

Izračun trendova vodostaja rijeke Save na području grada Siska

Radočaj, Karla

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:008542>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Karla Radočaj

Izračun trendova vodostaja rijeke Save na području grada Siska

Seminar III
Preddiplomski studij geologije

Mentor:
doc. dr. sc. Zoran Kovač

Zagreb, 2022. godina.

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Seminar III

IZRAČUN TRENOVA VODOSTAJA RIJEKE SAVE NA PODRUČJU GRADA SSKA

Karla Radočaj

Rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek
Horvatovac ul. 102a

Sažetak:

Cilj završnog rada je izračun trendova vodostaja rijeke Save na području grada Siska na temelju podataka dobivenih od Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ). Podaci su dnevne vrijednosti vodostaja od 1993. do 2020. godine bez 2015. godine te srpnja, kolovoza i rujna 2017. godine. Podaci su dobiveni s hidrološke postaje Strelečko na području Sisačko-moslavačke županije. Podaci su analizirani u programu Microsoft Office Excel. Izračunati su trendovi za maksimalne, minimalne i srednje vrijednosti vodostaja i statistička značajnost te su grafički prikazani.

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

Rad sadrži: 29 stranica, 15 slika, 6 tablica, 11 referenci

Jezik izvornika: Hrvatski jezik

Rad je pohranjen u: Središnja geološka knjižnica, Geološki odsjek, PMF

Mentor: doc. dr. sc. Zoran Kovač

Ocjenjivači: doc. dr. sc. Zoran Kovač

doc. dr. sc. Maja Martinuš

doc. dr. sc. Hana Fajković

Datum završnog ispita: 22.09.2022.

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Geološke i hidrogeološke značajke	2
2.1. Hidrološka postaja Strelečko	2
2.2. Geološke značajke	4
2.3. Hidrogeološke značajke	6
3. Metodologija	7
3.1. Regresijska analiza	7
3.2. Studentov test	9
3.3. Obrada podataka	10
4. Rezultati	11
4.1. Vrijednosti vodostaja	11
4.1.1. Minimalne vrijednosti vodostaja	11
4.1.2. Maksimalne vrijednosti vodostaja	15
4.1.3. Srednje vrijednosti vodostaja	18
4.2. Usporedba maksimuma i minimuma na godišnjoj razini	21
5. Zaključak	23
6. Literatura	24

POPIS SLIKA

Slika 2.1. Lokacija hidrološke postaje Strelečko	2
Slika 2.2. Poprečni presjek korita rijeke Save na hidrološkoj postaji Strelečko	3
Slika 2.3. Položaj hidrološke postaje Strelečko na OGK List Sisak (Pikija, 1986.)	5
Slika 2.4. Isječak tokova rijeka u okolici grada Siska	6
Slika 3.1. Dijagram raspršenosti za minimalne vrijednosti vodostaja	8
Slika 4.1. Vrijednosti vodostaja u kolovozu 1988. godine	12
Slika 4.2. Trend minimalne vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini (1993. – 2020.)	13
Slika 4.3. Trend minimalne vrijednosti vodostaja za siječanj (1993. – 2020.)	13
Slika 4.4. Vrijednosti vodostaja u prosincu 2010. godine	16
Slika 4.5. Vrijednost maksimuma vodostaja u prosincu (1993. – 2020.)	16
Slika 4.6. Trend maksimalne vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini (1993. – 2020.)	17
Slika 4.7. Trend srednje vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini (1993. – 2020.)	19
Slika 4.8. Trend srednje vrijednosti vodostaja za veljaču (1993. – 2020.)	19
Slika 4.9. Usporedba trendova minimuma i maksimuma (1993. – 2020.)	22
Slika 4.10. Trend razlike maksimuma i minimuma (1993. – 2020.)	22

POPIS TABLICA

Tablica 4.1. Minimalne vrijednosti vodostaja (m n.m.)	12
Tablica 4.2. Linearna regresija (t-test) za minimalne vrijednosti vodostaja	14
Tablica 4.3. Maksimalne vrijednosti vodostaja (m n.m.)	15
Tablica 4.4. Linearna regresija (t-test) za maksimalne vrijednosti vodostaja	17
Tablica 4.5. Srednje vrijednosti vodostaja (m n.m.)	18
Tablica 4.6. Linearna regresija (t-test) za srednje vrijednosti vodostaja	20

1. Uvod

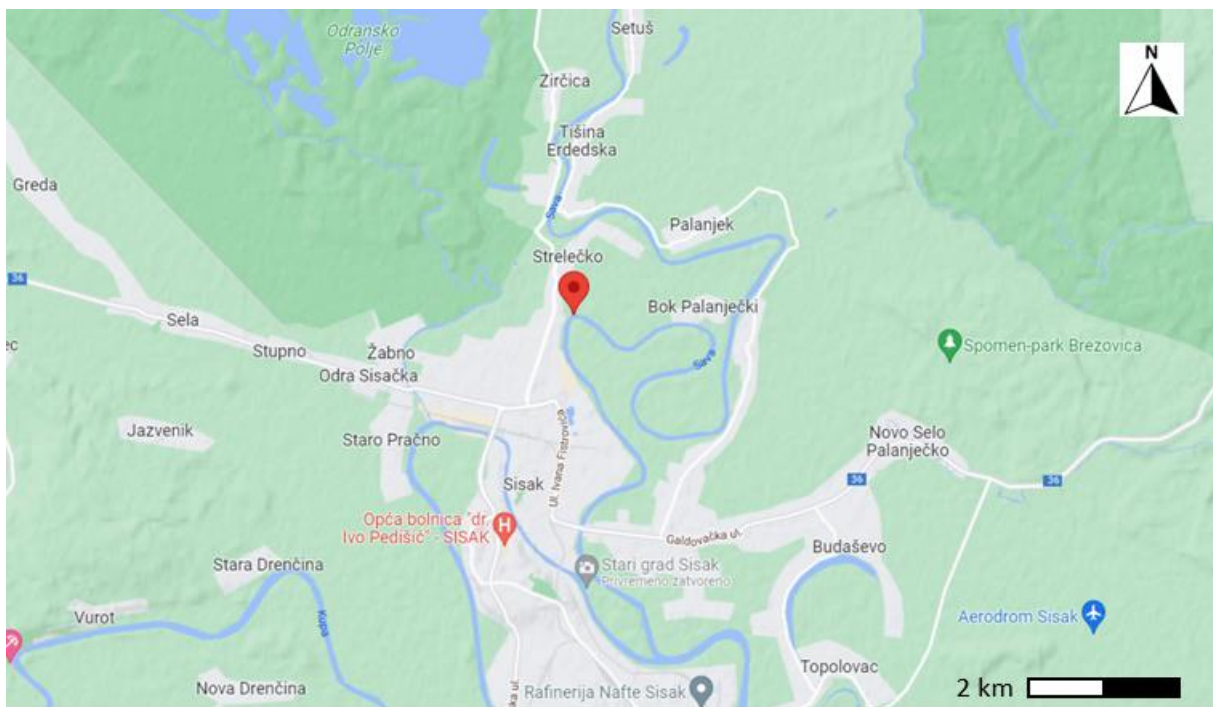
U okviru završnog rada obrađeni su podaci o dnevnim vrijednostima vodostaja s hidrološke postaje Strelečko u Sisačko-moslavačkoj županiji u razdoblju od 1993. do 2014. te od 2016. do 2020. godine. Podaci su dobiveni od Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ).

Cilj rada bio je izračun trendova vodostaja rijeke Save na području grada Siska. Obrada podataka je odrađena u programu Microsoft Office Excel, a pritom su korištene linearna regresijska analiza i Studentov t-test za dobivanje statističke značajnosti. Trendovi su računati za minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti vodostaja na mjesečnoj i godišnjoj razini.

