativna.

Statistička analiza mjesečnih količina oborina primijenjena je na Grad Pazin. Ponajprije su opisane glavne geografske i morfološke karakteristike Grada Pazina, te je istaknuta specifičnost njegovog položaja. Samim time, u Pazinu se nalazi glavna meteorološka postaja nad kojom je i opisan princip rada uređaja i postaje te lokacijski uvjeti koje ta postaja mora zadovoljiti da bi se nalazila u sustavu Državnog hidrometeorološkog zavoda. U nastavku je provedena analiza mjesečnih podataka oborina za razdoblje od 12 godina te su proračunate standardna devijacija, aritmetička sredina, koeficijent varijacije, koeficijent asimetrije te je provedeno predviđanje oborina pomoću intervala pouzdanosti. Osnovni motiv statističke analize podataka je razumijevanje oborina. Saznanjima iz statističke analize cilj je dobiti dodatne informacije koje olakšavaju i poboljšavaju projekte i radove iz raznih gospodarskih djelatnosti kojima se bave građevinari i ostali.

## 2. Statistička analiza podataka u hidrologiji

### 2.1. Statistička analiza

Statistika je grana primijenjene matematike koja se bavi prikupljanjem, uređivanjem, analizom, sažimanjem, prezentiranjem i tumačenjem velikog broja podataka i donošenjem zaključaka o pojavama i procesima koje ti podaci predočuju. U širem smislu, podaci o različitim prirodnim, društvenim i drugim pojavama i procesima. [1]

U globalu, statističke metode se dijele na deskriptivne i na inferencijalne. Deskriptivna statistika je skup postupaka kojim se objedinjuju informacije koje se nalaze u podacima i definiraju se glavne odrednice kao što su aritmetička sredina i razlika između minimuma i maksimuma. Kod deskriptivnih se ne razmatra priroda procesa, već se zaključci odnose samo na dane podatke. Rezultati deskriptivne analize se često koriste kod odabranih modela inferencijalne statistike. Dok se kod inferencijalnih donose zaključci o populaciji na temelju manjeg uzorka. Temelj inferencijalne statistike je teorija vjerojatnosti čiji osnovni pojmovi jesu vjerojatnost, funkcija vjerojatnosti i slučajna varijabla. [1]

Statističku analizu podataka u hidrologiji nemoguće je provesti bez statistike i vjerojatnosti koje spadaju u domenu matematičkih znanosti. Ukoliko se ti podaci ne bi analizirali, te veličine bile bi samo zbroj nasumičnih podataka koji primjenom statistike i vjerojatnosti pružaju parametre potrebne za određivanje ponašanja tih procesa. Svrha statističke analize podataka je da se donose zaključci o karakteristikama proučavanih pojava, njihova učestalost, korelacija sa drugim čimbenicima. Pruža precizne i korisne zaključke koji se mogu daljnje koristiti za predviđanje pojava u budućnosti te se njima određuju temeljne karakteristike istih. [2]

### ***2.1.1. Primjena statističke analize u hidrologiji***

Hidrologija je široko područje što može dati veliki broj podataka. Mogu se mjeriti oborine, temperatura, protoci, isparavanja, intenziteti padalina, pronosi nanosa, vjetar... Statistika tada služi kao alat pomoću kojeg se dobije sužen broj rezultata preko kojeg se dobiva veći broj informacija o promatranom skupu. Zbog velikog obujma prikupljenih podataka, potrebno je da se ti podatci obrade. Podaci se statistički obrađuju s ciljem da se dobiju informacije o ponašanju pojava u hidrologiji jer to uvelike utječe na različita građevinska planiranja. Primjerice, obrađeni podaci u hidrologiji mogu ukazivati na dimenzije korita rijeke radi saznanja o maksimalnom protoku ili pak veličini glavnog kišnog kolektora kanalizacije. Na taj način statistička analiza uvelike pomaže inženjerima prilikom izvođenja raznih zahvata. Hidrološke veličine često imaju vremenski slijed podataka.

## **2.2. Definicija i podjela oborina**

Oborina je oblik vodene pare koji iz zraka dospije na površinu Zemlje u tekućem ili krutom stanju. Oborine nastaju zasićenjem zraka vodenom parom tj. tlak zraka vodene pare postaje veći od tlaka zraka. [3]

Prema procesu nastanka oborine su podijeljene u dvije skupine, u mikrofizičku i dinamičku. U metafizičkoj skupini je voda potpomognuta aerosolom te se prilikom toga stvaraju produkti veličine zrna grada. Dinamičkim procesima stvaraju se vrtlozi te oni doprinose intenziviranju mikrofizičkih procesa.

Oborine se dijele na horizontalne i vertikalne. Horizontalne oborine nastaju na Zemljinoj površini te se pojavljuju u obliku rose,inja, mraza, poledice i magle. Vertikalne oborine nastaju u oblacima iz kojih padaju na Zemlju u obliku kiše, snijega, grada i sugradice.

Prema uvjetima koje izazivaju vertikalno kretanje zračnih masa oborine se dijele na konvergentne, frontalne, orografske i konvekcijske. Konvergentne oborine nastaju koncentracijom vlažnog zraka u područje niskog tlaka zraka. Frontalne oborine nastaju izdizanjem toplog zraka iznad hladnog zraka. Orografske oborine nastaju kao produkt izdizanja vlažnih horizontalnih zračnih masa preko planinskih

lanaca i prirodnih barijera. Konvekcijske oborine uvjetovane su zagrijavanjem zraka u kontaktu s tlom, zrak se širi i smanjuje težinu pa tokom toga procesa u zrak uleti povećća količina vodene pare. Nadalje, zagrijani zrak postaje nestabilan te nastaju vertikalna strujanja pa dinamičko hlađenje izaziva nastajanje oborina.[4]

Količina oborine važan je aspekt cjelokupnog svijeta, o njoj ovisi flora i fauna te životni uvjeti ljudi. Instrumenti kojima se mjere oborine su: kišomjer, brdski kišomjer, totalizator i pluviograf. Mjerenje oborina kišomjera, brdskog kišomjera i totalizatora odvija se pomoću menzure. Mjerenje količine oborine odvija se na način da se količina oborine iz kanticice koja se nalazi uređajima isprazni u menzuru, osim toga bitno je paziti da se ne prolije oborina iz kanticice, ako se dio oborine nalazi ispod kanticice potrebno je i nju izliti u menzuru. Kada se lijeva oborina iz kanticice u menzuru potrebno je u međuvremenu postaviti dodatnu kanticu koja će za vrijeme mjerenja prikupljati moguće oborine. Količina oborine u menzuri očitava se na način da se menzura postavi na ravnu podlogu ili drži ju se za vrh te se očita visina najnižeg djela površine u menzuri. Količine oborina na kišomjeru mjere se svakog dana u 7 sati, dok se kod totalizatora mjerenje obavlja dvaput godišnje.

