

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Srebovt, A., 2014. Izračun indeksov baznega odtoka (BFI) za vodomerne postaje državnega hidrološkega monitoringa. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Šraj, M., somentorica Kobold, M.): 44 str.

Datum arhiviranja: 15-10-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Srebovt, A., 2014. Izračun indeksov baznega odtoka (BFI) za vodomerne postaje državnega hidrološkega monitoringa. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Šraj, M., co-supervisor Kobold, M.): 44 pp.

Archiving Date: 15-10-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
VODARSTVA IN
OKOLJSKEGA INŽENIRSTVA

Kandidat:

ANŽE SREBOVT

**IZRAČUN INDEKSOV BAZNEGA ODTOKA (BFI) ZA
VODOMERNE POSTAJE DRŽAVNEGA
HIDROLOŠKEGA MONITORINGA**

Diplomska naloga št.: 25/B-VOI

**CALCULATION OF THE BASE FLOW INDEX (BFI)
FOR THE GAUGING STATIONS OF THE NATIONAL
HYDROLOGICAL MONITORING**

Graduation thesis No.: 25/B-VOI

Mentorica:

doc. dr. Mojca Šraj

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Dušan Žagar

Somentorica:

asist. dr. Mira Kobold

Ljubljana, 16. 09. 2014

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Anže Srebovt izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »**Izračun indeksov baznega odtoka (BFI) za vodomerne postaje državnega hidrološkega monitoringa**«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, september 2014

Anže Srebovt

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	556.167(043.2)
Avtor:	Anže Srebovt
Mentor:	doc. dr. Mojca Šraj
Somentor:	asist. dr. Mira Kobold
Naslov:	Izračun indeksov baznega odtoka (BFI) za vodomerne postaje državnega hidrološkega monitoringa
Tip dokumenta:	Diplomsko delo - tip UNI
Obseg in oprema:	44 str., 5 pregl., 18 sl., 9 en., 1 pril.
Ključne besede:	Indeks baznega odtoka, BFI, bazni odtok, <i>BFI for Windows</i>, hidrogram.

Izvleček

Bazni odtok je poleg površinskega odtoka ena od dveh glavnih komponent, ki sestavljajo celoten odtok vodotoka. Bazni odtok predstavlja odtok iz naravnih podzemnih skladišč in zapoznelih virov (npr. taljenja ledu in snega). Prisoten je tudi v času sušnih obdobj in tako zagotavlja tok vode v rečni strugi. Na podlagi merjenih podatkov o pretoku lahko izračunamo indeks baznega odtoka (BFI). Ta je definiran kot brezdimenzijsko razmerje med volumnom baznega odtoka in celotnim volumnom odtoka. BFI je dober pokazatelj vplivov geologije na nizke pretoke in zaradi tega se ga pogosto uporablja v številnih regionalnih raziskavah nizkih pretokov.

V prvem delu diplomske naloge so teoretično predstavljene komponente hidrograma in baznega odtoka. Prikazane so metode izločanja baznega odtoka: grafične metode, avtomatizirani postopki, fizikalni pristopi, kemijski pristopi. Poleg tega je podrobneje opisan program, s katerim se izloča bazni odtok in izračuna indeks baznega odtoka, *BFI for Windows*.

V drugem delu diplomske naloge so predstavljeni rezultati analize 196 vodomernih postaj državnega hidrološkega monitoringa, pridobljeni s pomočjo programa *BFI for Windows*. Izračunane povprečne vrednosti BFI posameznih vodomernih postaj so razdeljene v razrede z intervalom 0,2 in prikazane na karti. Rezultati analiz kažejo, da je BFI v precejšnji meri odvisen od geološke podlage, hkrati pa tudi od drugih dejavnikov, kot je npr. naklon prispevne površine.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 556.167(043.2)
Author: Anže Srebovt
Supervisor: Assist. Prof. Mojca Šraj, PhD.
Cosupervisor: Assist. Mira Kobold, PhD.
Title: Calculation of the base flow index (BFI) for the gauging stations of the national hydrological monitoring
Document type: Graduation Thesis – University studies
Scope and tools: 44 p., 5 tab., 18 fig., 9 eq., 1 ann.
Keywords: base flow index, BFI, baseflow, *BFI for Windows*, hydrograph.

