

Izračun trendova vodostaja na hidrološkoj postaji Kosnica

Fičur, Bruno

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:374287>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-16**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Preddiplomski studij Geološkog inženjerstva

IZRAČUN TRENDOVA VODOSTAJA NA HIDROLOŠKOJ POSTAJI

KOSNICA

Završni rad

Bruno Fičur

GI 2158

Zagreb, 2022.

KLASA: 602-01/22-01/10
URBROJ: 251-70-15-22-2
U Zagrebu, 4. 2. 2022.

Bruno Fičur, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/22-01/10, URBROJ: 251-70-15-22-1 od 18. 1. 2022. priporučujemo vam temu završnog rada koja glasi:

IZRAČUN TRENDOVA VODOSTAJA NA HIDROLOŠKOJ POSTAJI KOSNICA

Za mentora ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Doc. dr. sc. Zoran Kovač nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Mentor:



(potpis)

Doc. dr. sc. Zoran Kovač

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite:

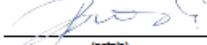


(potpis)

Doc. dr. sc. Zoran Kovač

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:



(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Borivoje
Pašić

(titula, ime i prezime)

IZRAČUN TRENDOVA VODOSTAJA NA HIDROLOŠKOJ POSTAJI KOSNICA

Bruno Fičur

Završni rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Na temelju podataka dobivenih od strane Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) određeni su trendovi vodostaja na hidrološkoj postaji Kosnica od 1979. godine do 2019. godine. Izračunati su podaci po mjesecima i po godinama za njihove minimalne, maksimalne i srednje vrijednosti. Podaci su u Microsoft Excelu analizirani kroz regresijsku analizu. Izračunata je usporedba minimalnih i maksimalnih vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini te trend razlike maksimuma i minimuma, što je i grafički prikazano. Rezultati upućuju da je trend razlike između minimalnih i maksimalnih vrijednosti uzlazan i statistički neznakažan.

Ključne riječi: trend, vodostaj, regresija, srednja vrijednost, minimum, maksimum

Završni rad sadrži: 24 stranice, 12 slika, 6 tablica i 10 referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

Završni rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta,

Mentor: Doc. dr. sc. Zoran Kovač

Ocjenjivači: Doc. dr. sc. Zoran Kovač

Prof. dr. sc. Zoran Nakić

Izv. prof. dr. sc. Jelena Parlov

Datum obrane: 25.02.2022.

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Geološke i hidrogeološke značajke istraživnog područja	2
2.1. Hidrološka postaja Kosnica.....	2
2.2. Geološke značajke	3
2.3. Hidrogeološke značajke	4
3. Metodologija.....	5
3.1. Studentov t-test.....	6
3.2. Regresijska analiza	6
3.3. Obrada podataka.....	7
4. Rezultati.....	8
4.1. Vrijednosti vodostaja	8
4.1.1. Minimalne vrijednosti vodostaja.....	8
4.1.2. Maksimalne vrijednosti vodostaja	10
4.1.3. Srednje vrijednosti vodostaja.....	13
4.2. Usporedba maksimuma i minimuma na godišnjoj razini	15
5. Zaključak	17
6. Literatura	18

Popis slika

Slika 2.1. Lokacija hidrološke postaje „Kosnica“	2
Slika 2.2. Isječak OGK List Ivanić Grad, M 1:100000 (Basch, 1980.)	3
Slika 2.3. Shematski profil zagrebačkog vodonosnog sustava (preuzeto iz Posavec, 2006.)	4
Slika 2.4. Generalni smjer toka podzemne vode (plave strelice) (Parlov i dr., 2012.).....	4
Slika 2.5. Trodimenzionalni model zagrebačkog vodonosnika (Bačani i Posavec, 2009)....	5
Slika 4.1. Vrijednosti minimuma vodostaja u prosincu (1979.-2019.).....	9
Slika 4.2. Trend minimalne vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini (1979.-2019.).....	9
Slika 4.3. Vrijednosti maksimuma u studenom (1979.-2019.).....	11
Slika 4.4. Trend maksimalne vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini (1979.-2019.).....	12
Slika 4.5. Trend srednje vrijednosti na godišnjoj razini (1979.-2019.).....	14
Slika 4.6. Usporedba trendova maksimuma i minimuma (1979.-2019.).....	15
Slika 4.7. Trend razlike maksimuma i minimuma (1979.-2019.)	16

Popis tablica

Tablica 4.1. Minimalne vrijednosti vodostaja	8
Tablica 4.2. Linearna regresija (t-test) za minimalne vrijednosti vodostaja	10
Tablica 4.3. Maksimalne vrijednosti vodostaja	11
Tablica 4.4. Linearna regresija (t-test) za vrijednosti maksimuma vodostaja.....	12
Tablica 4.5. Srednje vrijednosti vodostaja	13
Tablica 4.6. Linearna regresija (t-test) za srednje vrijednosti vodostaja	14

1. Uvod

U ovom završnom radu obrađeni su podaci s hidrološke postaje Kosnica od 1979. godine do 2019. godine na temelju podataka koje je ustupio Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ).

Hidrološka postaja Kosnica nalazi se u Zagrebačkoj županiji na rijeci Savi.

Osnovni zadatak rada bio je određivanje trendova vodostaja od 1979. do 2019. godine za postaju Kosnica. Upotrijebljeni su podaci o dnevnim vrijednostima.

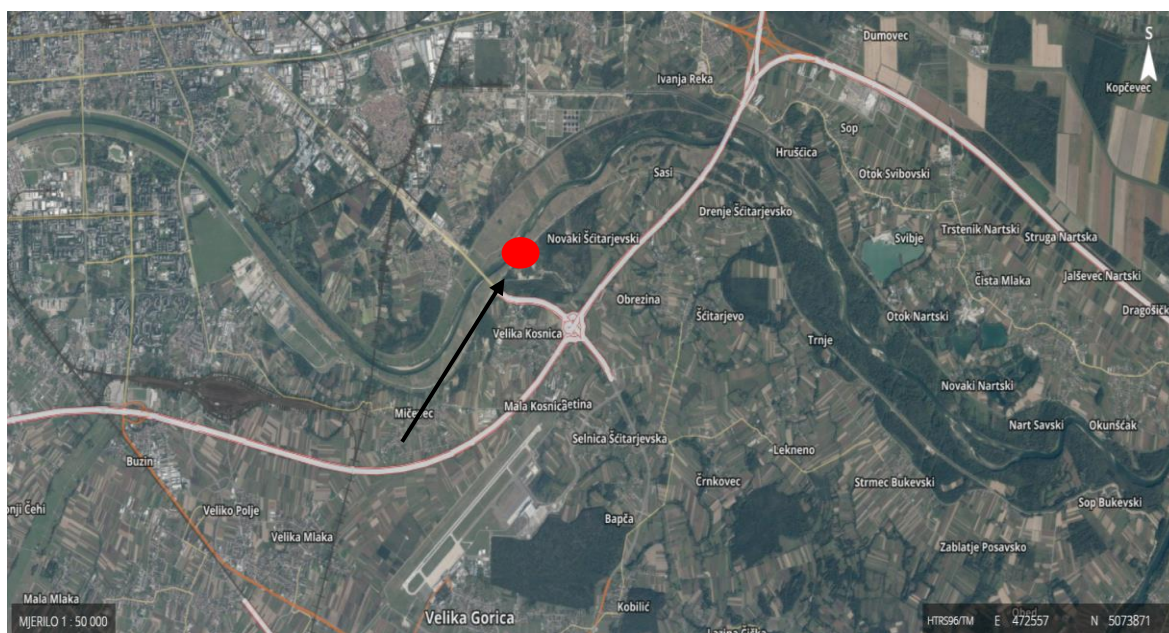
Za izračun trendova korištena je linearna regresija, a t-test je upotrijebljen za izračun statističke značajnosti. Napravljeni su trendovi za maksimalne, minimalne i srednje vrijednosti na razini mjeseca i godina.

2. Geološke i hidrogeološke značajke istraživanog područja

2.1. Hidrološka postaja Kosnica

Hidrološka postaja Kosnica smještena je u Zagrebačkoj županiji u neposrednoj blizini mjesta Velika Kosnica, a nalazi se unutar zagrebačkog vodonosnika. Postaja je započela sa radom 14.04.1979. godine i kota nule iznosi 101,051 m n.m.

Koordinate postaje u HTRS-u su: (X=467159,Y=5070430).