Pluviografom se mjerenja obavlja na nešto drugi način. Pluviografi za mjerenje koriste mehanizam sa valjkom i perom. Pero počinje bilježiti crtu na pluviografskoj traci od crte koje je obilježena 0 (nulom) mm na traci. Kako oborina pada tako se pero podiže uvis dok ne dostigne crtu od 10 mm. Pero se nakon toga spušta prema nuli jer se posuda automatski isprazni pomoću sifona. [5]

Podjela oborina je na godišnje, mjesečne i dnevne oborine.

Dnevne oborine daju uvid koliko je oborina palo u protekla 24 sata. Na primjeru Grada Omiša 1996. godine prikazan je način zapisivanja dnevnih oborina (Slika 1). Mjerenje oborina vrši se u 07:00 sati zadanog dana, što predstavlja palu oborinu od 07:00 prošlog dana. Primjerice 11. dana mjeseca siječnja palo je 11.2 mm oborina što ukazuje da je određena količina oborina pala u razdoblju od 07:00 sati 10-og dana do 07:00 sati 11-og dana. Prazne ćelije u tablici sugeriraju da tog dana nije bilo oborina, dok neke ćelije imaju podatak od 0.0 mm što znači da je tog dana pala nemjerljivo mala količina oborina. Pri analiziranju dnevnih količina oborina

potrebno je biti pažljiv jer dnevna analiza ne otkriva intenzitet oborina, ona samo predočuje količinu oborina. [4]

DAN	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1.						11.5			34.4	7.2		
2.			8.1			3.3			0.0		2.4	0.0
3.										7.1	0.0	5.5
4.	7.1			0.2							2.1	16.4
5.											44.3	20.5
6.			9.5									30.3
7.												0.6
8.		0.3			60.2	2.5				0.1		
9.		1.4			0.0	15.5				4.0		
10.		1.1			11.4	0.2				2.8		0.2
11.	11.2				15.3	23.5				2.3		
12.	19.8	20.4				5.7				7.9	18.8	9.2
13.		0.7	6.5								8.9	
14.		5.5								14.9	2.8	12.5
15.						9.1						
16.	12.2			26.3		17.1	1.7					
17.	27.3			6.6							27.2	
18.	12.9	33.2		2.5	0.0				20.1	14.1	7.0	
19.									20.3	3.3	10.4	
20.								0.0			8.9	
21.				2.5						46.5	18.9	
22.					1.7					4.2	12.5	9.5
23.	7.5	0.3					3.9	0.0			14.3	
24.	8.9	10.3					15.3	1.2			51.7	
25.								1.5			18.3	
26.			9.8					16.2		1.1		
27.	0.0				40.9					2.5		
28.				12.5				2.1		5.9		
29.				13.4			52.5			19.1		10.3
30.					4.2	6.0				24.2	20.2	
31.								0.5		8.9		17.5
MJ. SUMA	107	73	34	82	161	50	73	22	75	176	269	133

Slika 1. Prikaz dnevnih oborina izmjerene na kišomjeru Omiš 1996. godine [4]

Mjesečne oborine suma su dnevnih oborina u mjesečnom razdoblju. Prikazuju se na tablični način gdje su uočljive godine i 12 mjesečno razdoblje. Pomoću danih podataka konstruiraju se grafovi unutargodišnjih rasporeda oborina gdje se uspoređuju mjesečne oborine različitih godina. [4]

Na primjeru kišomjera Vruļje 1956-1975 prikazan je način zapisivanja mjesečnih oborina (Slika 2).

GOD.	KOLIČINA OBORINA PALA PO MJESECIMA I U GODINI [mm]												GOD
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1956.	31	91	13	72	45	122	8	30	7	39	125	45	628
1957.	100	56	20	38	64	11	25	57	61	68	43	15	558
1958.	27	42	127	134	19	55	7	30	24	45	77	85	672
1959.	81	3	36	84	44	50	5	104	42	50	116	128	743
1960.	77	68	107	78	33	29	95	18	237	178	142	103	1165
1961.	74	35	13	43	103	21	21	18	20	206	111	42	707
1962.	71	42	137	51	23	18	14	0	37	65	332	73	863
1963.	153	57	34	35	52	4	42	35	135	43	50	154	794
1964.	2	82	153	21	17	25	44	81	29	159	57	144	814
1965.	83	20	25	88	20	62	19	61	30	0	139	85	632
1966.	90	68	35	43	96	41	79	36	95	158	190	81	1012
1967.	112	41	31	56	31	96	7	5	142	37	81	132	771
1968.	45	49	9	9	39	35	18	118	206	36	135	81	780
1969.	86	186	82	48	15	34	11	64	107	9	109	153	904
1970.	130	63	64	70	16	24	20	122	18	33	58	91	709
1971.	113	44	70	56	40	40	2	0	141	5	91	48	650
1972.	167	139	58	70	116	39	57	100	88	26	22	23	905
1973.	75	57	18	78	4	83	2	129	34	61	26	58	625
1974.	135	36	97	49	56	33	34	53	212	255	114	24	1098
1975	33	44	75	48	59	36	17	59	43	99	117	82	712

Slika 2. Prikaz godišnjih i mjesečnih oborina izmjerenih na kišomjeru Vrulje u periodu 1956-1975 [4]

Godišnji ukupni podaci zapisani su na slici 2 na krajnje desnoj strani tablice. Godišnji podaci su suma 365 dnevnih oborina ili 12 mjesečnih oborina. Dobivenim rezultatima moguće je provođenje statističke analize godišnjih oborina.

### 2.3. Provjera podataka

Statistička analiza podataka sastoji se od podloga, koje su podaci dobiveni opažanjem i mjerenjem. Od tih dobivenih podataka nastaje slijed podataka, koji predstavlja kronološki poredane podatke u vremenskom slijedu kako su opažani ili izmjereni. Postoji više primjera slijeda podataka, od kojih su neki: ukupne godišnje oborine, maksimalne godišnje oborine različitih intenziteta, maksimalni godišnji protoci. Slijed podataka može se okarakterizirati kao niz ili niz vrijednosti promjenjive veličine, iz kojih se vide kronološki podaci o pojavama ili iznosu na kojeg se može primijeniti metode matematičke statistike, ali samo u slučaju ako su ispunjeni navedeni preduvjeti [6] :

- Članovi niza su slučajne veličine
- Članovi niza su međusobno neovisni
- Niz mora biti homogen

- Članovi niza moraju biti stacionirani
- Niz mora biti dovoljno dug

Nadalje, slijedi pojašnjenje spomenutih preduvjeta:

**1. Članovi niza su slučajne veličine.**

Hidrološke i meteorološke veličine smatraju se slučajnima jer na njih može utjecati povećani broj čimbenika o kojima one ovise.

**2. Članovi niza su međusobno neovisni.**

Prethodni član kronološkog niza ne smije utjecati na iznos sljedećeg člana.

**3. Niz mora biti homogen.**

Ispitivanja homogenosti mogu se provesti ako postoje razlozi za to, a mogu se provesti na više načina. Wilcoxonovim testom, Kolmogorovljevim testom...