2. Geološke i hidrogeološke značajke

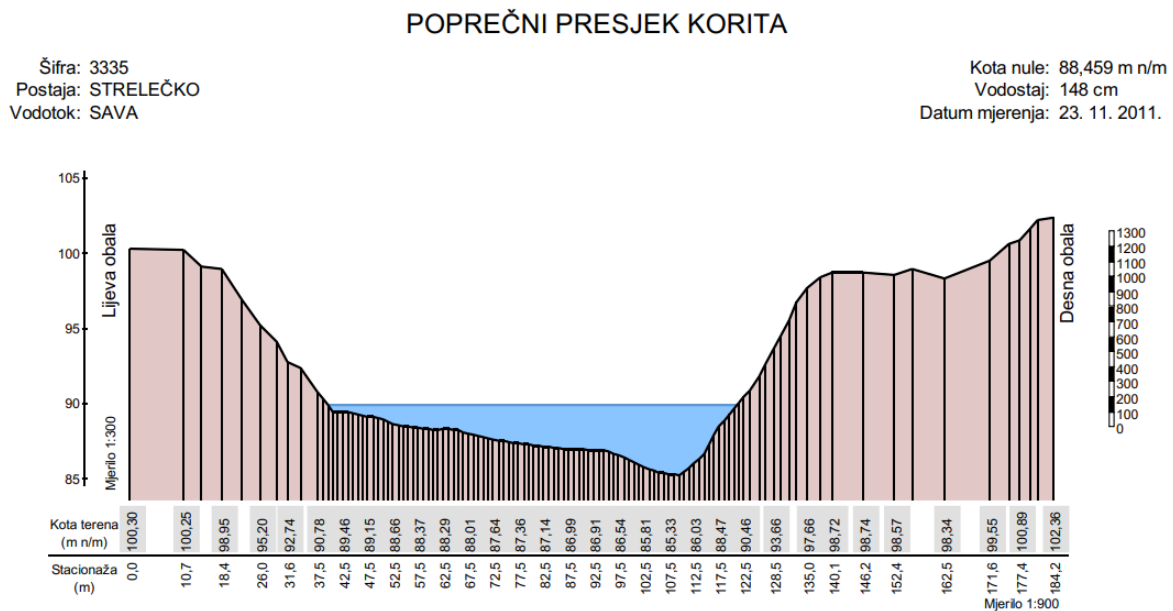
2.1. Hidrološka postaja Strelečko

Hidrološka postaja Strelečko (slika 2.1.) nalazi se na području naselja Strelečko u okolici grada Siska u Sisačko-moslavačkoj županiji. Započela je s radom 21.05.1986. Vodostaj je mjereno od 1987. do 2014. te od 2016. do 2020. godine. Podaci za 2015. godinu te razdoblje od srpnja do rujna 2017. godine nisu ustupljeni zbog tehničkih problema na postaji. Do 2015. godine su mjereni ručno, dok je od 2016. godine postavljen limnigraf. Limnigraf je uređaj koji se koristi za kontinuirano mjerenje razine vode te bilježenje izmjerenih vrijednosti.



Slika 2.1. Lokacija hidrološke postaje Strelečko ([Google maps](#))

Na hidrološkoj postaji Strelečko mjeri se vodostaj rijeke Save. Rijeka Sava izvire u Julijskim Alpama u Sloveniji. Sava je dugačka 946 km te ima porječje od 95 835 km². Porječju Save pripada 44,7% teritorija Hrvatske. Nastala je spajanjem dva pritoka: Save Dolinke i Save Bohinjke. Zajedno s dužim pritokom – Savom Dolinkom, tok Save iznosi 990 km te ju to čini najznačajnijom i najduljom pritokom Dunava. U Savu utječe većina tokova s dinarskog područja. Neki od najvažnijih desnih pritoka Save su Kupa, Krka, Ljubljanka, Drina, Una, Bosna i Kolubara, a lijevih su Sutla, Krapina, Orljava, Lonja i Bosut. Nakon utjecanja Save, Dunav nastavlja svoj tok prema Crnome moru. Sava je za veće brodove plovna pri srednjem vodostaju od Siska do ušća u Dunav. Slika 2.2. prikazuje poprečni presjek korita rijeke Save na hidrološkoj postaji Strelečko dana 23.11.2011. Kota nule vodostaja iznosi 88,459 m n.m. (dinarskogorje.com, enciklopedija.hr).



Slika 2.2. Poprečni presjek korita rijeke Save na hidrološkoj postaji Strelečko (meteo.hr)

2.2. Geološke značajke

Za prikaz geološke građe područja na kojemu se nalazi hidrološka postaja Strelečko upotrijebljena je Osnovna geološka karta mjerila 1:100 000 – list Sisak (PIKIJA, 1986). List Sisak obuhvaća prostor od 1448 km². Postaja Strelečko nalazi se na SI dijelu lista koji pripada dolini rijeke Save. To je ravničarsko, močvarno područje čija je nadmorska visina oko 100 metara.

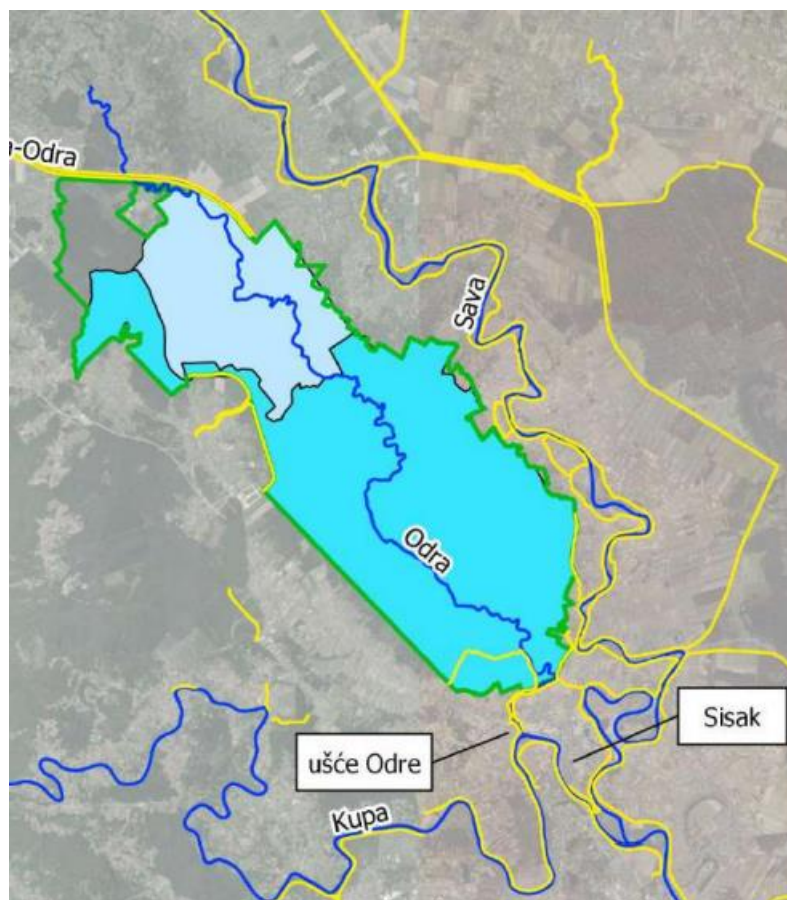
Najstarije stijene na ovom području otkrivene su prilikom istražnih bušenja, a to su metamorfne stijene nastale tijekom hercinske orogeneze. Najstarije stijene nađene na površini su sedimentne i magmatske stijene iz razdoblja gornje krede. Među sedimentnim stijenama su dominantni glinoviti vapnenci tipa *Scaglia*, dok su rezultat vulkanske aktivnosti spiliti i tufovi. Tijekom paleocena talože se klastiti nastali različitim mehanizmima transporta.

Nakon paleocena dolazi do emerzije tijekom koje se tektonskim pokretima formira dolina rijeke Save. Traje do miocena kada se prvo počinju taložiti krupnozrnastiji klastiti aluvijalnog porijekla i sitnozrnasti klastiti. Na njih su taloženi vapnenci i lapori unutar kojih su smještena pješčana tijela različitih dimenzija. Postepeno dolazi do taloženja lapora i pješčenjaka na koje se pak talože paludinske naslage. Paludinske naslage sačinjavaju gline, pijesci i šljunci, a prisutni su i slojevi ugljena (ŠORŠA i sur., 2015). Uz to vrijeme vezana je značajna tektonska aktivnost kojom se formiraju suvremeni reljef i riječna mreža. Tijekom pleistocena se na području doline rijeke Save taloži serija značajne debljine u kojoj se izmjenjuju krupnozrnasti klastiti aluvijalnog porijekla i močvarni prapor. U holocenu dolazi do taloženja aluvijalnih i jezerskih sedimenata.

2.3. Hidrogeološke značajke

Grad Sisak smješten je u jugoistočnom dijelu središnje Hrvatske na mjestu utoka rijeke Odre u Kupu i Kupe u Savu (slika 2.4.). Na tom području nalaze se pretežno aluvijalni sedimenti koji su posljedica blizine rijeka Save i Kupe te njihovih pritoka. Sastavljeni su od šljunka, pijeska, gline i mulja, a njihovo taloženje prisutno je i danas. Područje grada Siska je uglavnom ravničarsko te su posljedica toga zavojita korita rijeka i miran tok (ŠORŠA, 2014).

Najviši vodostaji rijeka bilježe se u kasnu jesen i rano proljeće, a najniži tijekom ljeta i u siječnju. Dubina do podzemne vode varira od 70 cm pa sve do 7 m, ovisno o vrsti terena te vodostaju Save i Kupe. Visok vodostaj Kupe utječe na normalno otjecanje rijeke Odre što uzrokuje plavljenje Odranskog polja. Sve tri rijeke sklone su plavljenju okolnog terena. Grad Sisak i prigradska naselja pitkom vodom opskrbljuje rijeka Kupa te bunari u vodozaštitnom području uz Kupu (sisak.hr).



Slika 2.4. Isječak tokova rijeka u okolici grada Siska (sisak.hr)

3. Metodologija

3.1. Regresijska analiza

Regresijska analiza je statistički postupak koji se koristi za određivanje odnosa između dvije ili više varijabli. Regresija se dijeli na dva modela. Jednostavni regresijski model predstavlja vezu između zavisne i jedne nezavisne varijable, a model višestruke regresije vezu između zavisne i dviju ili više nezavisnih varijabli.