Slika 2.1. Lokacija hidrološke postaje „Kosnica“, (geoportal.hr)

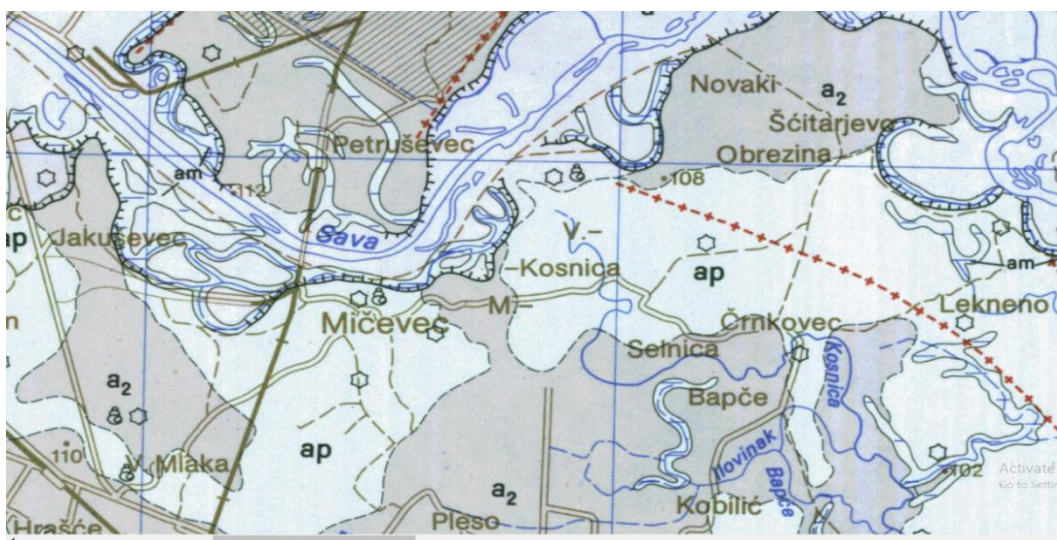
Rijeka Sava nastaje spajanjem dviju manjih rijeka, Save Dolinke i Save Bohinjke. Zatim prolazi kroz Republiku Hrvatsku i ulijeva se u Dunav u Srbiji. Dužina joj je oko 950 km i prima vodu iz gotovo 250 pritoka. Glavni pritoci dolaze s desne strane: Kupa, Una, Vrbas, Bosna i Ukrina. S lijeve strane utječu Sutla, Orljava, Lonja i Bosut. Površina sliva iznosi 95.720 km². (prometna-zona.com)

2.2. Geološke značajke

Za određivanje geološke građe područja gdje se nalazi hidrološka postaja Kosnica korištena je Osnovna geološka karta M1:100000, list Ivanić Grad (Basch, 1980.).

Na slici 2.2. prikazan je isječak te karte koji je izgrađen od holocenskih naslaga rijeke Save, pri čemu dominantnu ulogu imaju šljunci, pijesci i gline. Prisutni su facijesi poplava (ap) koji sadrže glinovite pijeske i glinovite siltove, aluvij recentnih tokova (a) sa šljuncima, pijeskom, siltovima i glinama. Uz njih vidljiv je i aluvij druge savske terase (a₂) koji sadrži pijesak, šljunak i siltozne gline. Facijes mrtvaja (am) čine pijesci, glinoviti siltovi, gline i muljevi (Basch, 1980.).

Formiranje rijeke Save i njenih pritoka krenulo je početkom holocena i ti pritoci su omogućili taloženje naslaga gornjeg vodonosnog sloja. Te naslage došle su iz područja Alpa, nošene rijekom Savom (Velić i Durn, 1993.).



- 2 a Aluvij recentnih tokova: šljunci, pijesci, siltovi, gline
- 3 am Facijes mrtvaja: pijesci, glinoviti siltovi, gline, muljevi
- 4 ap Facijes poplava: glinoviti pijesci, glinoviti siltovi
- 5 a₁ Aluvij prve savske terase: šljunci i pijesci
- 6 a₂ Aluvij druge savske terase: gline, pijesci i siltozne gline

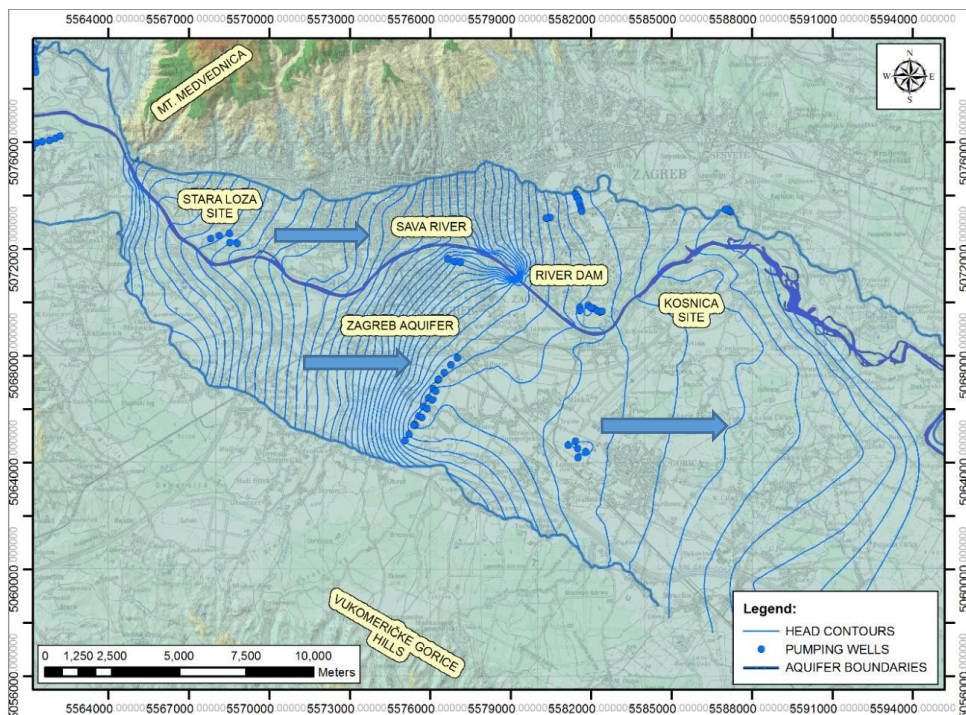
Slika 2.2. Isječak OGK List Ivanić Grad, M 1:100000 (Basch, 1980.)

2.3. Hidrogeološke značajke

Zagrebački vodonosnik je otvoreni vodonosnik i čine ga dva vodonosna sloja (slika 2.3.) koja su izgrađena pretežito od šljunka, ali i primjesama pijeska, gline i praha. Prvi ima aluvijalne naslage rijeke Save, a drugi jezersko-barske naslage. Od zapada prema jugoistoku je generalni smjer toka podzemne vode što se može vidjeti na slici 2.4. (Parlov i dr., 2012.).



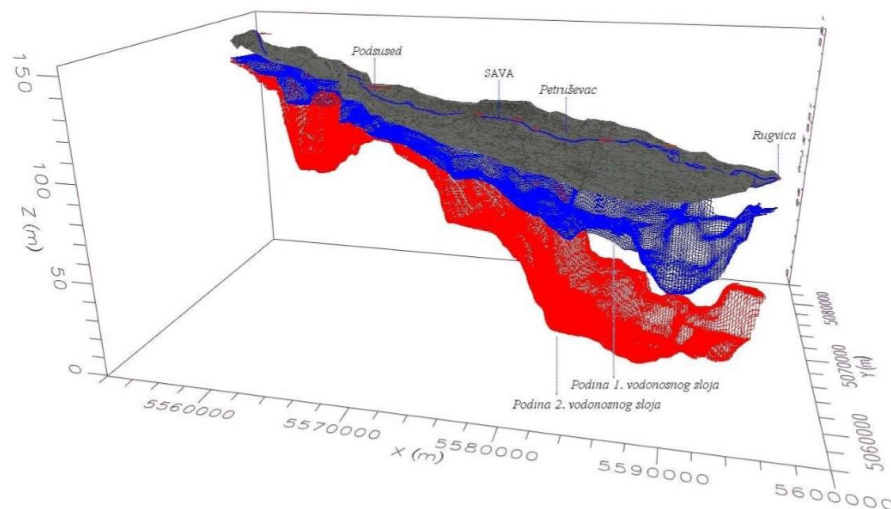
Slika 2.3. Shematski profil zagrebačkog vodonosnog sustava (Posavec, 2006.)