**4. Članovi niza moraju biti stacionirani.**

Promjene mogu uzrokovati nestacionarnost koje će se očitovati preko periodičnosti, trenda i slično. Trend je sistemska i učestala pojava koja se prostire kroz cijeli vremenski niz. Periodičnost je prezentirana kao pravilni ili promjenjivi oblici koji se pravilno izmjenjuju u različitim vremenskim intervalima (dnevno, sezonski, godišnje i višegodišnje). Nestacionarnost može uzrokovati važne promjene veličina karakterističnih parametara (prosjeak, koeficijent varijacije...)

**5. Niz mora biti dovoljno dug.**

Osnovni problem kod primjene hidroloških postupaka je taj da je teško prosuditi jesu li nizovi dovoljno dugi da bi se donesli vjerodostojni zaključci. UNESCO(1982) preporučio je formulu  $\sigma_{cv}$  prema kojoj se može provjeriti duljina hidrološkog niza na osnovi veličine koeficijenta varijacije :

$$\sigma_{cv} = c_v \sqrt{\frac{1+2c_v}{2n}} \quad (1)$$

Gdje  $c_v$  predstavlja koeficijent varijacije, a  $n$  je broj članova niza. Niz se smatra nedovoljno dugim za korištenje ako je  $\sigma_{cv} \leq 0,10$ . [6]

## 2.4. Statistička analiza mjesečnih podataka oborina

Preporuka za započinjanje analize mjesečnih količina oborina je tablični prikaz sa mjesečnim i godišnjim količinama oborina. Temeljne statističke veličine koje se moraju izračunati u svim statističkim analizama, pa tako i u hidrologiji su aritmetička sredina  $P$ , standardnu devijaciju  $STD$ , koeficijent asimetrije  $C_s$  i koeficijent varijacije  $C_v$ . [4]

**Srednja vrijednost** ili **aritmetička sredina** predstavlja zbroj svih podataka podijeljenih s ukupnim brojem podataka:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

gdje  $n$  predstavlja ukupan broj podataka u uzorku,  $x_i$  vrijednost članova niza.

**Medijan** je vrijednost središnjeg podatka koja podatke poredane po veličine dijeli u dva jednako brojna dijela. Na način da prvi dio elementa skupa ima vrijednost obilježja manju od medijana ili jednaku medijanu, a drugi dio ima vrijednost obilježja veću od medijana ili jednaku medijanu. Medijan je pozicijska srednja vrijednost, jer je određen položajem u nizu. [1]

**Mod** je vrijednost koja se najčešće ponavlja u zadanom uzorku ili nizu.

**Standardna devijacija** je prosječno srednje kvadratno odstupanje numeričkih vrijednosti neke veličine  $x_1, x_2, \dots, x_N$  od njihove aritmetičke sredine. [1]

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i (x_i - x_{sr})^2} \quad (3)$$

**Koeficijent varijacije** je srednje kvadratno odstupanje podijeljeno sa srednjom vrijednosti slučajne varijable. [6]

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (4)$$



**Koeficijent asimetrije**  $C_s$  je omjer momenta trećeg reda i standardne devijacije trećeg reda. [7]

$$C_s = \frac{m_3}{\sigma^3} \quad (5)$$

Moment trećeg reda računa se po formuli:

$$m_3 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^3}{N} \quad (6)$$

gdje je:

$x_i$  – statistička veličina

$\bar{x}$  – srednja vrijednost

$N$  – broj članova niza

**Interval pouzdanosti** je raspon vrijednosti određenog parametra unutar kojeg se nalazi stvarna vrijednost. Da bi se mogao izračunati interval pouzdanosti potrebno je izračunati  $SEM$ , što je mjera preciznosti aritmetičke sredine [8] :

$$SEM = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (7)$$

gdje je:

$\sigma$  – standardna devijacija

$N$  – broj članova niza

Nadalje, formula za izračun  $CI$  što predstavlja interval s 95% pouzdanosti je:

$$CI = P \pm 1,96 * SEM \quad (8)$$

gdje  $P$  predstavlja aritmetičku sredinu a  $SEM$  mjeru preciznosti aritmetičke sredine. [8]

U nekim inženjerskim analizama korisno je prilagoditi mjesečne oborine nekoj od u praksi uobičajenih tipova krivulja raspodjela. Neki od tipova raspodjele koji se mogu koristiti jesu Log-Pearson 3, Pearson 3, Gumbel, Log-Normalna i Gauss-ova. [4]

### 3. Primjena statističke analize mjesečnih količina oborina za grad Pazin

Grad Pazin specifičan je istarski grad koji bi sa svojim položajem spadao u primorsku hrvatsku ali ga karakterizira skoro kontinentalna klima, prevladava makroklimatski tip „Cfsax“. Obilježja „Cfsax-a“ jesu umjereno topla kišna klima s vrućim ljetima. Na trećoj slici prikazan je položaj Grada Pazina u odnosu na Istarsku županiju. [9]



Slika 3. Geografski položaj Grada Pazina [9]

#### 3.1. Opis glavnih geografskih i morfoloških karakteristika grada Pazina

Grad Pazin smješten je na zapadu Republike Hrvatske, na Istarskom poluotoku. Nalazi se na križanju paralele  $45^{\circ}14'23''$  N i meridijana  $13^{\circ}56'14''$  E.

Smješten je na 270 metara nadmorske visine u središtu Istre. Stari grad smješten je nad liticama geološkog ostatka, Pazinske jame, ujedno i ponora rijeke Pazinčice. Pazin je smješten u kotlini zbog čega je karakteriziran hladnim jutrima zimi i vrućim danima ljeti. Reljefno, Pazin većinski pripada Sivoj Istri, a jugozapadno područje pripada Crvenoj Istri. Geološki se nalazi na formacijama kvartara, tercijara i krede. Prema karti DHMZ-a srednja godišnja količina oborina za Pazin je između 1200-1300 mm sa 90 do 100 dana sa kišom iznad 1 mm. Grad je sa 60-80 hladnih dana godišnje, što je karakteristično za njega i širu okolicu, no ne i za priobalje Istre gdje je broj hladnih dana 10 do 20. Broj toplih dana je između 50 i 60 što također odstupa od priobalja Istre gdje se ti dani kreću između 90 i 110. Spomenuti podaci ukazuju na to da Pazin, kao primorski grad, velikim djelom nalikuje kao grad u kontinentalnoj Hrvatskoj.