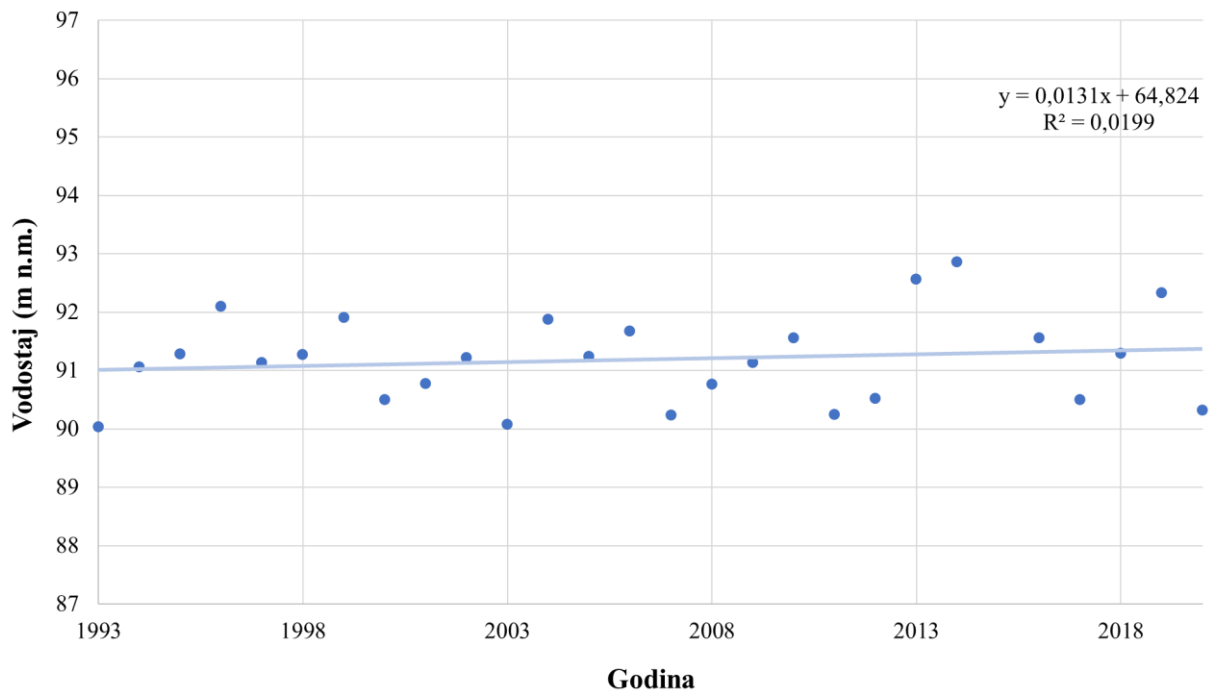
Linearna regresija ili jednostavni regresijski model je najčešće korišteni oblik regresije zbog svoje jednostavnosti, odnosno linearne zavisnosti između samo jedne nezavisne varijable (x) i jedne zavisne varijable (y).

Funkcija regresijske analize može se zapisati u obliku:

$$f(x)=\alpha+\beta x \quad (3.1)$$

gdje je β koeficijent regresije, a pravac $f(x)=\alpha+\beta x$ regresijski pravac (statisticshowto.com).

Za jasniji prikaz modela linearne regresije koristi se dijagram raspršenosti. Na slici 3.1. prikazan je dijagram raspršenosti za minimalne vrijednosti vodostaja u mjesecu svibnju za razdoblje od 1993. do 2020. godine na hidrološkoj postaji Strelečko.



Slika 3.1. Dijagram raspršenosti za minimalne vrijednosti vodostaja u svibnju od 1993. do 2020. na hidrološkoj postaji Strelečko

Regresijska analiza za potrebe ovog rada odrađena je u programu Microsoft Office Excel. Rezultat regresijske analize su podaci o p-vrijednosti, koeficijentu determinacije, standardnoj devijaciji, varijanci i drugi. P-vrijednost korištena je u svrhu određivanja statističke značajnosti, odnosno neznačajnosti rezultata. Koeficijent determinacije (R^2) je pokazatelj reprezentativnosti regresijskog modela. On pokazuje koliko je jaka veza između zavisne i nezavisne varijable te je model reprezentativniji što je koeficijent determinacije bliži broju jedan. Standardna devijacija je odstupanje podataka od srednje vrijednosti, a varijanca je kvadrirana standardna devijacija, odnosno kvadratno odstupanje podataka od srednje vrijednosti.

3.2. Studentov t-test

T-test je statistička metoda kojom se ispituje da li je razlika između dva uzorka statistički značajna na način da se usporede njihove aritmetičke sredine. Odnosno, t-test služi za provjeru hipoteze koja se donosi na početku istraživanja. Ako t-test pokaže da razlika među aritmetičkim sredinama nije statistički značajna, onda je hipoteza potvrđena, a ako je razlika statistički značajna, hipoteza je pogrešna. Temelji se na Studentovoj t-distribuciji koja je normalna distribucija za malen broj podataka.

Za određivanje statističke značajnosti nužan je podatak o p-vrijednosti. P-vrijednost je broj koji opisuje vjerojatnost da se podatak slučajno ponovi, a uobičajeno je zapisan u decimalnom obliku. Prilikom istraživanja zadovoljavajuća vrijednost je uglavnom svaka manja od 0,05 odnosno 5%. To znači da je vjerojatnost da je rezultat slučajan manja od 5%. Kada je p-vrijednost manja od 0,05 rezultat se smatra statistički značajnim, a kada je veća statistički neznačajnim (statisticshowto.com).

3.3. Obrada podataka

S obzirom na podatke dobivene od Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) izračunate su maksimalne, minimalne i srednje vrijednosti vodostaja na mjesečnoj i godišnjoj razini. Podaci su dnevne vrijednosti vodostaja u razdoblju od 1993. do 2014. te od 2016. do 2020. mjerene na hidrološkoj postaji Strelečko. Za 2015. godinu te srpanj, kolovoz i rujna 2017. godine podaci nisu dostupni.

Podaci o vodostajima dobiveni su u centimetrima. Nakon prebacivanja u metre pridodana im je kota nule koja iznosi 88,459 metara nad morem. Nove vrijednosti su u programu Microsoft Office Excel obrađene regresijskom analizom na godišnjoj i mjesečnoj razini. Iz podataka dobivenih regresijom određeni su trendovi vodostaja dok je studentovim t-testom testirana statistička značajnost.

Uz računske podatke obradom su dobiveni i grafički prikazi trendova za maksimalne, minimalne i srednje vrijednosti vodostaja na mjesečnoj i godišnjoj razini. Za potrebe istraživanja napravljeni su grafički prikazi za svaki mjesec pojedinačno te isti na godišnjoj razini. U radu su izdvojeni samo značajniji grafovi vodostaja, dok su ostali rezultati prikazani tablično.