Abstract

Base flow, in addition to quick flow, is one of two main components that make up the entire drain of the stream. Base flow represents water from the underground storage and delayed sources (e.g. melting ice and snow). It is present even during drought periods, thus ensuring the flow of water in the stream. Based on the measured discharge, the base flow index (BFI) can be calculated. This is defined as the dimensionless ratio of the volume of the base flow and the total volume of water in the stream. BFI is a good indicator of the effects of geology on low flow rates and for this reason it is often used in a number of regional studies of low flows.

First part of the thesis presents components of hydrograph and base flow on theoretical grounds. It shows the methods of elimination of base flow: graphical methods, automated procedures, physical approaches, chemical approaches. In addition is a detailed description of the program, BFI for Windows, by which is excreted base flow and calculated base flow index.

The second part of the thesis presents the results of the analysis of 196 gauging stations of the national hydrological monitoring, obtained by using software BFI for Windows. Calculated mean BFI values of the individual gauging stations are divided into classes with an interval of 0.2 and shown on the map. The results led to the conclusion that BFI is depended on the geology in a great manner, but at the same time also on other factors, e.g. catchment slope.

ZAHVALA

Iz srca se zahvaljujem mentorici doc. dr. Mojci Šraj za vse strokovne nasvete in velikodušno vsestransko pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvalil bi se tudi družini, puncu in prijateljem, ki so mi v času študija pomagali in stali ob strani.

KAZALO VSEBINE

KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	IX
1 UVOD	1
1.1 Cilji diplomske naloge	1
2 ODTOK IN HIDROGRAM.....	2
2.1 Komponente odtoka in hidrograma.....	3
2.2 Hidrogram baznega odtoka	5
3 BAZNI ODTOK.....	6
3.1 Vplivni faktorji baznega odtoka.....	7
3.2 Metode določanja baznega odtoka	8
3.2.1 Grafične metode.....	8
3.2.2 Metode digitalnih rekurzivnih filtrov oz. avtomatiziranih postopkov.....	10
3.2.3 Fizikalni pristopi.....	11
3.2.4 Določanje baznega odtoka v naravi s kemijskimi pristopi	11
4 INDEKS BAZNEGA ODTOKA (BFI).....	13
4.1 Izločanje baznega odtoka s pomočjo programa BFI for Windows	14
4.2 Predstavitev metod izločanja baznega odtoka	15
4.2.1 Standardna metoda	15
4.2.2 Modificirana metoda	16
4.2.3 Parametra N in f.....	17
4.3 Prikaz postopka izračuna BFI.....	18
4.4 Priprava podatkov in prikaz rezultatov programa BFI for Windows	20
4.4.1 Priprava vhodne datoteke.....	20
4.4.2 Prikaz rezultatov.....	21
5 IZRAČUN INDEKSOV BAZNEGA ODTOKA (BFI) ZA VODOMERNE POSTAJE DRŽAVNEGA HIDROLOŠKEGA MONITORINGA.....	26
5.1 Vhodni podatki	26
5.2 Primer izračuna in analize BFI za vodomerno postajo Trpčane na reki Reki	28

5.3	Rezultati izračunov indeksov baznega odtoka (BFI) za vodomerne postaje državnega hidrološkega monitoringa	31
6	ANALIZA REZULTATOV IN RAZPRAVA.....	37
7	ZAKLJUČKI.....	42
VIRI.....		43

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Metode digitalnih rekurzivnih filtrov	10
Preglednica 2: Vrednosti BFI za različne geološke skupine (Lacey,1996, povzeto po Kovačič, 2012):	13
Preglednica 3: Prikaz postopka izračuna baznega odtoka	19
Preglednica 4: Statistična analiza obravnavanih dnevnih vrednosti pretokov vodomerne postaje Trpčane na reki Reki	28
Preglednica 5: Rezultati izračunov povprečnih indeksov baznega odtoka za obravnavane vodomerne postaje	31