### **3.2. Meteorološka postaja grada Pazina**

Meteorološke postaje su lokacije na kojima se nalaze uređaji za motrenje i opažanje meteoroloških pojava, koje funkcioniraju po posebnim propisima. Podaci koje izmjeri meteorološka postaja su temeljni skupovi podataka koji se obrađuju da bi se dobili smisleni zaključci o klimi i vremenu te o atmosferi. [5]

Meteorološke postaje dijele se na glavne, obične ili kišomjerne postaje. Postaja u Pazinu, prikazana na slici 4, je glavna meteorološka postaja, što znači da je to postaja osnovne mreže Državnog hidrometeorološkog zavoda. Sve glavne postaje DHMZ-a opremljene su stručnim aparatima kojima se vrše mjerenja i opažanja sa širokim opusom primjene. Ti dobiveni podaci i opažanja koriste se u hidrologiji, meteorologiji, za nadziranje i prognoziranje vremena, za praćenje klime i njenih promjena, u agrometeorologiji zbog zaštite okoliša te u ostalim djelatnostima i znanstvenim svrhama. [5]

Opažanja koja se vrše na glavnoj meteorološkoj postaji su: sadašnjeg vremena, prošlog vremena, oblaka (količina i vrsta), visine podnice oblaka, vidljivosti, posebnih pojava, stanja tla, fenoloških opažanja, jačine vjetera, stanje mora na obalnim postajama. [5]

Mjerenja koja se obavljaju su: mjerenja brzine i smjera vjetera na visini od 10 m iznad tla, temperature zraka na 2 m iznad tla, ekstremne (minimalne i maksimalne)

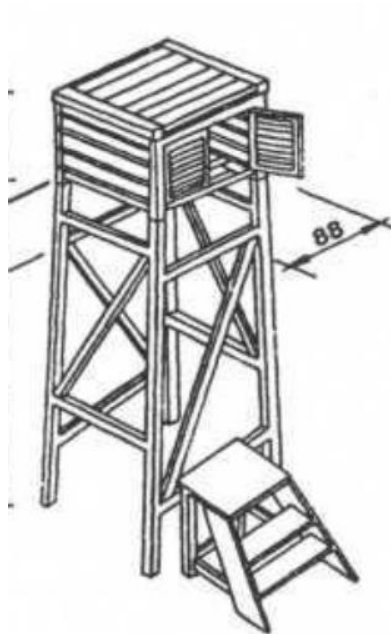
temperature zraka na 2 m iznad tla, temperature tla na dubinama: 2, 5, 10, 20, 30, 50,100 cm, minimalne temperature zraka na 5 cm iznad tla, temperature vode ako postoje uvjeti, tlak zraka na razini barometra, tendencije tlaka zraka, karakteristike tendencije tlaka zraka, vlažnost zraka na 2 m iznad tla, vlažnost tla, oborine (vrsta, količina i intenzitet), snježni pokrivač (mjera prekrivenosti tla snijegom; visina snježnog pokrivača i gustoća snijega), dubine smrzavanja i odmrzavanja tla, trajanje sisanja sunca te isparavanje. [5]

Smještaj glavne meteorološke postaje mora ispunjavat određene uvjete. Mora biti smještena na mjestu gdje će izmjerene veličine biti reprezentativne za širu okolicu. Treba biti na otvorenom da zrak struji sa svih strana. Ne smije biti blizu objekta koji bi ometao i utjecao na pojave i elemente koji se opažaju i mjere. Tlo mora predstavljat taj određeni kraj, poželjno je da je na što ravnijem terenu. Zemljište motrilišta trebalo bi biti obraslo travom ako postoji mogućnost, te važno je da u blizini nije planirana nikakva izgradnja kako se ne bi remetio rad postaje. [5]



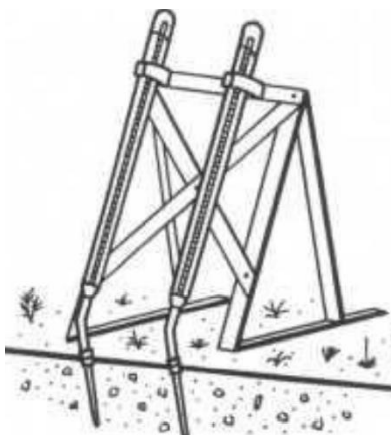
Slika 4. Meteorološka postaja grada Pazina [10]

Na slici 5. prikazan je meteorološki zaklon u kojem se nalaze suhi i mokri termometar, maksimalni živin i minimalni alkoholni termometar, termograf, pishrometar, higrograf, higrometar te Picheov isparitelj.



Slika 5. Meteorološki zaklon [2]

Na 6. slici vidljiv je koljenasti geotermometar kojima se mjeri temperatura tla. Dubina mjerenja je od 2 cm do 100 cm a mjerna jedinica su stupnjevi celzijusi C°.



Slika 6. Koljenasti geotermometar [2]

Na slici 7 uočavamo Campbell-Stokesov heliograf kojim se mjeri trajanje sisanja Sunca, mjerna jedinica je sat a on radi na principu da se sunčeve zrake fokusiraju i spaljuju crni papir.



Slika 7. Campbell-Stokesov heliograf [11]

Slika 8. ukazuje na isparitelj klase A. Isparitelj klase A je metalna posuda kružnog oblika promjera 120 cm i visine 25,4 cm, koja se nalazi na drvenim gredicama ili drvenom roštilju. Isparitelj klase A radi na principu da se mjeri količina isparene vode sa slobodne vodene površine. Drugi način mjerenja evaporacije je pomoću Picheova isparitelja.



Slika 8. Isparitelj klase A [5]

Na 9. slici nalazi se anemometar. Anemometar je uređaj kojim se mjeri brzina vjetra, to znači da se mjeri put kojeg prijeđe određena masa zraka u nekoj jedinici vremena. Vjetar je strujanje zraka kod kojeg se mjeri samo horizontalna komponenta jer se za njega smatra da je to horizontalno kretanje zraka, a njegova relativno mala vertikalna komponenta se zanemaruje. [2]

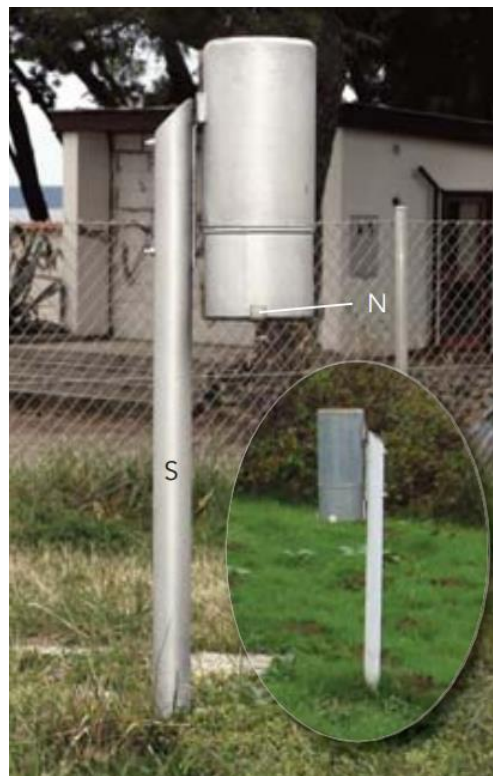
Uz anemometar, često se na mjernim postajama nalaze i vjetrokazi koji nam kako ime govori, pokazuju smjer vjetra. Jedinice u kojima se izražava brzina jesu m/s, km/h. (Naputak). Smjer i brzina vjetra mogu se jednostavno prikazati pomoću ruže učestalosti i brzine vjetra. [2]