4. Rezultati

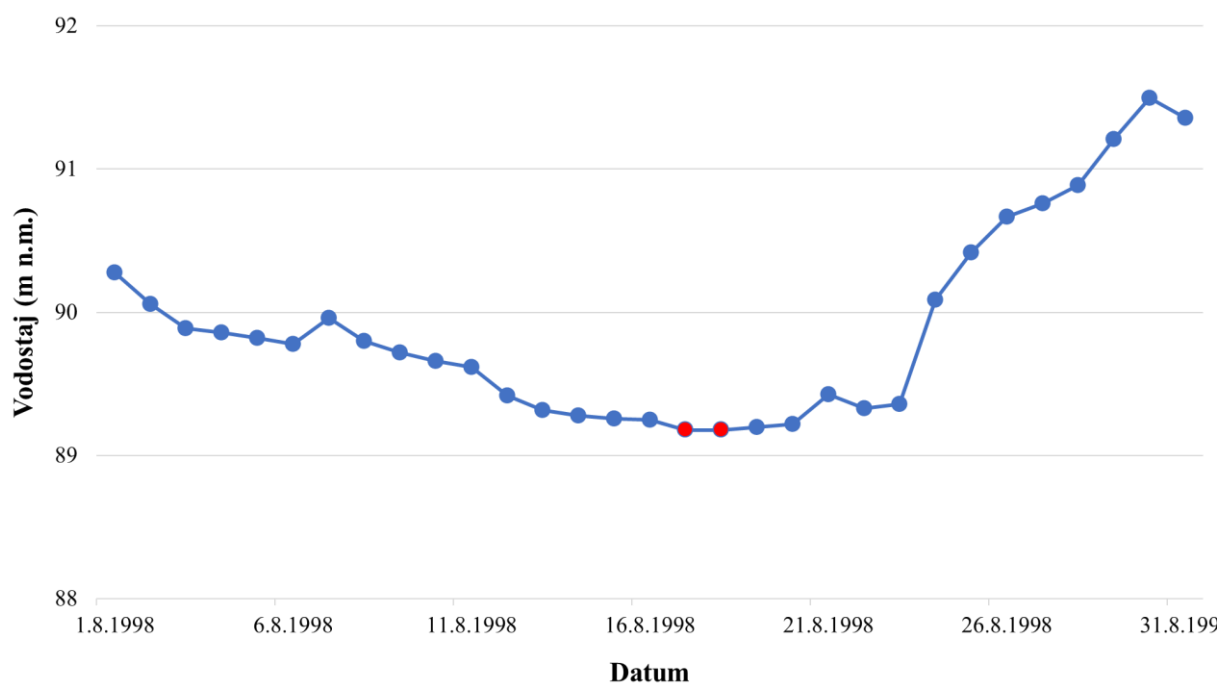
4.1. Vrijednosti vodostaja

4.1.1. Minimalne vrijednosti vodostaja

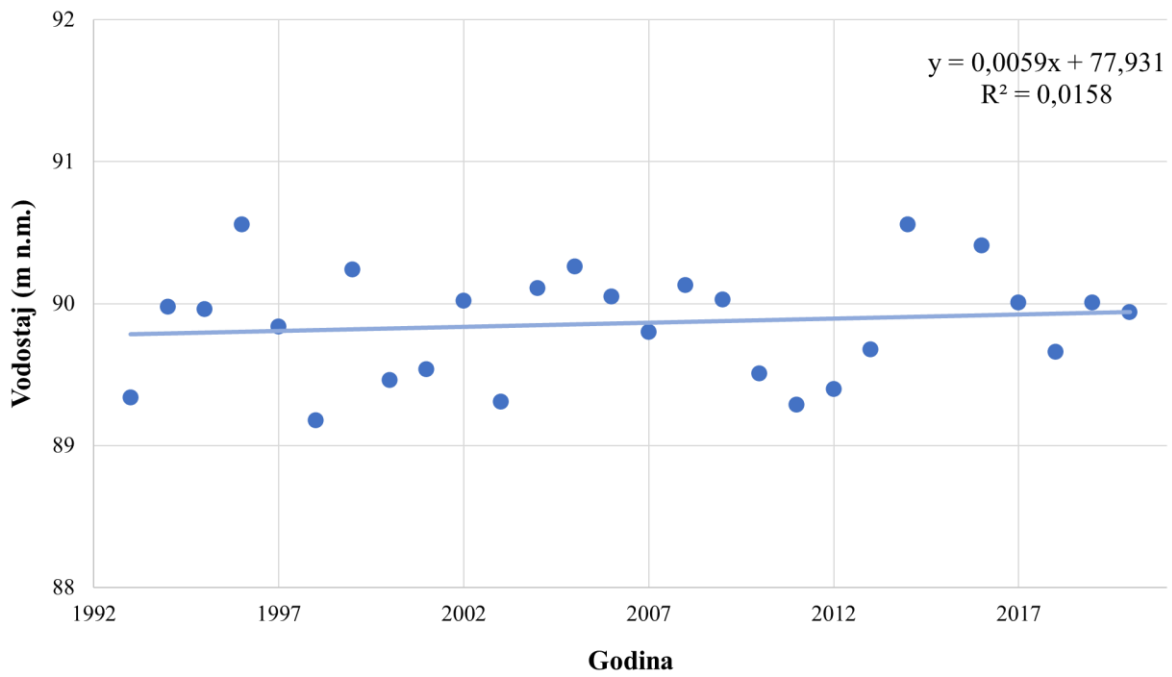
U tablici 4.1. su prikazani minimumi vodostaja od 1993. do 2020. godine. Za 2015. godinu te srpanj, kolovoz i rujan 2017. godine nisu dostupna mjerenja. Iz tog razloga broj podataka (n) za srpanj, kolovoz i rujan iznosi 26, dok za preostale mjesece iznosi 27. Najmanji minimum zabilježen je u kolovozu 1998. godine te iznosi 89,18 metara nad morem. Označen je crvenom bojom u tablici 4.1. te na slici 4.1. Slika 4.1. prikazuje vrijednosti vodostaja u kolovozu 1988. godine. Slika 4.2. prikazuje trend minimalne vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini dok su u tablici 4.2. prikazani rezultati t-testa za vrijednosti minimuma vodostaja. Iz tablice je vidljivo da je statistički značajan samo trend za siječanj, dok su ostali statistički neznčajni. Jedini statistički značajan silazni trend prikazan je na slici 4.3. P-vrijednost je prikazana u znanstvenom zapisu zbog jednostavnosti prikaza.

Tablica 4.1. Minimalne vrijednosti vodostaja (m n.m.)

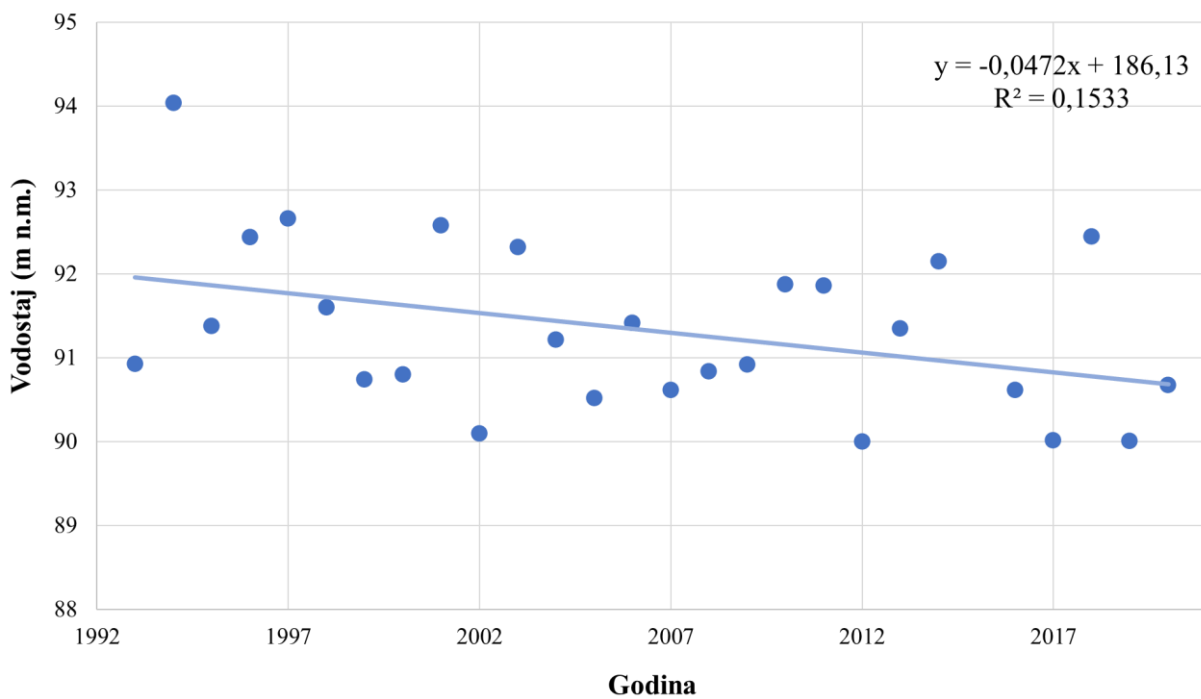
Godina	Mjesec												Godišnji minimum
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
1993	90,93	90,03	89,98	91,09	90,03	89,89	89,66	89,34	89,92	92,54	92,06	91,54	89,34
1994	94,04	91,64	90,82	91,30	91,06	91,08	90,08	89,98	90,42	90,44	91,02	90,62	89,98
1995	91,38	92,35	93,83	92,18	91,28	91,69	90,42	89,96	92,48	90,56	90,66	90,66	89,96
1996	92,44	91,82	91,46	92,94	92,10	90,62	90,98	90,84	90,56	93,06	91,56	93,21	90,56
1997	92,66	92,62	91,56	91,17	91,14	90,84	90,88	90,36	89,84	89,89	89,90	93,20	89,84
1998	91,60	90,98	90,60	90,40	91,27	90,64	89,84	89,18	90,00	92,32	92,13	90,66	89,18
1999	90,74	90,48	91,52	91,62	91,91	90,46	90,24	90,64	90,64	90,48	91,09	92,33	90,24
2000	90,80	91,56	90,84	91,54	90,50	89,66	89,68	89,46	89,50	89,58	90,54	92,22	89,46
2001	92,58	91,68	91,59	93,14	90,78	90,56	90,12	89,54	89,56	90,40	90,08	90,19	89,54
2002	90,10	90,86	90,36	90,10	91,22	90,19	90,02	90,24	90,08	90,98	92,12	92,79	90,02
2003	92,32	91,02	91,06	91,10	90,08	89,63	89,48	89,31	89,49	89,66	90,81	90,50	89,31
2004	91,22	90,98	91,92	95,29	91,88	91,40	90,69	90,32	90,11	90,56	91,74	91,18	90,11
2005	90,52	90,38	90,56	92,58	91,24	90,26	90,48	90,48	90,98	91,02	90,58	92,54	90,26
2006	91,42	90,67	92,98	93,42	91,67	90,87	90,06	90,20	90,44	90,33	90,05	90,50	90,05
2007	90,62	91,38	91,96	90,54	90,24	90,24	89,80	89,85	90,18	90,94	91,80	91,06	89,80
2008	90,84	90,62	90,50	92,84	90,77	90,96	90,50	90,46	90,16	90,13	91,19	91,56	90,13
2009	90,92	92,28	91,40	92,56	91,14	90,62	90,44	90,17	90,13	90,03	90,44	91,14	90,03
2010	91,88	91,62	94,38	91,84	91,56	90,86	89,51	90,26	90,16	92,61	93,14	95,66	89,51
2011	91,86	91,07	90,76	90,37	90,25	90,71	89,95	89,64	89,29	89,46	89,78	89,72	89,29
2012	90,00	89,74	89,86	89,76	90,52	90,26	89,88	89,40	89,59	90,30	91,86	92,76	89,40
2013	91,35	93,28	95,52	94,90	92,56	90,76	89,94	89,68	89,70	90,42	90,06	90,70	89,68
2014	92,15	93,66	93,14	92,16	92,86	90,56	90,76	90,93	94,16	91,56	93,24	92,86	90,56
2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	90,62	91,31	93,11	90,98	91,56	91,18	90,42	90,47	90,41	90,45	91,64	90,66	90,41
2017	90,02	90,11	90,65	90,27	90,50	90,01	-	-	-	90,36	90,49	93,54	90,01
2018	92,45	92,39	92,09	92,61	91,29	90,64	90,28	89,92	90,02	89,66	90,69	90,61	89,66
2019	90,01	90,84	90,56	90,81	92,33	90,96	90,16	90,08	90,23	90,06	90,21	93,83	90,01
2020	90,68	90,40	90,64	90,02	90,32	90,64	90,57	90,15	89,94	92,45	91,00	91,03	89,94



Slika 4.1. Vrijednosti vodostaja u kolovozu 1988. godine



Slika 4.2. Trend minimalne vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini (1993. – 2020.)