Slika 2.4. Generalni smjer toka podzemne vode (plave strelice)

(Parlov i dr., 2012.)

Debljina gornjeg vodonosnog sloja iznosi 5 metara u zapadnom dijelu i do 40 metara u istočnom dijelu. Što se tiče širine, ona varira od stotinu metara pa sve do 10 000 metara. Donji vodonosni sloj ima debljinu od 20 metara u zapadnom dijelu, te 60 metara u istočnom, što znači da u oba vodonosna sloja dolazi do povećanja debljina od zapada prema istoku. To se može dobro vidjeti na slici 2.5. (Bačani i Posavec, 2009.)



Slika 2.5. Trodimenzionalni model zagrebačkog vodonosnika
(Bačani i Posavec, 2009.)

Napajanje vodonosnika ostvaruje se ponajviše (Bačani, 2009):

1. infiltracijom oborina
2. infiltracijom iz propusne vodoopskrbne i kanalizacijske mreže
3. infiltracijom iz rijeke Save
4. dotjecanjem po južnoj granici vodonosnika s područja Vukomeričkih Gorica
5. dotjecanjem po zapadnoj granici iz samoborskog vodonosnika

Na području zagrebačkog vodonosnog sustava ima direktna hidraulička veza između vodonosnika i rijeke Save. To nam govori da pritjecanje podzemnih voda ovisi o vodostaju Save. Nizak vodostaj Save isušuje podzemlje, dok ga visoki prihranjuje. Kada je visok vodostaj dugotrajan onda raste razina podzemne vode, a kada je kratkotrajan njegov utjecaj na podzemne vode je minimalan (Posavec, 2006.).

3. Metodologija

U ovom završnom radu obrađeni su podaci s hidrološke postaje Kosnica od 1979. godine do 2019. godine na temelju podataka koje je ustupio Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ).

Međutim, prvih par mjeseci (od 01.01.1979. do 13.04.1979.) podaci o vodostaju nisu bili dostupni. Također, 2013.godine je bilo problema sa limnigrafom stoga ti podaci nisu ustupljeni.

3.1. Studentov t-test

T-test je statistički postupak kojim se ispituje da li je razlika između dva uzorka statistički značajna. Jedan je od mnogih testova koje služe za testiranje hipoteza u statistici. Zasnovan je na Studentovoj t-distribuciji koja predstavlja normalnu distribuciju za malen broj podataka (investopedia.com).

Podatak o p-vrijednosti bio je ključan za procjenu statističke značajnosti. P-vrijednost je broj koji opisuje koja je vjerojatnost da se podatak slučajno ponovi. U većini istraživanja poželjno je da je vrijednost manja od 0,05, što znači da je vjerojatnost da je rezultat slučajan manji od 0,05, tj. 5%. Ukoliko je p-vrijednost manja od 0,05 rezultat je statistički značajan. Iz toga slijedi da kada je p-vrijednost veća od 0,05 tada je rezultat statistički neznačajan (simplypsychology.org).

3.2. Regresijska analiza

Regresijska analiza služi za određivanje funkcionalne zavisnosti između dvije ili više varijabli. Razlikujemo dva modela regresije:

- 1) Jednostavni regresijski model - veza između zavisne i jedne nezavisne varijable.
- 2) Model višetruke regresije - veza između zavisne i dviju ili više nezavisnih varijabli.

Podaci za regresijsku analizu stvoreni su ili mjerenjem u pokusima ili opaženjem. U gospodarskim primjenama regresijskog modela podaci se prikazuju kao :

- 1) nizovi u vremenu
- 2) brojčane vrijednosti pojava za određene gospodarske ili prostorne jedinice
- 3) kombinacija vremenskih nizova i brojčanih vrijednosti pojava za određene gospodarske ili prostorne jedinice.

Najvažnija svrha regresijske analize je određivanje varijabli koje su važne u predviđanju ishoda zavisnih varijabli i određivanje preciznosti u smislu koliko nezavisne varijable mogu odrediti ishod zavisnih varijabli.

Funkcija regresijske analize može se zapisati kao :

$$f(x) = a + \beta x \quad (3.1.)$$

P vrijednost, koeficijent determinacije, standardna devijacija, varijanca i ostali su sve podaci koji se mogu obraditi pomoću Microsoft Excela. Standardna devijacija je podatak koliko podaci odstupaju od srednje vrijednosti. Varijanca je kvadrirana standardna devijacija, to jest prosjek kvadriranih odstupanja od srednje vrijednosti. Konkretno u ovom završnom radu korištena je p-vrijednost za određivanje značajnosti (statisticshowto.com).

3.3. Obrada podataka

Izračunate su vrijednosti vodostaja za minimalnu, maksimalnu i srednju vrijednost po podacima izdanim od strane Državnog hidrometeorološkog zavoda. Zatim je u Excelu rađena regresijska analiza kako bi dobili minimalne, maksimalne i srednje vrijednosti za svaki mjesec u svakoj godini.

Pomoću rezultata dobivenih regresijskom analizom određeni su trendovi vodostaja, a sa studentovim t-testom dobivena je statistička značajnost.

Zadnji zadatak bio je napraviti usporedbu između trendova minimuma i maksimuma na godišnjoj razini i grafički ih prikazati.