Slika 9. Anemometar [12]

Količina kiše može se mjeriti na više načina. Mjerna postaja grada Pazina za mjerenje količine kiše koristi Hellmanov kišomjer i Hellmanov pluviograf. Hellmanov kišomjer uočljiv na slici 10. je glavni kišomjer koji se koristi na svim postajama u Hrvatskoj za mjerenje količine oborine. Hellmanov kišomjer je cilindričnog oblika koji se sastoji od gornjeg dijela koji služi za prikupljanje oborine, donjeg dijela koji ima posudu u kojoj se prikupljena oborina drži, metalnog držača koji drži donji dio kišomjera, stupa u tlu visine 90 cm koji drži kišomjer i menzure

koja se nalazi u svakom kišomjeru da bi se izmjerila količina kiše koja padne. Na slici 11 se nalazi Hellmanov pluviograf, uređaj kojim se kontinuirano prati količina i trajanje oborine. Zbog bilježenja vremena i količine oborine pluviografom imamo mogućnost izraziti jačinu oborine. Hellmanov pluviograf kompleksniji je od kišomjera. Sastoji se od oklopa, otvora za prikupljanje oborina, cilindrične posude s plovkom, dovodne i odvodne cijevi, šipke s perom, posude za oborinu, te cilindra sa satnim mehanizmom. [5]



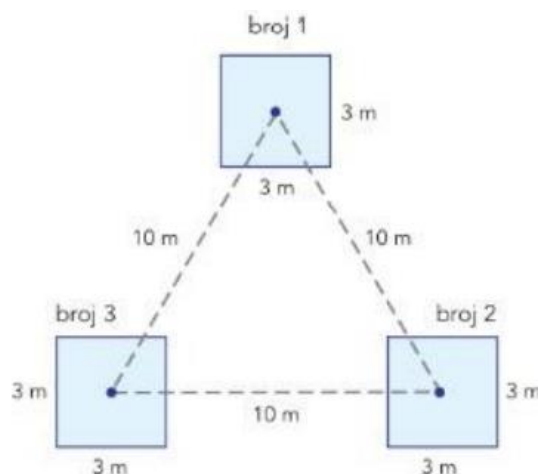
Slika 10. Hellmanov kišomjer [5]





Slika 11. Hellmanov pluviograf [2]

Snijeg je produkt vodene pare koji se sublimira u oblacima kada je zrak zasićen parom na temperaturi iznad  $-12\text{ C}^\circ$ . Snijeg se mjeri snjegomjerom. Može se mjeriti na 2 načina, stalnim ili ekspedicijskim metodama. Kod stalne metode, snjegomjer se postavi na 3 različite lokacije te je visina određena aritmetičkom sredinom triju snjegomjera. Ekspedicijska metoda se provodi na način da se odredi staza kojom se ekspedicija kreće te se po toj ruti uzimaju uzorci visine snijega i količine vode u njemu. [4] Slika 12. ukazuje na raspored snjegomjera na motrilištu.



Slika 12. Raspored mjesta za mjerenja snijega u motrilištu [2]

### 3.3.Prikaz i opis mjernih podataka

Kao uvod u analizu mjesečnih količina oborina potrebno je posjedovati tablicu s iskazanim količinama mjesečnih i godišnjih oborina za promatrano razdoblje.

Na slici 13. prikazane su količine oborina po mjesecima u godini za razdoblje od 2010. do 2021.godine u milimetrima. Prikazan je zbroj svih količina oborina u godini. Iz danih podataka uočavamo da je godina s maksimalnom vrijednošću oborina 2010. godina sa 16,420 mm oborina, dok je godina sa najmanjom količinom oborina 2015. sa 7,388 mm.

Pazin - mjesečne i godišnje količine oborine (mm)													
godina	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	sred
2010	1310	1341	443	559	1691	1256	1433	1301	2078	743	2646	1619	16420
2011	135	453	1220	369	982	835	1482	390	842	856	360	464	8388
2012	205	120	3	605	1065	400	191	152	1447	962	3263	1010	9423
2013	980	1586	1847	374	1691	790	437	734	1163	1337	1703	456	13098
2014	1531	2408	759	461	1134	749	1560	905	1669	663	2767	1562	16168
2015	598	390	547	425	428	467	548	1127	633	1868	340	17	7388
2016	1068	2383	980	550	1148	2964	357	670	946	1873	2280	17	15236
2017	400	1901	415	909	643	442	138	591	3683	444	1941	2269	13776
2018	661	1244	1488	577	1101	1386	656	736	845	2350	954	576	12574
2019	303	1512	234	1351	2951	260	726	967	905	264	3203	2304	14980
2020	117	241	851	139	672	1818	570	1130	1651	1768	331	3410	12698
2021	1074	932	440	1186	991	110	856	475	230	370	1046	975	8685

Slika 13. Prikaz količina oborina po mjesecima i godinama za razdoblje od 2010 do 2021 [13]

Primjenom statističke analize potrebno je izračunati statističke karakteristike koje se koriste u analizi podataka. Te karakteristike su standardna devijacija, maksimalna količina oborina, minimalna količina oborina, prosječna količina oborina, koeficijent varijacije te koeficijent asimetrije.

### 3.4. Statistička analiza mjesečnih količina oborina za grad Pazin

Slika 14. prikazuje izračunate podatke spomenute u prethodnom odlomku. Ti podaci nam pomažu u razumijevanju izmjerenih količina padalina.

Pazin - mjesečne i godišnje količine oborine (mm)													
godina	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	sred
2010	1310	1341	443	559	1691	1256	1433	1301	2078	743	2646	1619	16420
2011	135	453	1220	369	982	835	1482	390	842	856	360	464	8388
2012	205	120	3	605	1065	400	191	152	1447	962	3263	1010	9423
2013	980	1586	1847	374	1691	790	437	734	1163	1337	1703	456	13098
2014	1531	2408	759	461	1134	749	1560	905	1669	663	2767	1562	16168
2015	598	390	547	425	428	467	548	1127	633	1868	340	17	7388
2016	1068	2383	980	550	1148	2964	357	670	946	1873	2280	17	15236
2017	400	1901	415	909	643	442	138	591	3683	444	1941	2269	13776
2018	661	1244	1488	577	1101	1386	656	736	845	2350	954	576	12574
2019	303	1512	234	1351	2951	260	726	967	905	264	3203	2304	14980
2020	117	241	851	139	672	1818	570	1130	1651	1768	331	3410	12698
2021	1074	932	440	1186	991	110	856	475	230	370	1046	975	8685
Pmax	1531	2408	1847	1351	2951	2964	1560	1301	3683	2350	3263	3410	16420
Pmin	117	120	3	139	428	110	138	152	230	264	331	17	7388
P	698,50	1209,25	768,92	625,42	1208,08	956,42	746,17	764,83	1341,00	1124,83	1736,17	1223,25	12402,83
STD=σ	484,30	797,11	539,01	352,49	664,60	806,09	494,66	337,58	897,04	694,39	1112,65	1040,81	3182,87
Cv	0,69	0,66	0,70	0,56	0,55	0,84	0,66	0,44	0,67	0,62	0,64	0,85	0,26
Cs	0,33	0,12	0,70	1,05	1,74	1,55	0,69	-0,15	1,69	0,45	-0,01	0,80	-0,36