KAZALO SLIK

Slika 1: Hidrogram (Brodie in Hostetler, 2005).....	3
Slika 2: Posamezne komponente odtoka (Brilly in Šraj, 2005)	3
Slika 3: Prikaz posameznih delov odtoka (MetEd 2010)	4
Slika 4: Prikaz treh grafičnih metod izločanja baznega odtoka (Brodie in Hostetler, 2005)	9
Slika 5: Okno programa BFI for Windows	16
Slika 6: Povezava <i>BFI</i> s parametrom <i>N</i> (Wahl and Wahl, 1995).....	18
Slika 7: Primer vhodne datoteke za delo s programom BFI.....	21
Slika 8: Izhodna datoteka s prikazom rezultatov letnih vrednosti indeksa BFI, baznega odtoka in celotnega odtoka	22
Slika 9: Izhodna datoteka s prikazom rezultatov dnevnih vrednosti baznega in celotnega odtoka.....	23
Slika 10: Grafični prikaz izločenega baznega odtoka	24
Slika 11: Izhodna datoteka s prikazom prevojnih točk hidrograma in pripadajočimi baznimi odtoki...25	
Slika 12: Mreža vodomernih postaj, uporabljenih v analizi (podloga ARSO, 2012).....	27
Slika 13: Rezultati izračunov baznega odtoka in BFI za vodomerno postajo Trpčane na reki Reki za obdobje 2000-2012	29
Slika 14: Prikaz celotnega in baznega odtoka na vodomerni postaji Trpčane na reki Reki za obdobje od 1.11.2000 do 28.2.2001	30
Slika 15: Razdelitev vodomernih postaj po razredih glede na povprečno vrednost BFI (podloga ARSO, 2012).....	38
Slika 16: Odvisnost povprečne vrednosti BFI od koordinate GKY	39
Slika 17: Odvisnost povprečne vrednosti BFI od koordinat GKX.....	40
Slika 18: Prikaz razredov BFI na geološki karti Slovenije (podloga Geopedia, 2013).....	41

Ta stran je namenoma prazna.

1 UVOD

Vodno bogastvo Slovenije in njena pestrost vodnega režima na objektivno gledano majhnem prostoru sta pospešila razvoj hidrološke znanosti v Sloveniji. Hidrologija kot znanost je del geofizike, ki zajema še meteorologijo, geologijo, seizmologijo, magnetizem Zemlje idr. Področje v širšem pomenu zajema proučevanje pojavov, lastnosti in gibanja vode v hidrosferi ter njenega razmerja do okolja, vključno z razmerjem do živih bitij (Brilly in Šraj, 2005).

Voda v naravi kroži in padavine so glavni del hidrološkega kroga, katerega osnove so bile znane že v antičnem času, a se zaradi njegove kompleksnosti še danes soočamo z vrsto neznank. V sušnih območjih se padavine zadržijo v tleh, v polarnih se padavine nalagajo v obliki snežne odeje, v kraških in koralnih območjih pa zaradi geoloških razmer površinskega odtoka lahko tudi ni (Brilly in Šraj, 2005). Voda, ki oblikuje celoten odtok, lahko doseže rečno strugo po različnih poteh od točke, ko prvič doseže zemeljsko površje v obliki padavin. Del padavinske vode odteče po površini tal in se imenuje površinski odtok. Drugi del padavinske vode se infiltrira tla in poteka pod površino. Ta voda teče počasneje kot površinski odtok in prispeva k vzdrževanemu toku reke v času suše. Ta del odtoka imenujemo bazni odtok. V hidroloških študijah, ki preučujejo stopnjo pretoka, je potrebno razlikovati med posameznimi komponentami celotnega odtoka. Prvi korak v teh študijah je navadno razdelitev preučevanih hidrogramov na površinski in bazni del odtoka. Nato sledi analiza odnosa med padavinami in odtokom, določitev značilnih oblik hidrogramov za posamezna porečja in študije sušnih ali poplavnih razmer (Linsley et al., 1958).

Bazni odtok vodotoka predstavlja pomembno komponento celotnega odtoka. Najmanjši bazni odtok se pojavi po daljšem obdobju brez padavin in je posledica izcejanja podzemnih voda (Brilly in Šraj, 2006).