4. Rezultati

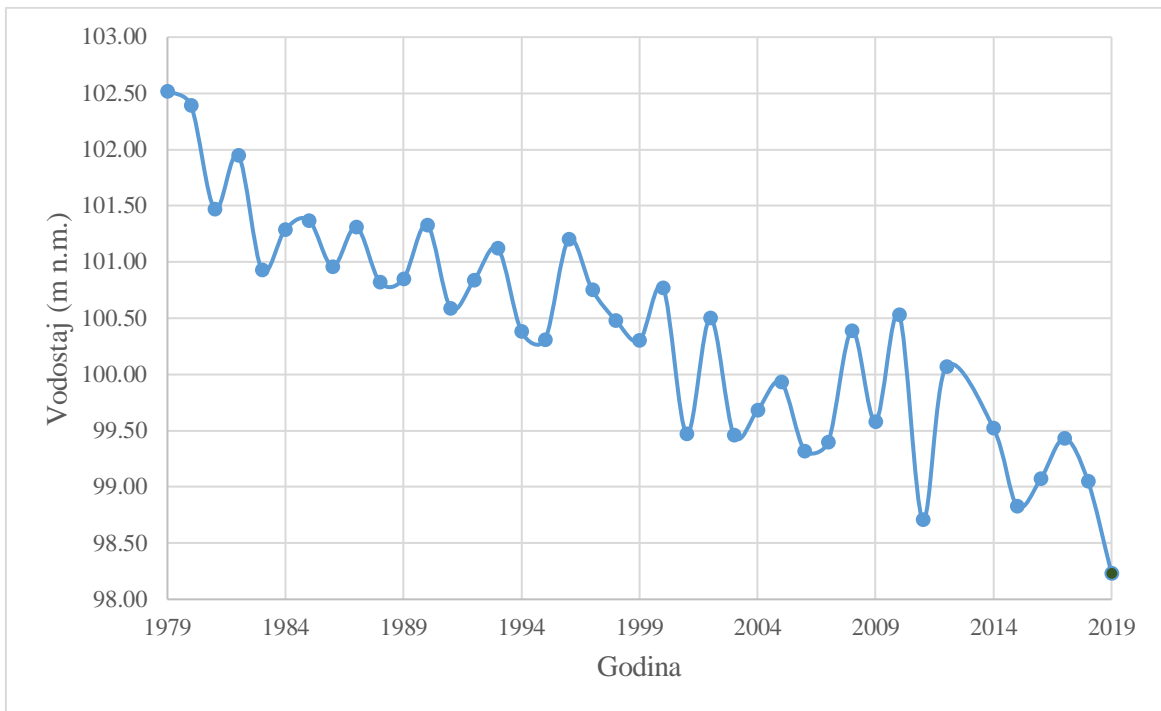
4.1. Vrijednosti vodostaja

4.1.1. Minimalne vrijednosti vodostaja

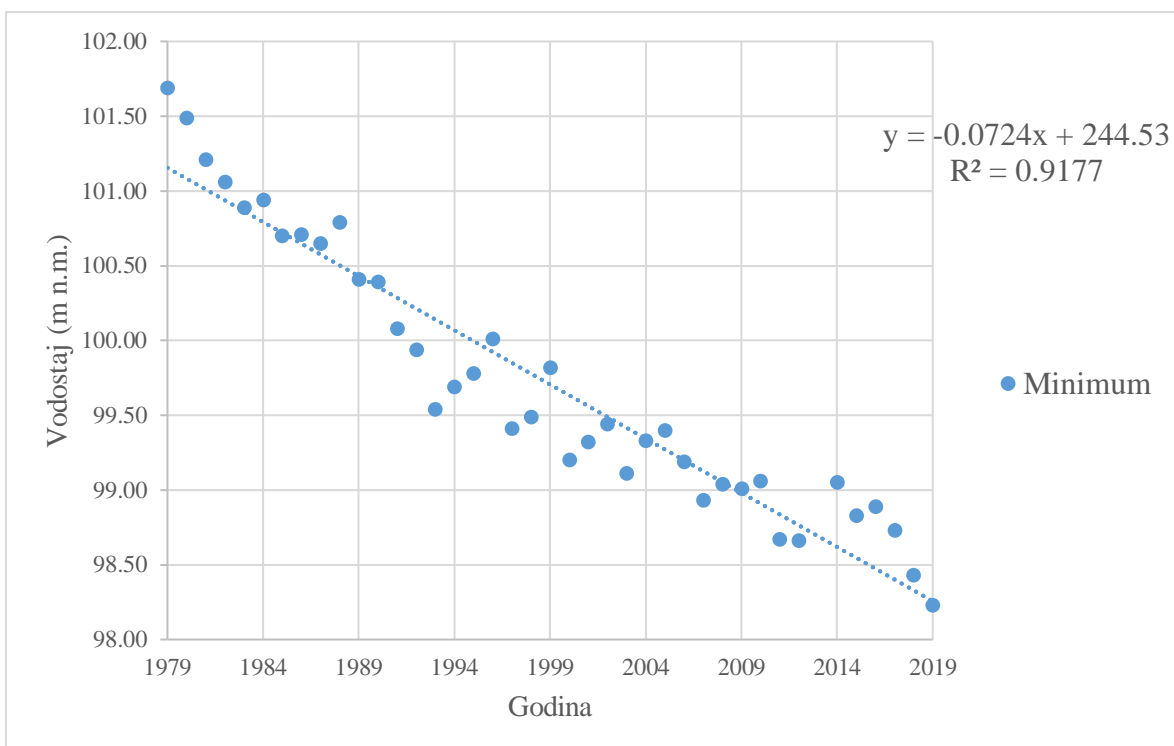
Minimalne vrijednosti vodostaja od 1979. do 2019. godine prikazani su u tablici 4.1. Najmanji minimum obilježen je zelenom bojom i prikazan je grafički na slici 4.1. Slika 4.2. prikazuje trend na godišnjoj razini. Dobivene vrijednosti t-testa prikazane su u tablici 4.2. (p-vrijednost, statistička značajnost i priroda trenda). Vidljiv je izrazito silazan statistički značajan trend na mjesečnoj i godišnjoj razini. P-vrijednost je prikazana u znanstvenom zapisu zbog jednostavnosti prikaza.

Tablica 4.1. Minimalne vrijednosti vodostaja

Min	Godine												Grand Total
Mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Grand Total
1979				102,74	102,75	102,45	102,27	101,88	101,69	101,95	102,15	102,52	101,69
1980	102,03	101,95	101,89	101,89	102,25	102,05	102,10	101,53	101,53	101,49	102,66	102,39	101,49
1981	101,54	101,43	101,43	101,56	101,91	101,61	101,44	101,21	101,23	101,39	101,26	101,47	101,21
1982	101,50	101,13	101,11	101,55	101,39	101,53	101,33	101,06	101,22	101,28	101,72	101,95	101,06
1983	101,66	101,46	101,95	101,76	101,54	101,34	100,95	100,90	100,96	100,94	100,89	100,93	100,89
1984	101,58	101,46	102,05	102,08	101,91	101,66	101,42	101,06	100,94	101,58	101,26	101,29	100,94
1985	101,14	101,42	101,68	102,51	102,04	101,71	101,29	101,01	100,84	100,70	100,91	101,37	100,70
1986	101,52	101,19	101,18	102,62	101,46	102,13	101,11	100,83	100,89	100,77	100,71	100,96	100,71
1987	100,90	100,86	101,20	101,74	101,67	101,21	100,93	101,00	100,65	101,01	101,35	101,31	100,65
1988	101,18	101,66	101,53	101,74	101,41	101,30	100,94	100,86	101,03	100,93	100,79	100,82	100,79
1989	100,49	100,41	100,88	101,16	101,22	101,00	101,19	101,02	100,88	100,81	100,76	100,85	100,41
1990	100,68	100,80	100,55	101,40	100,77	100,71	100,62	100,41	100,39	100,69	101,38	101,33	100,39
1991	100,82	100,59	100,99	100,94	101,11	100,93	100,55	100,29	100,08	100,32	100,44	100,59	100,08
1992	100,35	100,39	100,23	100,90	100,40	100,23	100,05	99,96	99,95	99,94	101,29	100,84	99,94
1993	100,32	99,91	99,93	99,95	99,85	99,78	99,71	99,54	99,76	101,49	101,34	101,12	99,54
1994	100,95	100,49	100,26	100,33	100,38	100,35	99,82	99,69	100,36	100,31	100,65	100,38	99,69
1995	100,77	100,69	101,86	100,66	100,61	100,68	100,00	99,82	100,32	99,82	99,78	100,31	99,78
1996	100,49	100,38	100,53	100,84	100,71	100,01	100,23	100,18	100,15	100,78	100,44	101,20	100,01
1997	100,64	100,65	100,20	100,11	100,07	99,85	99,95	99,69	99,56	99,44	99,41	100,75	99,41
1998	99,94	99,61	99,53	99,49	99,94	99,86	99,90	99,67	99,90	100,84	101,08	100,48	99,49
1999	100,49	100,37	100,78	100,83	100,85	100,35	100,19	100,01	99,90	99,82	100,05	100,30	99,82
2000	99,65	99,78	99,64	100,25	99,63	99,45	99,41	99,23	99,20	99,32	100,05	100,77	99,20
2001	100,88	100,32	100,33	100,79	100,07	99,91	99,69	99,32	99,37	99,79	99,60	99,47	99,32
2002	99,44	99,67	99,64	99,51	99,92	99,61	99,62	99,64	99,57	99,81	100,30	100,50	99,44
2003	100,35	99,92	99,90	99,95	99,58	99,45	99,36	99,24	99,11	99,23	99,64	99,46	99,11
2004	99,72	99,58	99,90	100,66	100,14	99,84	99,59	99,41	99,33	99,41	99,94	99,68	99,33
2005	99,58	99,50	99,46	99,80	99,76	99,40	99,55	99,51	99,74	99,76	99,54	99,93	99,40
2006	99,78	99,61	100,30	100,37	100,05	99,69	99,35	99,38	99,45	99,33	99,19	99,32	99,19
2007	99,37	99,71	99,84	99,39	99,20	99,22	98,93	98,94	99,17	99,71	99,57	99,40	98,93
2008	99,31	99,34	99,34	100,39	99,71	99,74	99,47	99,49	99,16	99,04	99,66	100,39	99,04
2009	99,50	99,98	99,56	100,32	99,73	99,45	99,39	99,07	99,05	99,01	99,21	99,58	99,01
2010	99,48	99,35	100,16	99,67	99,54	99,36	99,06	99,16	99,27	99,87	99,98	100,53	99,06
2011	99,42	99,12	98,96	99,07	99,04	99,26	98,92	98,75	98,67	98,72	98,80	98,71	98,67
2012	98,81	98,66	98,66	98,68	99,12	99,09	98,93	98,75	98,93	99,13	99,85	100,07	98,66
2014	99,99	100,83	100,02	99,58	99,62	99,05	99,34	99,35	99,77	99,32	99,65	99,52	99,05
2015	99,54	99,57	99,54	99,17	99,15	99,15	99,01	99,01	99,03	99,27	99,07	98,83	98,83
2016	98,89	99,31	99,53	99,33	99,61	99,51	99,13	99,11	98,93	98,91	99,31	99,07	98,89
2017	98,77	99,43	99,25	99,01	99,23	98,93	98,75	98,73	98,87	99,05	99,11	99,43	98,73
2018	99,65	99,55	99,59	98,43	98,43	99,33	99,13	98,87	99,03	98,87	99,15	99,05	98,43
2019	98,85	99,29	99,23	99,41	99,53	99,25	99,07	98,87	99,03	98,97	98,99	98,23	98,23
Grand Total	98,77	98,66	98,66	98,43	98,43	98,93	98,75	98,73	98,67	98,72	98,80	98,23	98,23



Slika 4.1. Vrijednosti minimuma vodostaja u prosincu (1979. - 2019.)