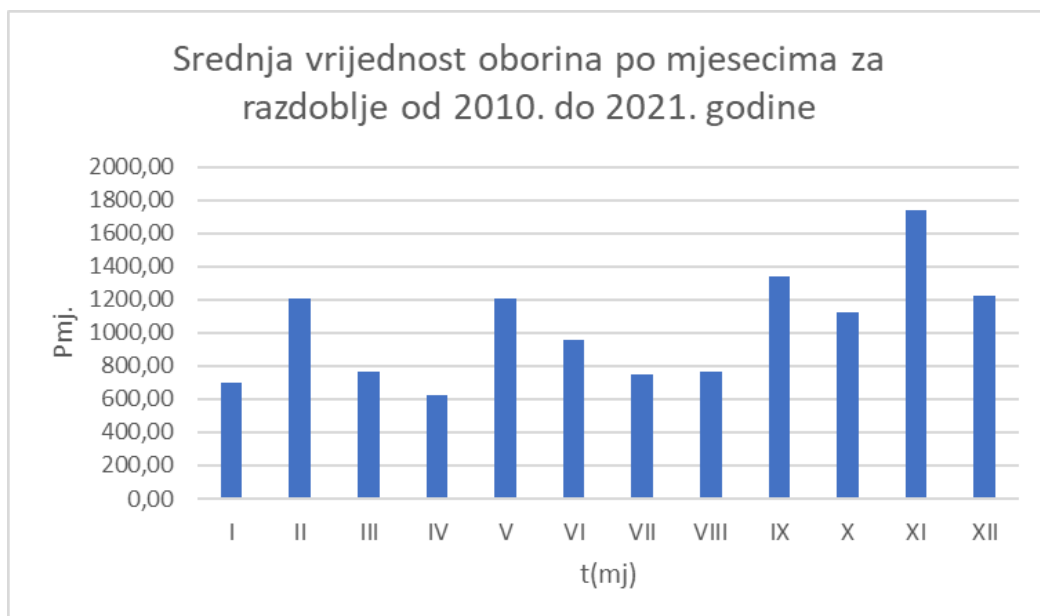
Slika 14. Prikaz mjesečnih i godišnjih podataka te statističkih veličina [13]

Na slici 15. vidljive je dijagram srednjih vrijednosti oborina po mjesecima. Srednja vrijednost za svaki mjesec izračunata je primjenom formule (2) za aritmetičku sredinu. Iz dijagrama zaključuje se da je mjesec studeni najbogatiji oborinama u razdoblju od 2010. do 2021. godine sa 1.376,00 mm.

Primjerice, aritmetička sredina za mjesec lipanj iznosi:

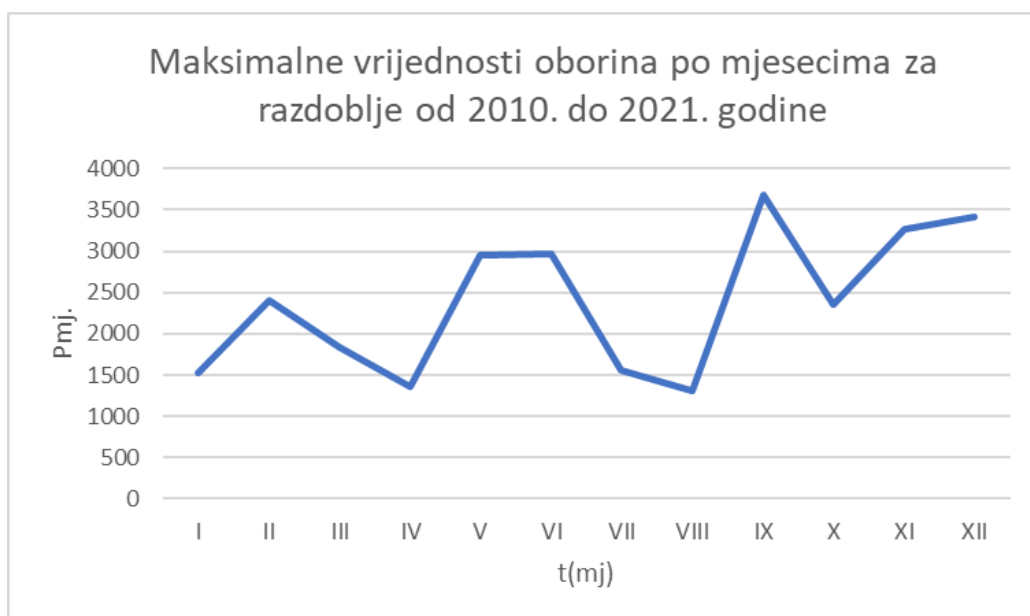
$$P = \frac{1256 + 835 + 400 + 790 + \dots + 1818 + 110}{12}$$

$$P = 956,42 \text{ mm}$$



Slika 15. Dijagram srednjih vrijednost oborina po mjesecima [13]

Slika 16. prikazuje vrijednost maksimalnih količina oborina po mjesecima. Kao posebnost ovog dijagramskog prikaza na slici navodi se maksimalna vrijednost pale oborine koja je preuzeta za mjesec rujan, a ne za studeni što bi bilo očekivano s obzirom na njegovu maksimalnu srednju vrijednost oborina.



Slika 16. Dijagram maksimalnih vrijednosti oborina po mjesecima [13]

Minimalne količine oborina vidljive na slici 17. izmjerene su u mjesecu ožujku dok su minimalne prosječne veličine iz mjeseca travnja.

Na temelju prikazanih slika dijagrama minimalnih i maksimalnih mjesečnih količina oborina primjetno je da se u analiziranom razdoblju ekstremi ne poklapaju s minimalnim i maksimalnim prosječnim količinama oborina



Slika 17. Dijagram minimalnih vrijednosti oborina po mjesecima [13]

Na slici 18. vidljivo je da je najveća vrijednost standardne devijacije za mjesec studeni. Primjenom formule (3) izračunata je standardna devijacija za svaki mjesec. Uočljivo je iz tablice 1. da studeni može imat jako visoke padaline kao na primjer 2012. Godina kada je izmjereno 3263 mm oborina, a godinu prije je to bilo 360 mm, što je gotovo 90% manje. Stoga je i očekivana visoka standardna devijacija s obzirom na takve amplitude.