1.1 Cilji diplomske naloge

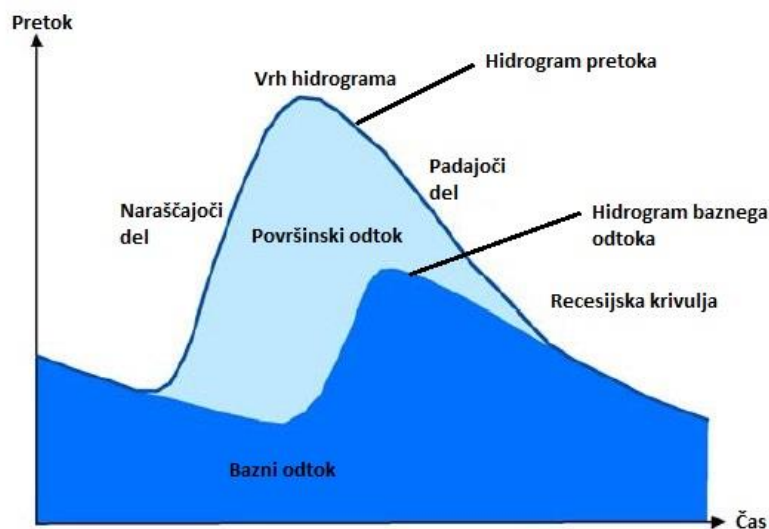
Cilji diplomske naloge so: (1) predstavitev metode izločanja baznega odtoka s programom BFI for Windows, (2) prikaz primera izračuna BFI za izbrano vodomerno postajo, (3) izračun indeksa baznega odtoka za vodomerne postaje v Sloveniji, (4) priprava karte s prikazom vrednosti BFI po razredih ter (5) analiza dobljenih vrednosti BFI.

2 ODTOK IN HIDROGRAM

Diagram časovnih sprememb pretoka v vodotoku imenujemo hidrogram (Brilly in Šraj, 2005).

Hidrogram pretoka je časovni zapis rečnih pogojev (npr. nivo vode). Sestavljen je iz različnih vodnih virov, ki skupaj sestavljajo celoten pretok. Relativni prispevek baznega odtoka in površinskega odtoka se spreminja. Nevihtni ali poplavni hidrogram je odziv na deževje in je sestavljen iz treh glavnih delov (slika 1) (Brodie in Hostetler, 2005):

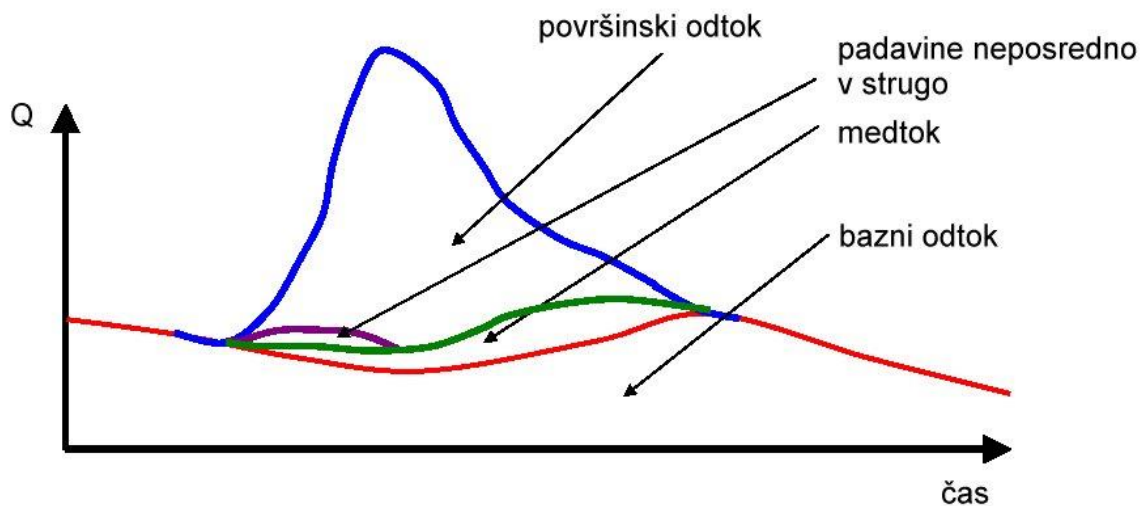
- Začetni nizko-pretočni pogoji na koncu sušnega obdobja so v celoti sestavljeni iz baznega odtoka,
- Z dežjem pride do naraščanja pretoka vodotoka. razlog za to naraščanje je v povečanju površinskega odtoka in medtoka. To vodi naraščajoči del krivulje proti vrhu hidrograma. Hitro naraščanje nivoja vodotoka glede na nivo bližnjih podzemnih voda lahko zmanjša ali celo obrne hidravlični gradient proti vodotoku. To je izraženo kot redukcija baznega odtoka v tem delu hidrograma.
- Padanje površinskega odtoka v tretjem delu hidrograma je izraženo preko padajočega dela le tega. S padanjem ravni vodotoka in časovno zamudo naraščanja podtalnice, hidravlični gradient naraste proti vodotoku. V tem času komponenta baznega odtoka začne naraščati na določeni točki vzdolž padajočega dela hidrograma, površinski odtok preneha in pretok je ponovno sestavljen samo iz baznega odtoka. Skozi čas se bazni odtok niža zaradi drenaže naravnih zalog vode v sušnih obdobjih. To obdobje traja do naslednjega znatnega naliva.