Slika 4.3. Trend minimalne vrijednosti vodostaja za siječanj (1993. – 2020.)

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

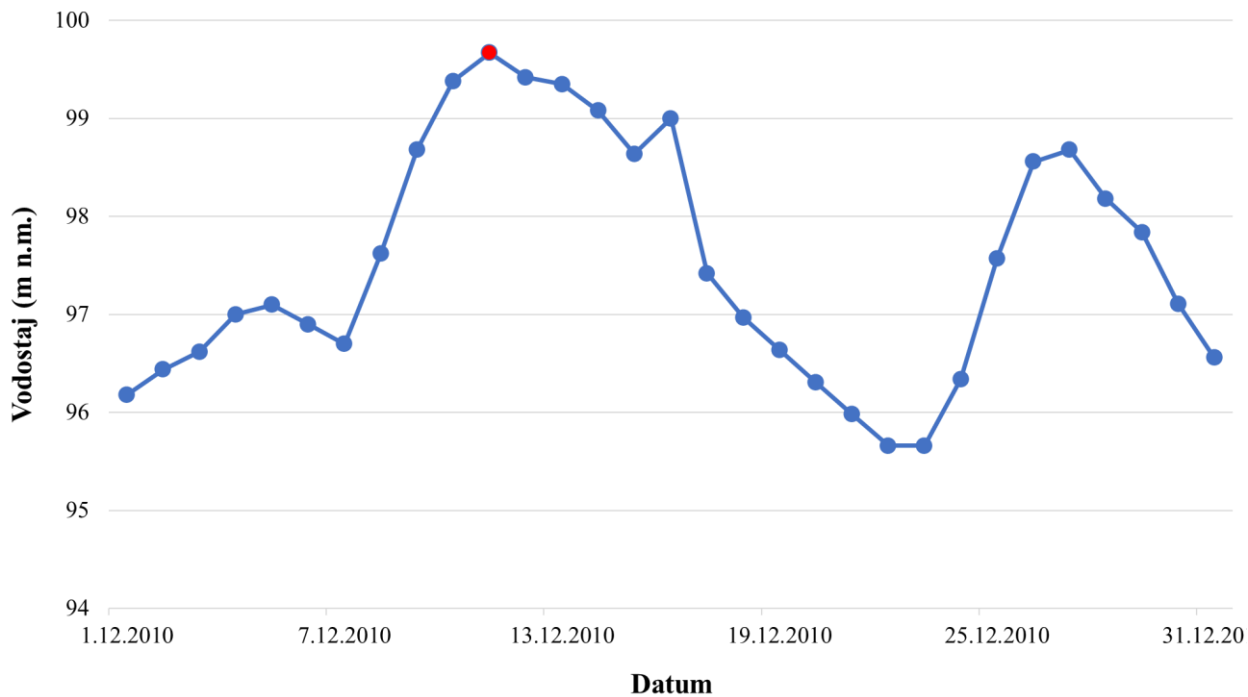
Mjesec	Broj podataka (n)	p - vrijednost	Značajnost	Trend
1.	27	4,34E-02	statistički značajno	silazan
2.	27	9,88E-01	statistički neznačajno	uzlazan
3.	27	4,51E-01	statistički neznačajno	uzlazan
4.	27	6,15E-01	statistički neznačajno	silazan
5.	27	4,83E-01	statistički neznačajno	uzlazan
6.	27	8,22E-01	statistički neznačajno	uzlazan
7.	26	7,59E-01	statistički neznačajno	uzlazan
8.	26	4,69E-01	statistički neznačajno	uzlazan
9.	26	9,94E-01	statistički neznačajno	uzlazan
10.	27	3,75E-01	statistički neznačajno	silazan
11.	27	8,33E-01	statistički neznačajno	silazan
12.	27	5,87E-01	statistički neznačajno	uzlazan
Godišnja	27	5,32E-01	statistički neznačajno	uzlazan

4.1.2. Maksimalne vrijednosti vodostaja

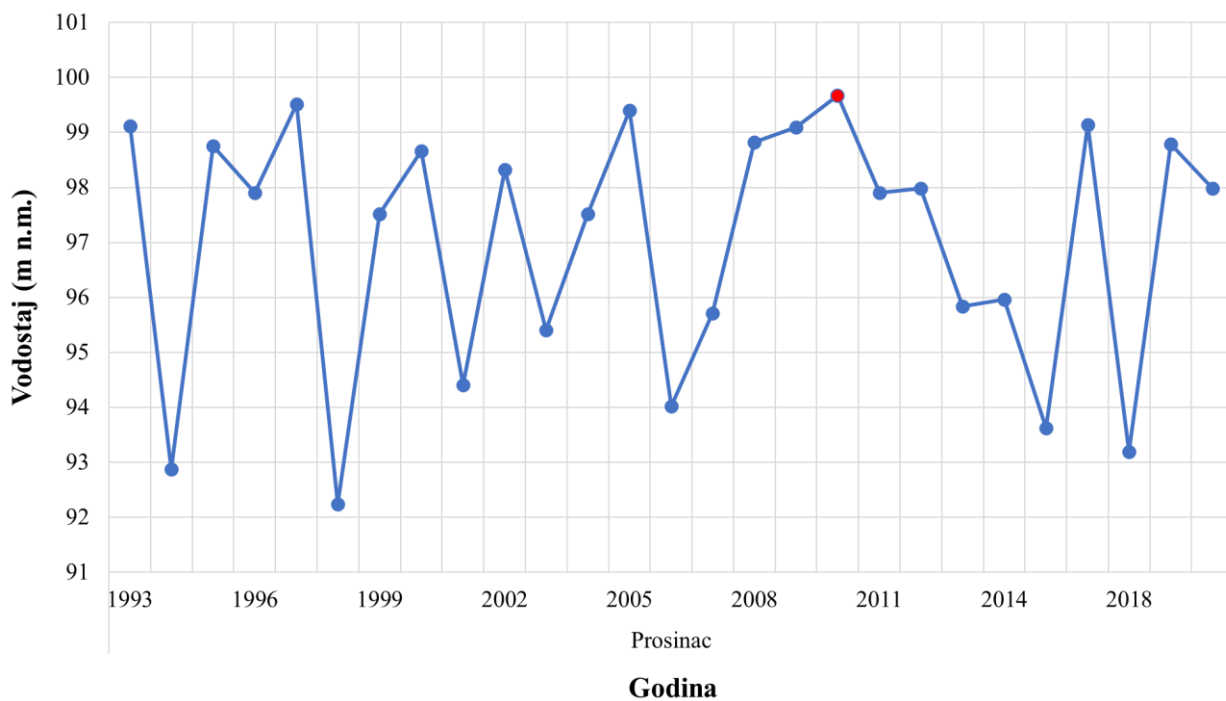
Na mjesečnoj i godišnjoj razini su izračunati trendovi za maksimume vodostaja od 1993. godine do 2020. godine. U tablici 4.3. su vidljive maksimalne vrijednosti vodostaja. Najveći maksimum zabilježen je u prosincu 2010. godine te iznosi 99,67 metara nad morem. Crvenom bojom je označen u tablici 4.3. te na slikama 4.4. i 4.5. Slika 4.4. prikazuje vrijednosti vodostaja u prosincu 2010. godine, a slika 4.5. vrijednosti maksimuma vodostaja u prosincu od 1993. do 2020. godine. Slika 4.6. prikazuje trend maksimalne vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini, a tablica 4.4. rezultate t-testa za vrijednosti maksimuma vodostaja. Iz tablice 4.4. je vidljivo da su svi izračunati trendovi statistički neznačajni.

Tablica 4.3. Maksimalne vrijednosti vodostaja (m n.m.)