Primjer izračuna za standardnu devijaciju je mjesec siječanj čiji iznos je:

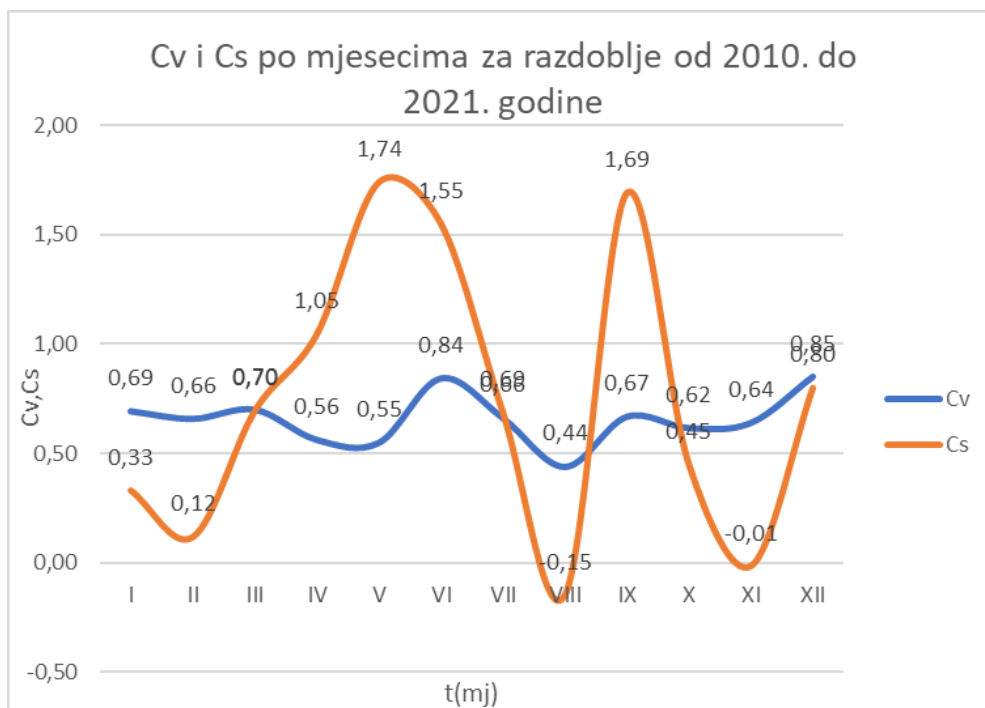
$$\sigma = \sqrt{\frac{(1310-698,50)^2+(135-698,50)^2+(205-698,50)^2+\dots+(117-698,50)^2+(1074-698,50)^2}{12}}$$

$$\sigma = 484,30$$



Slika 18. Dijagram standardne devijacije po mjesecima [13]

Slika 19. prikazuje odnos koeficijenta varijacije i koeficijenta asimetrije. Koeficijent varijacije izračunat je prema formuli (4). Vidljivo je da se koeficijent varijacije kreće između minimalnih 0.44 do maksimalnih 0.80 što je dovoljno točno definirano. Za koeficijent asimetrije se to ne može reći. Za koeficijent asimetrije koji je izračunat formulom (5) se uobičajeno smatra da asimetričnosti nema ako se po apsolutnoj vrijednosti nalazi unutar intervala od 0 do 0,1. Asimetričnosti nema samo za mjesec studeni. Za kolovoz i veljaču je koeficijent asimetrije u intervalu od 0,1 do 0,25 što znači da je asimetričnost mala. Za siječanj je asimetričnost srednja. U svim ostalim slučajevima je asimetričnost jaka.



Slika 19. Dijagrami koeficijenta asimetrije i koeficijenta varijacije [13]

Primjera radi, koeficijent varijacije za mjesec siječanj iznose:

$$C_v = \frac{484,30}{698,50}$$

$$C_v = 0,69$$

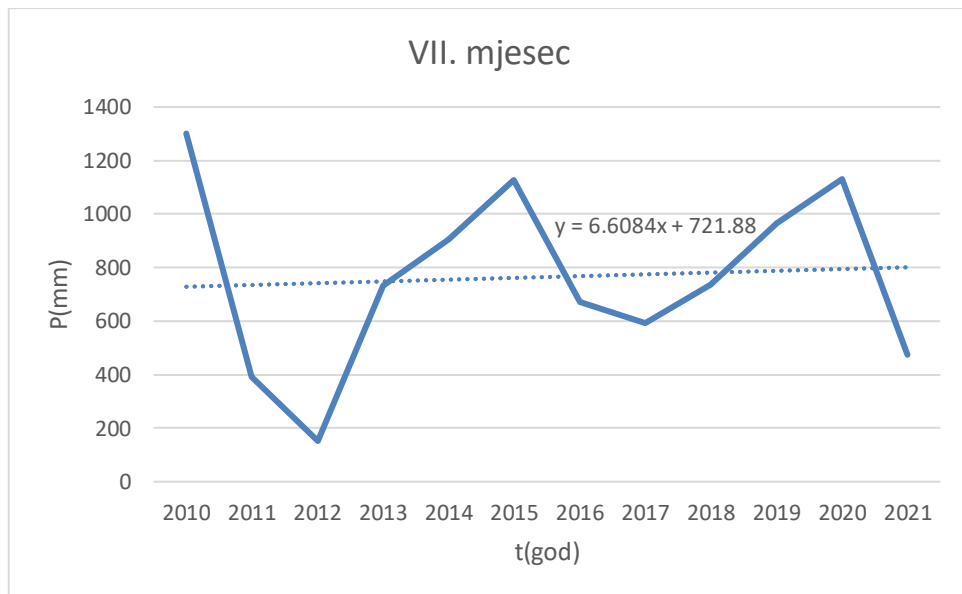
dok koeficijent asimetrije iznosi:

$$m_3 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^3}{N}$$

$$C_s = \frac{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^3}{N}}{\sigma^3} = \frac{(1310 - 698,50)^3 + (135 - 698,50)^3 + (205 - 698,50)^3 + \dots + (1074 - 698,50)^3}{12 \cdot 484,30^3}$$