Slika 1: Hidrogram (Brodie in Hostetler, 2005)

2.1 Komponente odtoka in hidrograma

Pretok vodotoka je sestavljen iz štirih osnovnih delov in sicer iz površinskega odtoka, medtoka, odtoka zaradi padavin, ki padejo neposredno v strugo in baznega odtoka (slika 2).



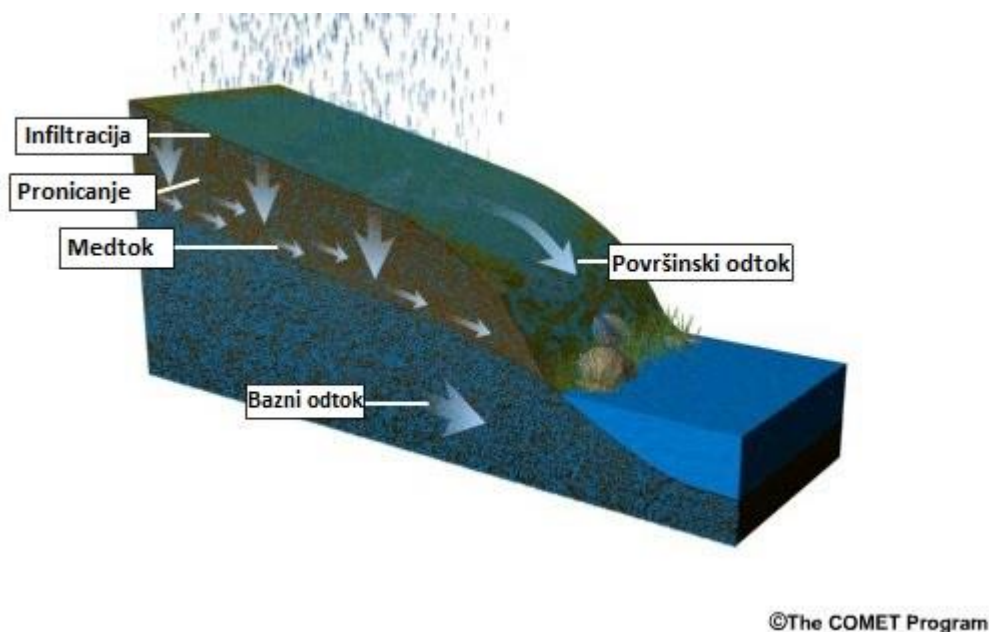
Slika 2: Posamezne komponente odtoka (Brilly in Šraj, 2005)

Površinski odtok je posledica učinkovitih padavin, torej le tistega dela padavin, ki se ne zadržijo na rastlinah, v tleh ali ne izhlapijo (Brilly in Šraj, 2005).

K odtoku vodotoka svoj delež prispeva tudi medtok, vendar v bistveno manjši količini kot površinski in bazni odtok. Medtok (slika 2) je lateralno gibanje vode v nenasičeni ali vadozni coni. Nastaja z infiltracijo površinskega odtoka. Voda po makroporah pronica vedno globlje, dokler ne doseže podtalnice, temveč prispeva vodo v vodotok (Brodie in Hostetler, 2005).