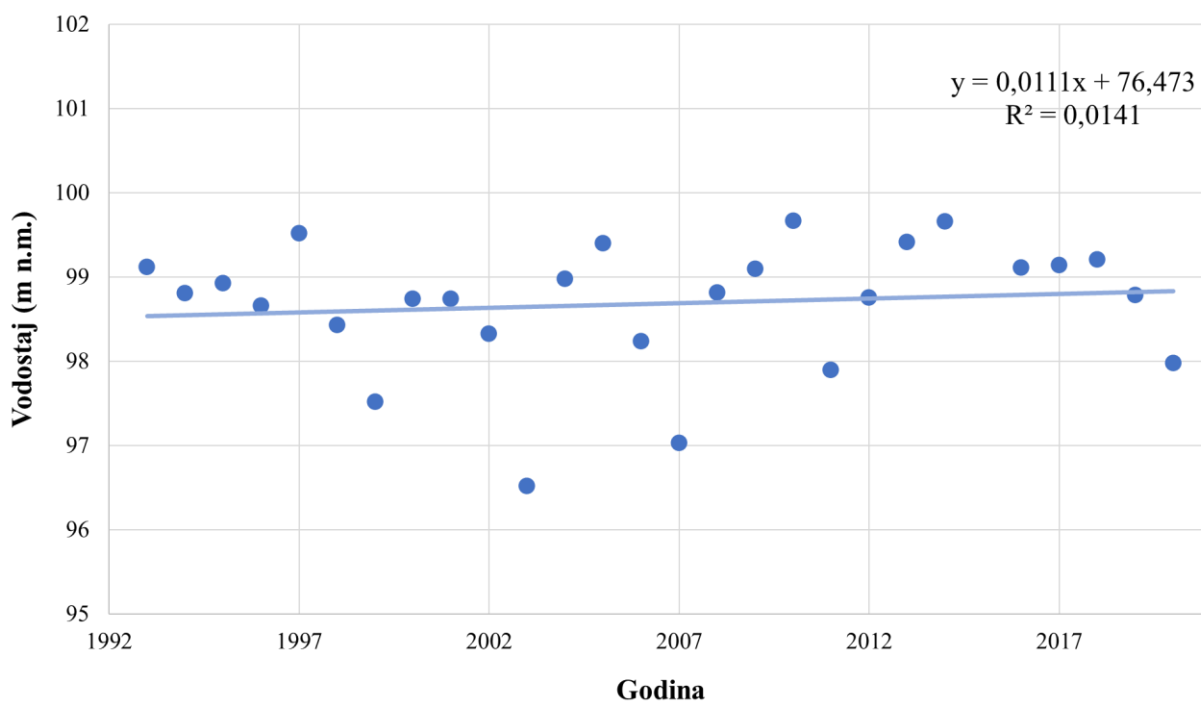
Godina	Mjesec												Godišnji maksimum
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
1993	93,16	90,76	92,58	96,58	90,98	91,82	90,52	90,42	93,38	98,46	95,92	99,12	99,12
1994	98,81	95,02	94,84	97,46	92,80	96,71	91,54	92,55	93,86	97,26	96,62	92,88	98,81
1995	98,64	97,86	98,93	94,16	95,16	97,46	94,50	95,98	97,71	92,88	94,06	98,76	98,93
1996	98,44	96,33	94,40	98,04	96,88	93,35	97,69	92,45	97,94	98,21	98,66	97,90	98,66
1997	96,63	96,93	95,92	95,39	95,44	93,67	92,48	91,66	92,59	91,69	97,44	99,52	99,52
1998	96,88	92,28	92,64	94,88	95,32	91,48	94,36	91,50	96,66	97,72	98,43	92,24	98,43
1999	94,36	96,56	96,26	96,76	97,16	94,29	94,96	94,66	94,66	95,09	93,16	97,52	97,52
2000	96,38	93,74	94,18	94,83	91,82	91,44	92,44	90,66	90,09	96,06	98,74	98,67	98,74
2001	98,74	97,31	98,48	97,30	92,98	93,78	91,23	90,20	96,69	93,74	95,44	94,41	98,74
2002	94,18	96,97	94,81	97,50	97,14	93,27	92,28	96,06	96,82	97,56	97,36	98,33	98,33
2003	95,48	94,58	94,15	93,26	91,13	90,31	90,34	89,63	90,57	93,48	96,52	95,41	96,52
2004	95,97	94,40	98,98	98,64	95,84	94,16	94,84	91,16	93,52	98,14	98,26	97,52	98,98
2005	96,57	93,89	97,06	98,19	95,54	91,17	94,00	97,94	95,56	98,22	97,86	99,40	99,40
2006	97,37	96,39	98,14	97,34	97,48	98,24	90,99	92,72	94,76	92,18	95,18	94,02	98,24
2007	94,69	96,78	95,98	94,14	91,74	91,48	92,42	90,58	97,03	96,58	95,18	95,71	97,03
2008	94,76	94,27	97,60	96,46	93,67	94,77	92,84	93,41	91,44	92,54	94,73	98,82	98,82
2009	98,06	98,79	96,40	98,51	94,26	92,51	94,48	92,33	92,26	91,97	93,59	99,10	99,10
2010	97,76	98,60	98,65	96,83	95,89	96,39	92,14	91,46	99,34	97,50	97,73	99,67	99,67
2011	96,10	91,84	97,76	91,78	91,60	96,01	93,53	92,21	91,43	97,13	92,10	97,90	97,90
2012	93,12	91,98	91,52	94,06	94,36	94,51	90,82	89,84	94,20	98,44	98,76	97,98	98,76
2013	98,32	97,86	98,88	99,42	95,64	93,84	90,75	90,56	92,14	93,28	98,84	95,84	99,42
2014	97,36	99,62	98,36	96,76	97,44	93,86	93,84	95,98	99,66	99,06	98,56	95,96	99,66
2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	98,73	99,11	98,74	92,99	97,50	94,41	91,61	92,10	91,40	94,99	98,64	93,63	99,11
2017	92,13	97,55	95,64	97,05	96,68	91,80	-	-	-	94,27	96,83	99,14	99,14
2018	97,14	94,88	99,21	98,45	93,23	91,94	92,19	92,53	92,33	95,49	95,63	93,19	99,21
2019	92,97	98,01	92,08	96,04	98,13	98,52	91,81	91,80	92,20	92,15	98,73	98,79	98,79
2020	94,32	91,34	94,62	90,88	92,09	94,48	92,26	92,98	94,17	97,74	95,56	97,98	97,98



Slika 4.4. Vrijednosti vodostaja u prosincu 2010. godine



Slika 4.5. Vrijednost maksimuma vodostaja u prosincu (1993. – 2020.)



Slika 4.6. Trend maksimalne vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini (1993. – 2020.)

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

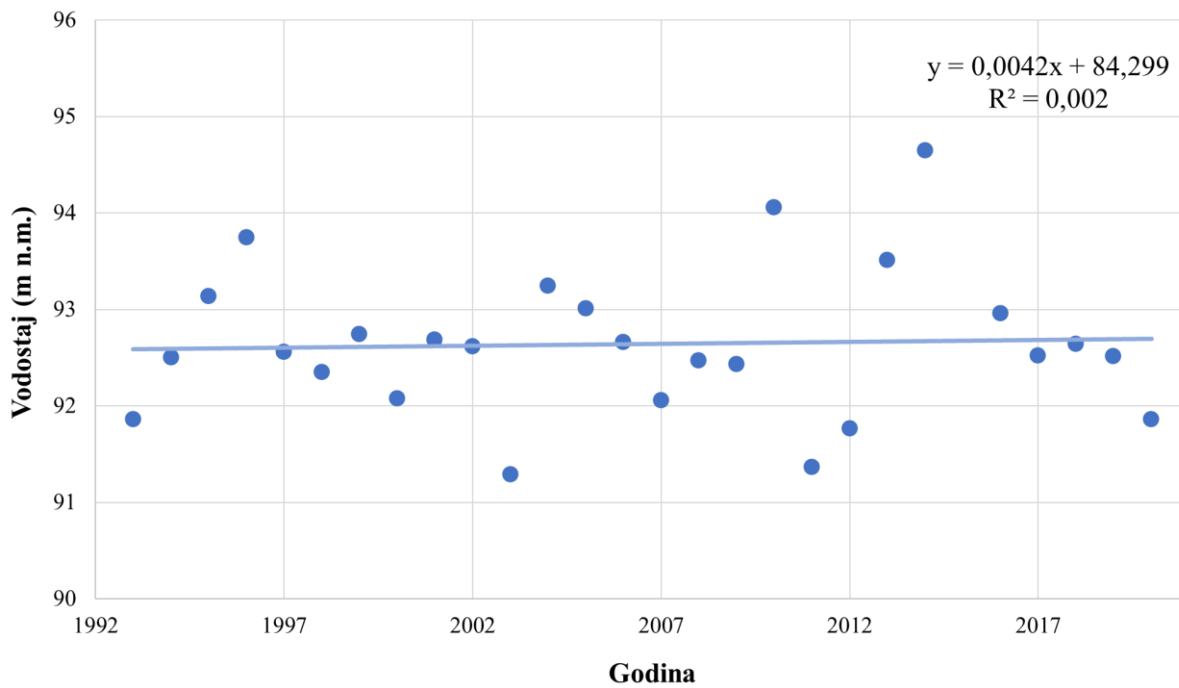
Mjesec	Broj podataka (n)	p - vrijednost	Značajnost	Trend
1.	27	2,24E-01	statistički neznačajno	silazan
2.	27	3,75E-01	statistički neznačajno	uzlazan
3.	27	3,40E-01	statistički neznačajno	uzlazan
4.	27	4,30E-01	statistički neznačajno	silazan
5.	27	3,56E-01	statistički neznačajno	uzlazan
6.	27	5,66E-01	statistički neznačajno	uzlazan
7.	26	2,27E-01	statistički neznačajno	silazan
8.	26	9,01E-01	statistički neznačajno	silazan
9.	26	3,45E-01	statistički neznačajno	silazan
10.	27	6,80E-01	statistički neznačajno	silazan
11.	27	6,37E-01	statistički neznačajno	uzlazan
12.	27	9,88E-01	statistički neznačajno	uzlazan
Godišnja	27	5,54E-01	statistički neznačajno	uzlazan