Slika 4.2. Trend minimalne vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini (1979. - 2019.)

Tablica 4.2. Linearna regresija (t-test) za minimalne vrijednosti vodostaja

Mjesec	Broj podataka	P vrijednost	Značajnost	Trend
1	39	2,86E-16	statistički značajno	silazan
2	39	6,28E-12	statistički značajno	silazan
3	39	1,01E-11	statistički značajno	silazan
4	40	8,43E-15	statistički značajno	silazan
5	40	4,24E-17	statistički značajno	silazan
6	40	3,17E-17	statistički značajno	silazan
7	40	2,00E-18	statistički značajno	silazan
8	40	2,55E-18	statistički značajno	silazan
9	40	1,27E-17	statistički značajno	silazan
10	40	1,80E-15	statistički značajno	silazan
11	40	4,44E-14	statistički značajno	silazan
12	40	8,23E-15	statistički značajno	silazan
Godišnja	40	3,27E-22	statistički značajno	silazan

4.1.2. Maksimalne vrijednosti vodostaja

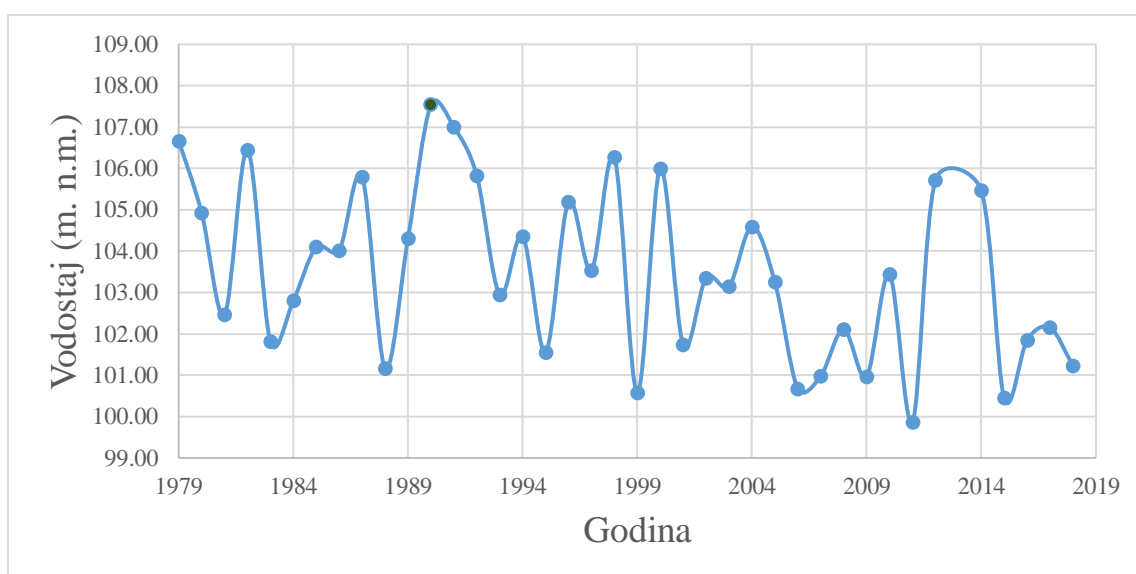
Maksimalne vrijednosti vodostaja od 1979. do 2019.godine prikazani su u tablici 4.3.

Najveći maksimum obilježen je zelenom bojom i prikazan je grafički na slici 4.3. Slika 4.4. prikazuje trend na godišnjoj razini. Dobivene vrijednosti t-testa prikazane su u tablici 4.4.

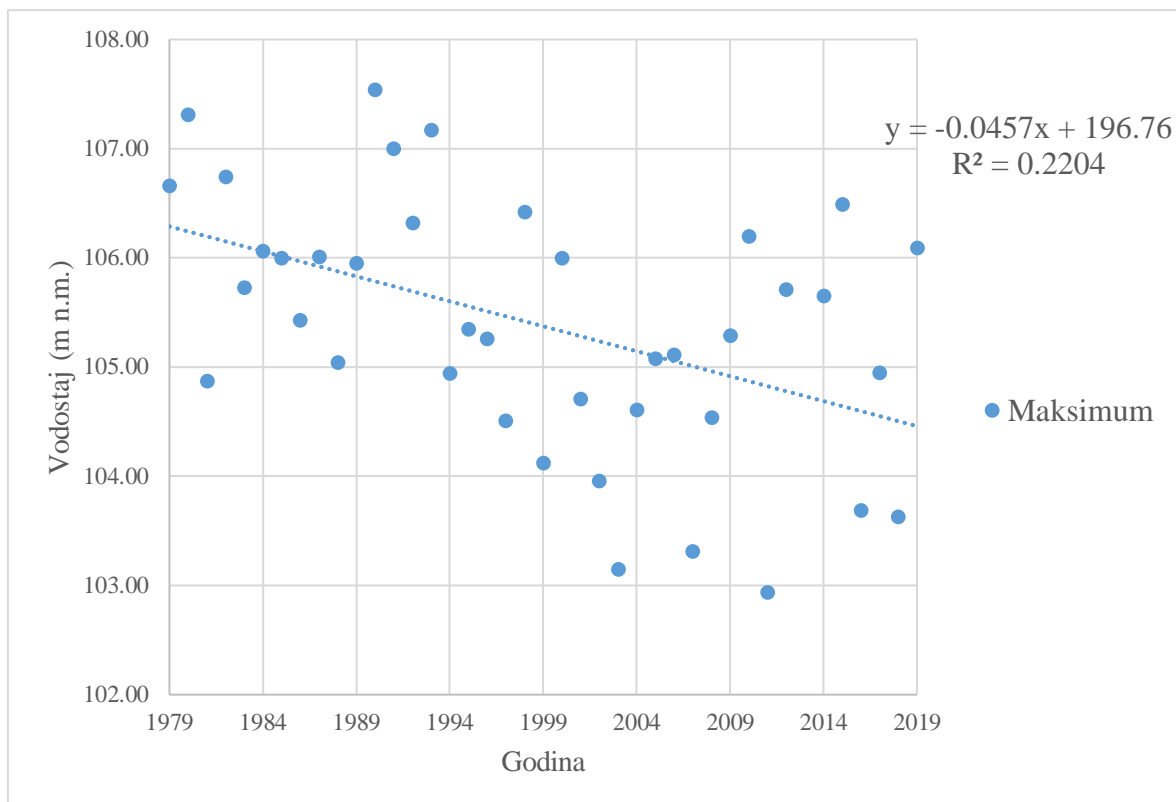
(p-vrijednost, statistička značajnost i priroda trenda). Vidljiv je silazan, statistički značajan trend na mjesečnoj i godišnjoj razini. P-vrijednost je prikazana u znanstvenom zapisu zbog jednostavnosti prikaza.