$$C_s = 0,33$$

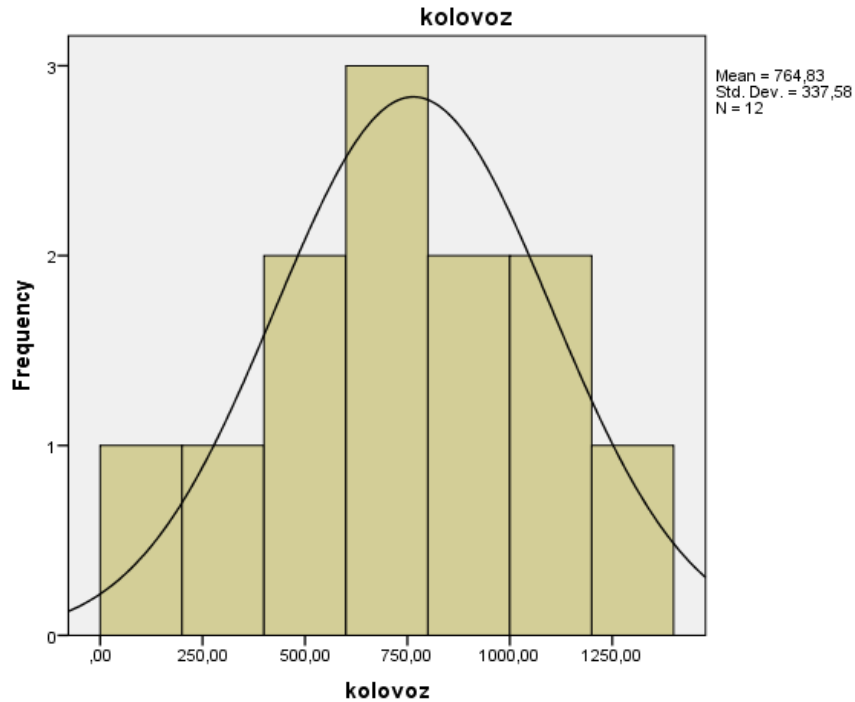
Mjesec kolovoz spada u klimatološko ljeto te je na slici 20. primjetna njegova varijabilnost. 2012. godine palo je samo 152 mm oborina da bi već sljedeće godine palo višestruko tj. 734 mm. Kada gledamo liniju trenda može se vidjeti da je linija uzlazna, što znači da je u tih 12 promatranih godina kolovoz bogatiji oborinama.



Slika 20. Dijagram trenda mjeseca kolovoza kroz razdoblje od 12 godina [13]

Na slici 21. prikazan je dijagram distribucije za mjesec kolovoz, podaci su obrađeni u programu Statistica gdje je dobiven dijagram distribucije i vidljivo je da se on normalno distribuira. Tada je za njega moguće predvidjeti u kojem rasponu bi se mogle kretati padaline. Pošto je normalna distribucija, intervalom pouzdanosti se s 95% preciznošću predviđaju padaline. Primjenom formule (7) izračunata je preciznost aritmetičke sredine koja se uvrsti u formulu (8) za interval s 95% pouzdanošću.





Slika 21. Dijagram distribucije kolovoza [14]

U slučaju kolovoza SEM iznosi:

$$SEM = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = \frac{337,58}{\sqrt{12}} = 97,45$$

Interval za mjesec kolovoz iznosi:

$$CI = P \pm 1,96 * SEM = 337,58 \pm 97,45$$

Predviđene oborine nalazit će se između 573,83 mm i 955,45 mm.

### 3.5. Diskusija rezultata

Iz navedene analize vidljivo je da se oborine za Grad Pazin postepeno smanjuju blagom tendencijom. Za obrađeni mjesec kolovoz linija trenda ukazuje na porast ukupne količine oborina u posljednjih 12 godina. Iz slike 15. evidentno je da je mjesec studeni, za Grad Pazin, oborinama najobilniji mjesec. Iz zadane obrade

podataka primjetno je da je Pazin grad sa velikim oscilacijama u vidu oborina te da je moguća višestruka razlika između ukupnih oborina između mjeseca. Tome doprinosi i njegov specifični položaj u središtu Istre kao i reljefna situacija njegova položaja u kotlini. Specifično je to što se za 12-to godišnje promatrano razdoblje ekstremi ne poklapaju sa minimalnim i maksimalnim prosječnim oborinama.

#### **4. Zaključak**

Oborine su najvažniji meteorološki parametar i izvor života biljnog, životinjskog i ljudskog svijeta te razumijevanje njih uvelike pomaže u kvaliteti života cjelokupne populacije.

Statistička analiza podataka potvrđuje se kao alat koji nam služi za bolje razumijevanje oborina. Provedena analiza pokazala je da su maksimalne prosječne oborine u studenome. Izvršena je analiza za mjesec kolovoz koja pokazuje da je trend uzlazan te da nakon lokalnog minimuma slijede godina ili više godina s povećanjem broja oborina. Standardna devijacija najveća je za mjesec studeni koji je ujedno i mjesec s najvećim prosječnim oborinama, što dodatno potvrđuje na nepredvidljivost u količini oborina za Pazin. Na temelju provedene analize očigledno je da Pazin nema uobičajen i poželjan raspored oborina. Primjetno je da većina oborina padne u posljednjem kvartalu što ukazuje da to nije najpogodnije za poljoprivredne kulture. No, svibanj i lipanj su mjeseci u kojima prosječno padne preko 950 mm oborina što je značajno budući da je Pazin gradić u kojem je stanovništvo uglavnom ruralno. Ruralno stanovništvo se dobrim dijelom bavi se poljoprivredom pa je od velike važnosti da mjeseci prije ljeta, kada prevladavaju visoke temperature, budu bogati padalinama. Obradeni podaci izmjereni su na meteorološkoj postaji u Pazinu, koja je u radu opisana sa svojim uređajima koje posjeduje i njihovom namjenom.

Bez obzira što statistička analiza služi kao alat za bolje razumijevanje oborina, ona ne rješava sve probleme. U radu je provedena mjesečna analiza oborina, no ona ne daje odgovore na intenzitet padalina. Intenzitet padalina na primjeru Pazina je veoma bitan jer se u blizini Pazina nalazi Pazinska jama koja je ponornica rijeke Pazinčice. U prošlosti se znalo događati, da se djelom zbog jakog intenziteta kiše i zbog nedovoljnog čišćenja korita rijeke, poplavilo korito rijeke i da je voda dosegla više desetaka metara dubine zbog nedovoljnog kapaciteta poniranja.

## 5. Literatura

- [1] Leksikografski zavod Miroslava Krleže, Hrvatska enciklopedija, <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=39758>, 19.06.2022
- [2] Nevenka Ožanić (2019/20), Hidrologija, materijali s predavanja <https://classroom.google.com/u/1/c/NDE5MjE5NTA5Nzha>
- [3] Dionis Srebrenović: Primijenjena hidrologija, Tehnička knjiga (1986)
- [4] Ognjen Bonacci: Oborine – glavna ulazna veličina u hidrološki ciklus (Split, 1994.)
- [5] Naputak za opažanja i mjerenja na glavnim meteorološkim postajama, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 2008
- [6] Ranko Žugaj: Hidrologija, Rudarsko-geološki-naftni fakultet Zagreb 2000.
- [7] Program tehničkih smjernica u hidrologiji, Hrvatska komora inženjera građevinarstva, 2021
- [8] Ana-Maria Šimundić, Biostatistika, materijali s predavanja, [http://mi.medri.hr/assets/S2\\_Mjere%20sredisnjice%20i%20rasapa%20podataka.pdf](http://mi.medri.hr/assets/S2_Mjere%20sredisnjice%20i%20rasapa%20podataka.pdf)
- [9] Grad Pazin (2018), Izvješće o stanju u prostoru Grada Pazina (A P E d.o.o), Pazin
- [10] <https://prognoza.hr/images/pazin.jpg> , 28.06.2022.
- [11] <https://www.dorotheum.com/en/1/6378410/> , 10.08.2022
- [13] <https://www.excell.bio/> , 05.08.2022
- [14] <https://www.statistica.com/en/> , 18.08.2022