4.1.3. Srednje vrijednosti vodostaja

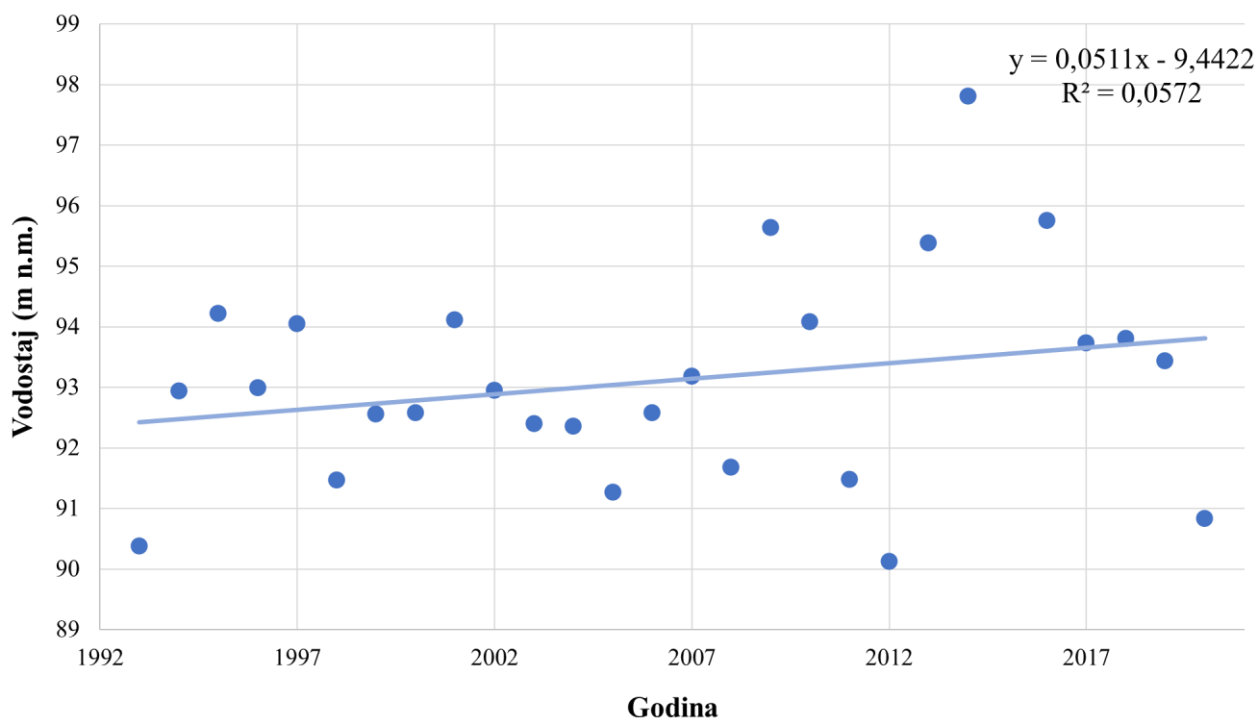
Srednje vrijednosti vodostaja od 1993. do 2020. godine prikazane su u tablici 4.5. Slika 4.7. prikazuje trend srednje vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini, a slika 4.8. trend srednje vrijednosti vodostaja za veljaču. Rezultati t-testa za srednje vrijednosti vodostaja su u tablici 4.4. Iz tablice je vidljivo da su svi izračunati trendovi statistički neznačajni. P-vrijednost je prikazana u znanstvenom zapisu zbog jednostavnosti prikaza.

Tablica 4.5. Srednje vrijednosti vodostaja (m n.m.)

Godina	Mjesec												Godišnji prosjek
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
1993	91,65	90,38	90,45	92,79	90,52	90,46	90,00	89,63	91,36	95,09	93,93	95,99	91,85
1994	96,59	92,93	92,27	94,54	91,85	92,73	90,88	90,62	91,46	92,06	93,23	90,95	92,51
1995	94,78	94,21	96,04	92,94	92,54	93,43	91,66	90,95	95,06	91,32	91,49	93,35	93,15
1996	95,72	92,99	92,42	95,16	93,54	91,63	92,78	91,36	93,15	95,67	94,48	96,01	93,74
1997	94,24	94,05	92,62	92,35	92,58	91,73	91,40	90,92	90,71	90,32	93,44	96,44	92,57
1998	93,47	91,47	91,35	92,88	92,41	90,97	91,35	89,90	92,69	95,16	95,10	91,43	92,35
1999	92,23	92,56	93,55	94,37	93,42	91,51	91,77	91,52	91,54	92,28	92,25	95,85	92,74
2000	92,64	92,58	92,20	92,86	91,11	90,26	90,52	89,84	89,76	92,60	96,74	93,93	92,09
2001	96,02	94,12	95,86	95,37	91,66	91,77	90,41	89,78	92,79	91,40	92,13	91,12	92,70
2002	91,39	92,95	91,92	94,17	92,72	91,09	90,64	91,84	91,78	93,81	94,45	94,70	92,62
2003	93,81	92,40	92,30	91,94	90,45	89,86	89,76	89,41	89,80	91,28	92,68	91,86	91,30
2004	93,02	92,36	95,20	97,36	93,95	92,19	91,78	90,68	90,89	93,97	94,69	92,85	93,25
2005	91,94	91,26	93,75	95,57	92,91	90,66	92,10	93,56	92,42	94,12	91,48	96,13	92,99
2006	93,63	92,58	95,94	95,59	93,73	93,60	90,46	91,32	91,78	90,93	90,91	91,51	92,67
2007	92,37	93,18	93,82	91,58	90,66	90,77	90,52	90,17	92,21	93,45	93,13	92,91	92,06
2008	92,37	91,67	93,23	94,72	91,92	92,68	91,41	91,14	90,43	90,60	92,63	96,82	92,47
2009	93,52	95,63	92,91	95,02	92,10	91,34	91,60	90,60	90,67	90,48	91,50	94,10	92,46
2010	95,16	94,08	95,87	93,95	93,14	93,36	90,22	90,79	94,06	95,02	95,55	97,52	94,06
2011	94,29	91,47	92,59	91,04	90,71	92,22	90,66	90,29	89,77	91,30	90,37	91,60	91,36
2012	90,77	90,13	90,39	91,36	91,74	91,28	90,14	89,53	91,66	92,65	95,58	95,92	91,76
2013	94,32	95,38	97,74	97,86	94,12	91,95	90,31	89,92	90,68	91,39	96,24	92,50	93,53
2014	94,33	97,80	95,03	93,51	95,44	91,64	91,92	93,51	97,81	94,87	95,64	94,58	94,67
2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	93,22	95,75	96,50	91,83	94,03	92,42	90,84	90,92	90,71	91,91	95,98	91,59	92,98
2017	90,45	93,74	92,97	91,13	91,75	90,35	-	-	-	91,76	93,61	96,95	92,52
2018	95,35	93,81	96,68	95,79	92,06	91,26	91,08	90,33	90,84	90,37	92,80	91,43	92,65
2019	90,51	93,44	91,08	92,48	94,99	93,35	90,93	90,72	90,94	90,74	95,73	95,42	92,53
2020	91,56	90,83	91,83	90,41	91,19	91,91	91,09	90,95	91,04	95,15	92,31	93,97	91,85



Slika 4.7. Trend srednje vrijednosti vodostaja na godišnjoj razini (1993. – 2020.)