Tablica 4.3. Maksimalne vrijednosti vodostaja

Max Mjeseci	Godine												Grand Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1979				105,24	105,23	103,46	103,73	103,15	104,78	103,22	106,66	104,77	106,66
1980	103,77	105,33	103,05	104,37	103,89	103,25	104,03	102,45	103,79	107,31	104,93	105,25	107,31
1981	102,98	102,75	104,86	102,69	103,95	104,87	102,85	102,17	103,75	103,85	102,46	104,43	104,87
1982	106,74	101,47	102,73	102,86	105,34	105,15	102,44	103,64	102,75	105,15	106,45	105,88	106,74
1983	102,77	102,08	105,73	104,17	103,16	102,09	101,76	101,85	103,20	103,92	101,81	105,22	105,73
1984	103,48	102,78	105,36	106,06	104,04	104,34	104,43	102,69	105,43	105,30	102,80	103,63	106,06
1985	106,00	102,84	105,04	104,32	105,40	105,09	102,56	102,87	102,00	100,81	104,10	104,30	106,00
1986	103,16	102,12	105,17	104,65	102,97	105,43	102,08	104,50	103,11	103,49	104,02	102,97	105,43
1987	102,20	104,76	106,01	103,70	103,29	102,75	102,50	105,63	103,20	104,33	105,80	104,37	106,01
1988	103,36	103,62	103,66	103,02	102,91	105,04	102,17	102,86	104,32	103,09	101,17	102,21	105,04
1989	100,87	102,55	103,29	102,86	103,34	102,39	105,95	104,99	105,29	102,70	104,30	102,77	105,95
1990	102,74	101,83	102,67	103,85	101,35	104,65	102,28	101,26	102,50	103,72	107,54	104,43	107,54
1991	103,07	102,39	102,32	101,77	105,03	102,94	102,12	101,23	100,88	104,10	107,00	102,41	107,00
1992	100,60	101,56	103,53	103,41	102,72	102,53	100,56	100,07	100,83	105,94	105,82	106,32	106,32
1993	101,23	100,25	100,59	101,85	100,27	100,22	100,12	100,24	102,55	107,17	102,95	104,87	107,17
1994	104,60	101,40	100,98	103,26	101,60	102,80	100,72	101,87	102,57	104,94	104,36	103,70	104,94
1995	104,59	104,47	105,35	101,89	102,74	102,16	101,39	102,78	103,59	100,67	101,56	104,51	105,35
1996	104,09	102,28	101,56	103,26	102,75	101,98	105,26	101,22	103,14	103,66	105,19	103,28	105,26
1997	102,24	102,00	101,32	100,90	101,23	101,99	101,36	100,77	101,40	100,12	103,54	104,51	104,51
1998	101,55	99,94	100,76	101,54	100,82	100,39	103,94	101,40	104,72	106,42	106,27	101,09	106,42
1999	101,38	102,70	102,90	103,59	104,12	102,05	102,71	101,10	100,98	102,66	100,57	103,73	104,12
2000	101,20	100,69	102,30	101,63	100,43	100,17	101,20	100,19	99,72	102,71	106,00	103,76	106,00
2001	104,71	102,12	104,62	102,69	100,94	101,44	100,42	99,72	103,02	101,09	101,74	100,71	104,71
2002	100,39	101,68	101,55	102,66	101,01	100,65	100,82	103,96	101,70	103,49	103,35	103,62	103,96
2003	101,44	100,59	101,00	100,82	100,05	99,72	99,97	99,47	99,97	101,59	103,15	101,94	103,15
2004	102,22	101,11	104,61	103,99	102,06	101,73	102,50	100,00	101,21	104,44	104,59	103,28	104,61
2005	101,24	100,57	101,09	102,93	102,23	99,77	101,45	103,93	102,73	104,49	103,25	105,08	105,08
2006	101,35	102,23	103,72	102,02	105,11	104,30	99,77	101,29	101,74	100,54	100,67	101,35	105,11
2007	101,56	102,05	101,73	100,45	99,82	99,62	100,65	99,48	103,31	102,79	100,98	100,84	103,31
2008	101,06	101,15	102,55	102,89	101,40	102,45	101,49	101,61	99,59	101,64	102,11	104,54	104,54
2009	103,59	104,01	104,72	103,29	101,25	100,98	102,32	100,18	100,54	100,24	100,97	105,29	105,29
2010	101,60	103,86	102,33	101,34	101,29	101,57	99,98	100,26	106,20	101,79	103,44	105,21	106,20
2011	101,16	99,41	102,94	99,68	99,85	101,43	100,83	99,97	99,81	102,72	99,87	102,26	102,94
2012	100,13	99,64	99,22	100,46	101,12	101,19	99,78	99,09	101,71	104,93	105,71	102,66	105,71
2014	104,28	105,01	101,58	100,63	101,40	100,53	101,22	102,91	105,65	102,91	105,46	102,60	105,65
2015	101,29	102,57	103,00	100,55	102,11	99,83	99,67	99,53	100,19	106,49	100,45	99,53	106,49
2016	103,01	103,69	102,51	99,89	101,19	100,93	99,53	99,57	99,27	100,83	101,85	100,11	103,69
2017	102,33	101,15	101,25	101,35	100,41	100,37	99,87	98,93	103,29	99,85	102,15	104,95	104,95
2018	102,15	100,25	103,63	101,75	100,55	102,93	100,21	101,25	100,15	100,57	101,23	100,29	103,63
2019	99,99	102,37	99,53	100,23	106,09	101,47	100,03	99,57	100,01	100,79	104,23	101,47	106,09
Grand Total	106,74	105,33	106,01	106,06	106,09	105,43	105,95	105,63	106,20	107,31	107,54	106,32	107,54



Slika 4.3. Vrijednosti maksimuma u studenom (1979.-2019.)



Slika 4.4. Trend maksimalne vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini (1979.-2019.)

Tablica 4.4. Linearna regresija (t-test) za vrijednosti maksimuma vodostaja

Mjesec	Broj podataka	P vrijednost	Značajnost	Trend
1	39	4,18E-03	statistički značajno	silazan
2	39	1,53E-01	statistički neznačajno	silazan
3	39	2,29E-03	statistički značajno	silazan
4	40	4,97E-08	statistički značajno	silazan
5	40	8,60E-04	statistički značajno	silazan
6	40	6,01E-06	statistički značajno	silazan
7	40	4,64E-06	statistički značajno	silazan
8	40	3,50E-05	statistički značajno	silazan
9	40	3,99E-03	statistički značajno	silazan
10	40	5,61E-03	statistički značajno	silazan
11	40	1,16E-02	statistički značajno	silazan
12	40	9,83E-04	statistički značajno	silazan
Godišnja	40	2,24E-03	statistički značajno	silazan

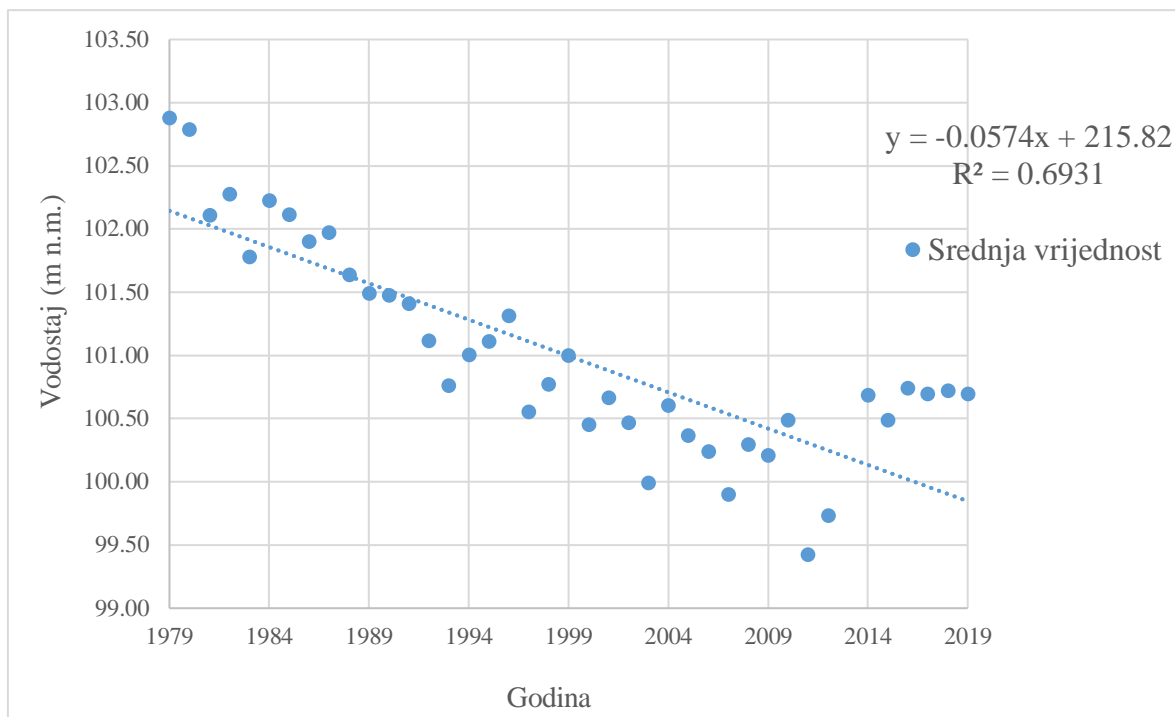
4.1.3. Srednje vrijednosti vodostaja

Srednje vrijednosti vodostaja od 1979. do 2019. godine prikazani su u tablici 4.5.

Slika 4.5. prikazuje trend na godišnjoj razini. Dobivene vrijednosti t-testa prikazane su u tablici 4.6. (p-vrijednost, statistička značajnost i priroda trenda). Vidljiv je silazan, statistički značajan trend na mjesečnoj i godišnjoj razini. P-vrijednost je prikazana u znanstvenom zapisu zbog jednostavnosti prikaza.