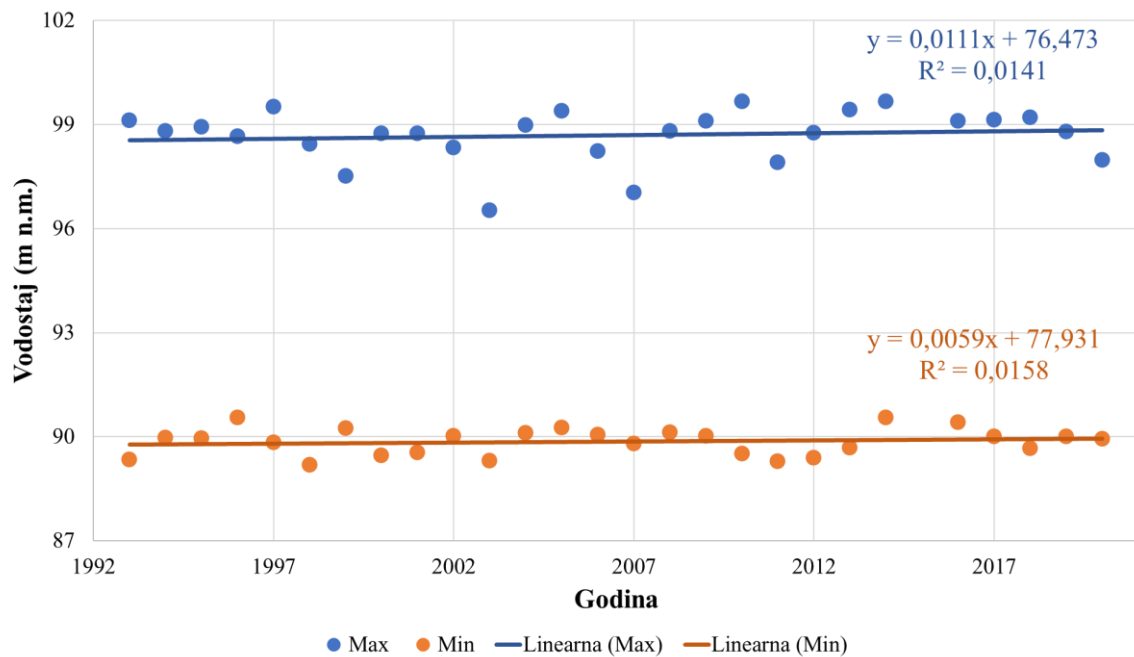
Slika 4.8. Trend srednje vrijednosti vodostaja za veljaču (1993. – 2020.)

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

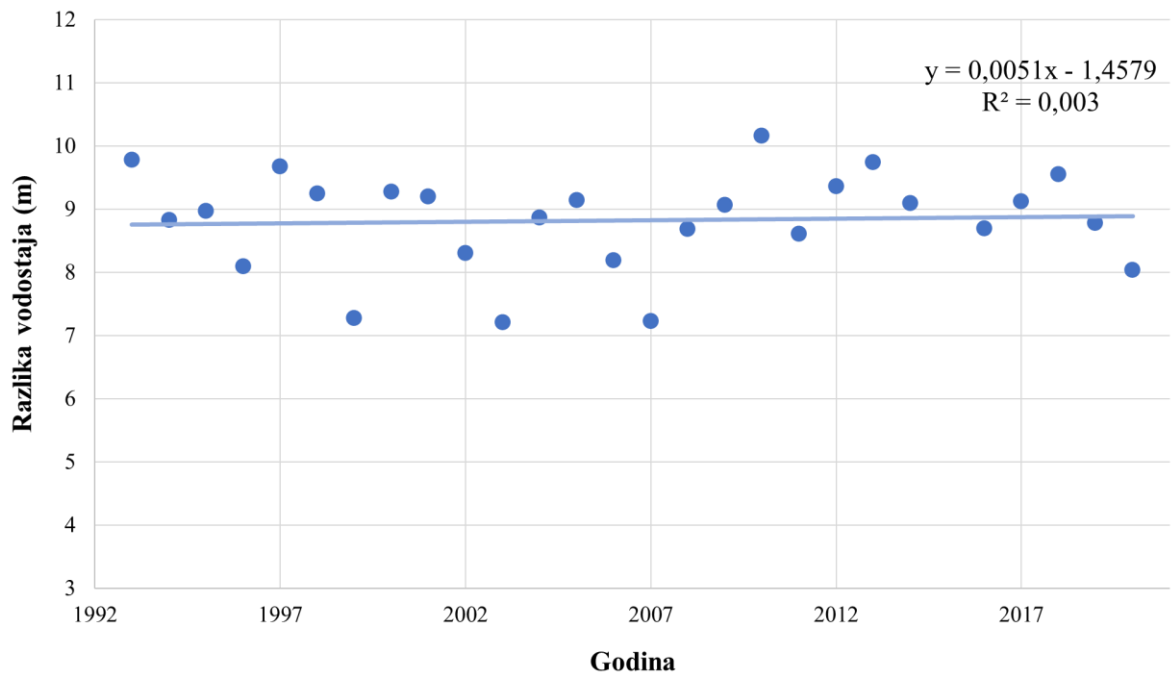
Mjesec	Broj podataka (n)	p - vrijednost	Značajnost	Trend
1.	27	9,18E-02	statistički neznačajan	silazan
2.	27	2,29E-01	statistički neznačajan	uzlazan
3.	27	2,62E-01	statistički neznačajan	uzlazan
4.	27	3,49E-01	statistički neznačajan	silazan
5.	27	2,47E-01	statistički neznačajan	uzlazan
6.	27	5,28E-01	statistički neznačajan	uzlazan
7.	26	5,17E-01	statistički neznačajan	silazan
8.	26	6,26E-01	statistički neznačajan	uzlazan
9.	26	6,60E-01	statistički neznačajan	silazan
10.	27	3,73E-01	statistički neznačajan	silazan
11.	27	4,78E-01	statistički neznačajan	uzlazan
12.	27	9,10E-01	statistički neznačajan	uzlazan
Godišnja	27	8,25E-01	statistički neznačajan	uzlazan

4.2. Usporedba maksimuma i minimuma na godišnjoj razini

Na slici 4.9. prikazana je usporedba trendova minimalnih i maksimalnih vrijednosti vodostaja. Vidljivo je da su trendovi maksimuma i minimuma uzlazni. Međutim, oba trenda su statistički neznačajna. Na slici 4.10. prikazan je trend razlike minimuma i maksimuma vodostaja. Trend razlike vodostaja je uzlazan, no regresijskom analizom određen kao statistički neznačajan.



Slika 4.9. Usporedba trendova minimuma i maksimuma (1993. – 2020.)



Slika 4.10. Trend razlike maksimuma i minimuma (1993. – 2020.)

5. Zaključak

Program Microsoft Office Excel korišten je u svrhu obrade podataka dobivenih od Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ). Obradeni podaci su dnevne vrijednosti vodostaja s hidrološke postaje Strelečko u razdoblju od 1993. do 2020. godine. Regresijskom analizom određeni su trendovi za minimalne, maksimalne i srednje vrijednosti vodostaja, dok je t-testom određena njihova statistička značajnost.

Rezultati upućuju na pojavu dominantno statistički neznačajnih trendova. Također, zapaženo je ukupno petnaest silaznih te dvadeset četiri uzlazna trenda. Iz prikazanih rezultata može se primijetiti da se minimalne i maksimalne vrijednosti vodostaja povećavaju. To je najbolje vidljivo grafičkim prikazom usporedbe trendova minimalnih i maksimalnih vrijednosti vodostaja na slici 4.9. Trend maksimalne vrijednosti vodostaja ima veće povećanje vrijednosti vodostaja od onog minimalne vrijednosti vodostaja. Posljedica toga je uzlazan, ali statistički neznačajan trend razlike maksimalnih i minimalnih vrijednosti vodostaja što je vidljivo na slici 4.10. Uzlazan trend općenito ukazuje na jačanje utjecaja klimatskih promjena te ekstremnih klimatoloških događaja poput razdoblja suše i poplava. Na temelju jedinog statistički značajnog rezultata moguće je zaključiti da zbog pada minimalnih vrijednosti vodostaja u siječnju postoji opasnost od sušnih razdoblja u tom dijelu godine.

6. Literatura

PIKIJA, M. (1987): Osnovna geološka karta, M 1:100 000, Tumač za list Sisak L 33 – 93. Geološki zavod – Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd, 51 str

PIKIJA, M. (1987): Osnovna geološka karta SFRJ, M 1:100 000, list Sisak L 33 – 93. Geološki zavod – Zagreb, 1975–86., Savezni geološki zavod, Beograd

ŠORŠA, A.; DURN, G.; HALAMIĆ, J.; HUSNJAK, S.; GARAŠIĆ, V; MILEUSNIĆ, M. (2015): Urban geochemistry: Sisak in Croatia, a long-lasting historical, urban and industrial city. Izlaganje na skupu. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

ŠORŠA, A (2014): Urbana geokemija potencijalno toksičnih elemenata u tlima grada Siska i njegove okolice. Doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 342 str

WEB izvori:

1. GOOGLE MAPS, lokacija hidrološke postaje Strelečko

URL: <https://www.google.hr/maps/> (29.8.2022.)

2. DINARSKO GORJE, rijeka Sava

URL: <https://www.dinarskogorje.com/rijeke-crnorskog-sliva-slijeva.html> (29.08.2022.)

3. ENCIKLOPEDIJA.HR, rijeka Sava

URL: <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=54730> (29.08.2022.)

4. METEO.HR, hidrološka postaja Strelečko

URL:

https://meteo.hr/infrastruktura.php?section=mreze_postaja¶m=hm&el=povrsinske_hm

(29.08.2022.)

5. SISAK.HR, grad Sisak

URL: https://sisak.hr/wp-content/uploads/StrategijaRazvojaGSK_2015-2020.pdf

6. STATISTICS HOW TO, regresijska analiza

URL: <https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/regression-analysis/find-a-linear-regression-equation/> (02.09.2022.)

7. STATISTICS HOW TO, t-test

URL: <https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/t-test/> (02.09.2022)