Tablica 4.5. Srednje vrijednosti vodostaja

Avg Mjeseci	Godine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Grand Total
1979					103,39	103,30	102,71	102,69	102,29	102,29	102,36	104,05	103,06	102,88
1980		102,55	102,93	102,28	102,53	102,82	102,59	102,89	101,81	102,07	103,98	103,91	103,11	102,79
1981		101,98	101,84	103,22	101,99	102,60	102,61	101,75	101,32	101,74	102,29	101,59	102,32	102,11
1982		102,87	101,29	101,72	102,08	102,46	102,39	101,59	101,50	101,62	103,28	102,77	103,64	102,28
1983		102,15	101,70	102,97	102,58	101,94	101,64	101,22	101,15	101,43	101,60	101,07	101,97	101,79
1984		102,10	102,11	102,68	103,32	102,65	102,12	102,13	101,44	101,85	102,61	101,82	101,96	102,23
1985		102,10	102,01	103,00	103,13	103,19	102,90	101,74	101,38	101,07	100,73	101,92	102,27	102,13
1986		102,13	101,50	102,70	103,06	102,08	103,14	101,45	101,38	101,61	101,24	101,31	101,34	101,91
1987		101,14	102,49	102,04	102,59	102,27	101,86	101,24	101,75	101,10	102,16	102,97	102,18	101,98
1988		101,59	102,26	102,02	102,15	101,80	102,09	101,21	101,24	101,79	101,50	100,91	101,18	101,64
1989		100,62	100,66	101,68	101,86	101,95	101,48	102,14	101,84	101,66	101,17	101,53	101,33	101,50
1990		101,02	101,06	100,93	102,09	101,02	101,85	101,13	100,64	100,82	101,73	103,27	102,21	101,48
1991		101,66	101,05	101,38	101,34	102,70	101,61	100,96	100,55	100,27	101,26	102,94	101,20	101,41
1992		100,46	100,82	101,00	101,70	100,97	100,83	100,19	99,99	100,05	102,16	102,99	102,37	101,12
1993		100,65	100,10	100,04	100,57	100,06	99,92	99,84	99,71	100,69	102,97	102,07	102,45	100,76
1994		102,25	100,83	100,61	101,76	100,75	101,06	100,22	100,21	100,97	101,27	101,55	100,59	101,00
1995		101,79	101,60	102,74	101,11	101,08	101,31	100,46	100,24	101,58	100,04	100,21	101,26	101,11
1996		101,76	100,80	100,89	101,78	101,38	100,64	101,31	100,51	100,87	101,84	102,07	101,95	101,32
1997		101,14	100,99	100,47	100,31	100,47	100,53	100,35	100,02	99,82	99,57	100,94	102,05	100,55
1998		100,62	99,71	99,85	100,65	100,23	100,03	100,85	100,05	101,41	102,76	102,31	100,76	100,77
1999		100,86	100,99	101,52	101,88	101,63	100,85	100,89	100,30	100,23	100,71	100,31	101,82	101,00
2000		100,14	100,10	100,19	100,61	99,95	99,76	99,89	99,47	99,39	100,80	103,55	101,62	100,45
2001		102,18	100,95	102,14	101,50	100,45	100,47	99,86	99,49	100,77	100,28	100,23	99,72	100,67
2002		99,74	100,27	100,20	100,79	100,29	100,00	99,99	100,69	100,05	101,06	101,26	101,30	100,47
2003		100,80	100,19	100,34	100,30	99,77	99,55	99,53	99,32	99,32	100,03	100,67	100,13	100,00
2004		100,45	100,08	101,37	101,79	100,78	100,39	100,22	99,63	99,72	101,16	101,26	100,40	100,60
2005		99,98	99,66	100,13	100,84	100,31	99,55	100,25	100,82	100,39	101,00	100,04	101,33	100,37
2006		100,16	100,29	101,43	100,95	100,80	100,57	99,51	100,10	100,02	99,66	99,51	99,86	100,24
2007		99,87	100,40	100,65	99,79	99,42	99,40	99,34	99,16	100,25	100,61	100,02	99,98	99,90
2008		99,97	99,80	100,49	101,11	100,17	100,61	100,04	99,98	99,37	99,44	100,40	102,17	100,30
2009		100,52	101,16	100,41	101,19	100,15	99,97	100,06	99,33	99,50	99,31	99,87	101,12	100,21
2010		100,34	100,61	100,66	100,21	100,21	100,00	99,23	99,52	101,37	100,59	101,27	101,92	100,49
2011		100,19	99,27	99,78	99,31	99,27	99,82	99,25	99,06	98,86	99,46	99,12	99,66	99,42
2012		99,24	98,86	98,83	99,49	99,68	99,58	99,18	98,86	99,89	100,48	101,76	100,96	99,73
2014		101,16	102,84	100,44	99,97	100,09	99,51	99,88	100,33	101,79	100,01	101,83	100,63	100,69
2015		100,04	100,37	100,19	99,68	99,83	99,49	99,31	99,21	99,56	101,10	99,58	99,15	99,92
2016		99,77	101,36	100,84	99,61	100,25	100,06	99,35	99,28	99,06	99,39	100,60	99,39	99,90
2017		99,36	99,97	99,89	99,42	99,62	99,30	99,12	98,80	100,56	99,50	100,56	101,56	99,79
2018		100,65	99,93	101,45	100,54	99,54	99,89	99,51	99,27	99,53	99,21	99,95	99,48	99,91
2019		99,14	100,14	99,38	99,76	100,57	99,97	99,43	99,22	99,32	99,47	101,65	100,31	99,86
Grand Total		101,00	100,88	101,15	101,30	101,06	100,90	100,59	100,38	100,68	101,12	101,48	101,42	101,00



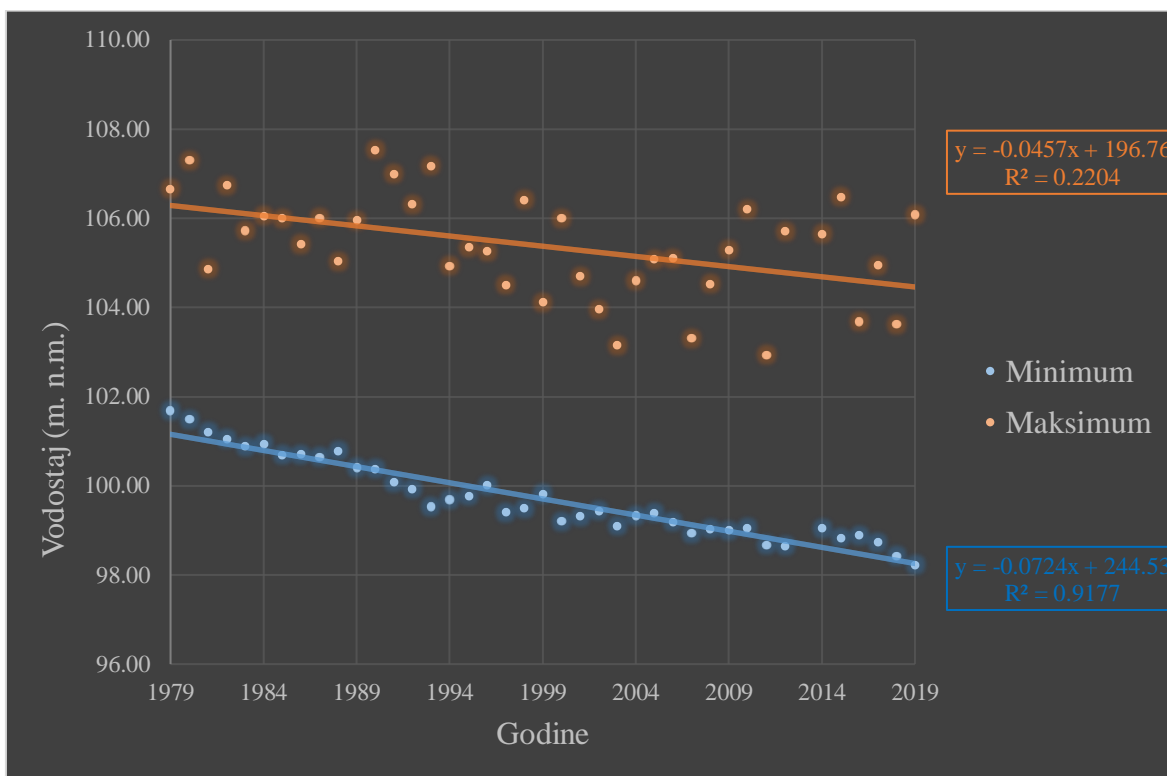
Slika 4.5. Trend srednje vrijednosti na godišnjoj razini (1979. - 2019.)

Tablica 4.6. Linearna regresija (t-test) za srednje vrijednosti vodostaja

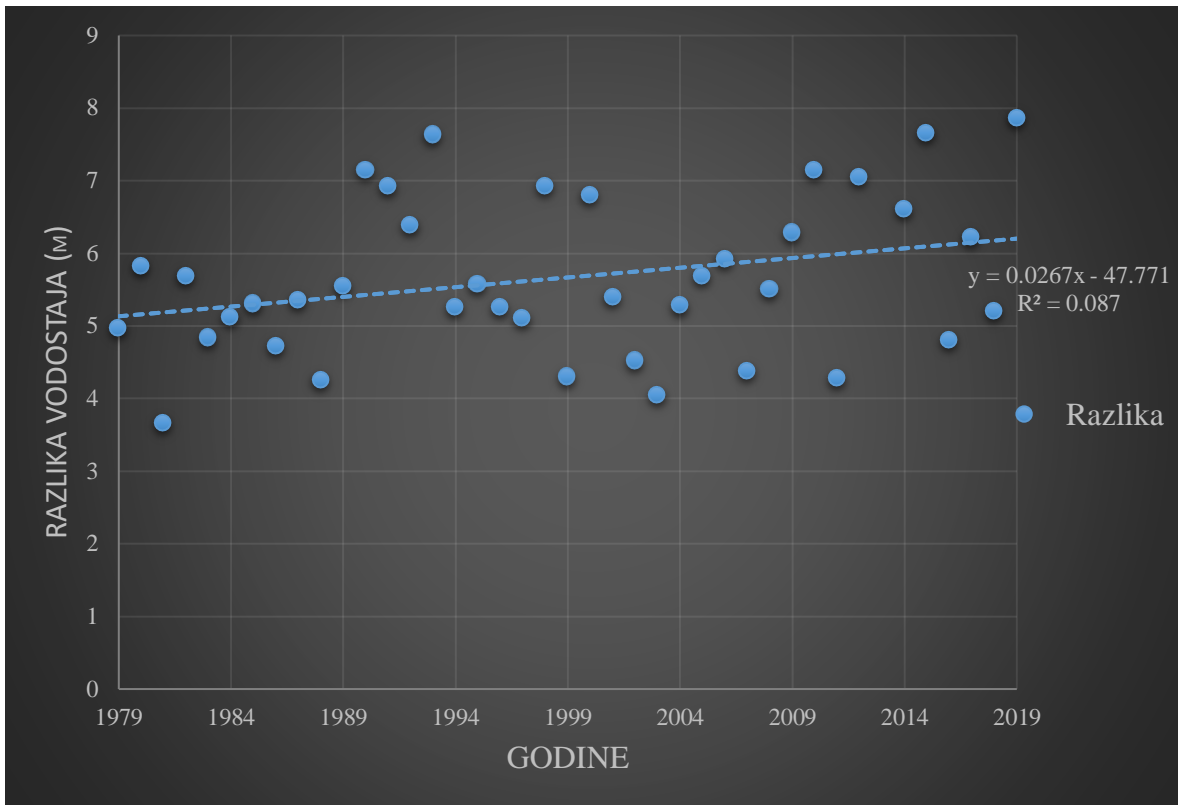
Mjesec	Broj podataka	P vrijednost	Značajnost	Trend
1	39	1,64E-09	statistički značajno	silazan
2	39	8,01E-05	statistički značajno	silazan
3	39	3,01E-07	statistički značajno	silazan
4	40	5,54E-13	statistički značajno	silazan
5	40	2,19E-12	statistički značajno	silazan
6	40	1,49E-13	statistički značajno	silazan
7	40	1,66E-14	statistički značajno	silazan
8	40	1,21E-12	statistički značajno	silazan
9	40	2,31E-07	statistički značajno	silazan
10	40	5,44E-09	statistički značajno	silazan
11	40	3,84E-05	statistički značajno	silazan
12	40	2,05E-07	statistički značajno	silazan
Godišnja	40	2,74E-11	statistički značajno	silazan

4.2. Usporedba maksimuma i minimuma na godišnjoj razini

Na slici 4.6. prikazana je usporedba trendova minimalnih i maksimalnih vrijednosti vodostaja. Trend i minimuma i maksimuma je silazan i analizom je određeno da su statistički značajni. Trend razlike minimuma i maksimuma prikazan je na slici 4.7. Trend mu je uzlazan i u okviru regresijske analize nalazi se t-test pomoću kojeg je određen kao statistički neznačajan.



Slika 4.6. Usporedba trendova maksimuma i minimuma (1979. - 2019.)



Slika 4.7. Trend razlike maksimuma i minimuma (1979. - 2019.)

5. Zaključak

Za potrebe ovog rada korišten je Microsoft Office Excel kako bi pomoću regresijske analize i t-testa odredili statističku značajnost za maksimum, minimum i srednju vrijednost vodostaja. Podaci su iz razdoblja od 1979. do 2019. i dobiveni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda.

S obzirom na dobivene rezultate, točnije usporedbu minimalnih i maksimalnih vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini, može se primijetiti da se i minimalne i maksimalne vrijednosti vodostaja smanjuju. Kod izračuna razlike između minimuma i maksimuma vidljivo je da dolazi do rasta trenda (tablica 4.7.), što ukazuje na sve jači utjecaj klimatskih promjena i ekstremnih klimatoloških događaja, poput razdoblja sve jače suše, ali i sve jačih i intenzivnijih oborina. Vrijednosti maksimuma imaju veću raspršenost od vrijednosti minimuma, što se može usporediti na slikama 4.2. i 4.4., pa se linearna funkcija puno bolje može procijeniti za minimalne vrijednosti.

Trendove vodostaja važno je proučavati jer daje kompletnu sliku stanja nekog vodotoka. Sa aspekta zaliha podzemne vode zagrebačkog vodonosnika, vodostaje je bitno proučavati kako bi se dobio uvid u režim i stanje podzemne vode na određenom području. Također, vodoopskrba Grada Zagreba ovisi o zagrebačkom vodonosniku, tj. o zalihama podzemnih voda navedenog vodonosnika. Izuzetno je bitno proučavati i pratiti kretanja vodostaja rijeke Save jer su vodonosnik i rijeka Sava povezani.

6. Literatura

BASCH, O. (1980): Tumač osnovne geološke karta 1:100.000 list Ivanić Grad L 33–81. Institut za geološka istraživanja Zagreb , Savezni geološki zavod, Beograd.

POSAVEC, K. (2006): Identifikacija i prognoza minimalnih razina podzemne vode zagrebačkoga aluvijalnog vodonosnika modelima recesijskih krivulja. Doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

BAČANI, A. i POSAVEC, K. (2009): Vodoistražni radovi za potrebe implementacije Okvirne direktive o vodama u dijelu koji se odnosi na kvantitativno stanje vodana zagrebačkom i samoborskom području: stručni elaborat, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

PARLOV, J., NAKIĆ, Z., POSAVEC, K., BAČANI, A. (2012): Origin and dynamics of aquifer recharge in Zagreb area. The Fifth International Scientific Conference on Water, Climate and Environment, BALWOIS 2012.

VELIĆ, J. i DURN, G. (1993): Alternating Lacustrine-Marsh Sedimentation and Subaerial Exposure Phases during Quaternary: Prečko, Zagreb, Croatia. *Geologica Croatica*, vol. 46, no1, p. 71-90.

WEB izvori:

1. PROMETNA ZONA, Rijeka Sava

URL:

<https://www.prometna-zona.com/sava/> (24.8.2021.)

2. GEOPORTAL, Postaja Kosnica

URL:

<https://geoportal.dgu.hr/> (20.8.2021)

3. INVESTOPEDIA, t-test

URL:

<https://www.investopedia.com/terms/t/t-test.asp> (26.8.2021.)

4. SIMPLY PSYCHOLOGY, t-test

URL:

<https://www.simplypsychology.org/p-value.html> (28.8.2021.)

5. STATISTICS HOW TO, Regresijska analiza

URL:

<https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/regression-analysis/find-a-linear-regression-equation/> (29.8.2021.)