Bazni odtok (slika 2) je zelo pomemben del odtoka, saj reki zagotavlja dolgoročno oskrbo z vodo tudi v daljših sušnih obdobjih, ko ni padavin. Je zanesljiv vir vode, ki se črpa iz naravnih podzemnih skladišč in ohranja tok vodotoka med posameznimi deževnimi obdobji. Bazni odtok se ne črpa samo iz podzemnih skladišč ampak tudi iz drugih zapoznelih virov, kot so: taljenje ledu in snega, jezer in plitvih podpovršinskih zalog (Smakhtin, 2001). Zato je določevanje količin baznega odtoka precej zapleteno.

Ločevanje posameznih virov vode (slika 3), ki sestavljajo površinski odtok in bazni odtok, je v praksi precej komplicirano (Murphy et al., 2009).



Slika 3: Prikaz posameznih delov odtoka (MetEd 2010)

Sam hidrogram pretoka lahko razdelimo na več delov (Pugelj, 2012):

- Naraščajoči del: lahko imenujemo tudi koncentracijska krivulja, je posledica polnjenja rečne struge in odraža povečanje pretoka.
- Vrh hidrograma: ko se v ustje porečja hkrati izlivajo največje količine vode iz prispevnih območij je dosežen vrh pretoka, ki ga odraža vrh hidrograma. V primeru, da ima reka večje

prispevne površine, se vrh pretoka pojavi po koncu padavin. Čas od težišča padavin do največjega pretoka, je odvisen predvsem od nevihte in lastnosti porečja.

- Padajoči del: sega od vrha hidrograma do točke ponovnega naraščanja krivulje, ki je posledica znatnih padavin.
- Recesijska krivulja: je krivulja, ki nadaljuje padajočo vejo hidrograma in ima začetek v prevojni točki. Predstavlja upadanje baznega odtoka hkrati pa tudi celotnega pretoka (NPTEL, 2011).

2.2 Hidrogram baznega odtoka

Oblika hidrograma baznega odtoka je do neke mere subjektivna, vendar pa lahko strnemo nekatere skupne značilnosti krivulje baznega odtoka. Kot utemeljujejo Nathan and McMahon (1990), Brodie and Hostetler (2005) ter Murphy et al. (2009):

- Počasen tok na začetnem delu hidrograma v celoti izraža bazni odtok.
- Hiter narast nivoja rečne vode glede na bližnje podzemne vode vodi v povečano obrežno zadrževanje. Zaradi zakasnelega prihoda vode iz obrežnih zbirališč v vodotok, se vrh baznega odtoka pojavi po vrhu celotnega hidrograma, ki mu sledi recesija baznega odtoka.
- Recesijska krivulja baznega odtoka bo najverjetneje sledila padajoči eksponentni funkciji (glavni recesijski krivulji). Izjema so presihajoči vodotoki.
- Hidrogram baznega odtoka se priključi celotnemu hidrogramu, ko preneha površinski odtok.

3 BAZNI ODTOK

Bazni odtok je v literaturi definiran na različne načine, ki pa si niso vedno čisto enakovredni. Hall (1968) definira bazni odtok kot delež toka, ki izvira iz podzemne vode ali zapoznelih virov. Chow et al. (1988) ga definira kot počasni spreminjajoči se tok v sušnih obdobjih. Ward and Robinson (1990) ga obravnavata kot vsoto podzemnih voda in zapoznelih virov. V vsaki kvantitativni študiji je pomembno, da je narejena skladno z definicijo baznega odtoka (Lacey, 1996).

Bazni odtok je ena od najpomembnejših hidroloških značilnosti nizkih pretokov prispevnega območja. Poznavanje nizko-pretočnih karakteristik je pomembno za (Lacey, 1996):

- razvoj strategij gospodarjenja z vodami, še posebno v sušnih pogojih,
- določitev odnosov med vodnimi organizmi in okoljem,
- oceno malih ali srednjih vodnih zalog in
- nadzor slanosti, kvalitete vode in cvetenja alg.

Na splošno velja, da bazni odtok sestavljajo podzemne vode iz vodonosnikov. Da ta predpostavka drži, mora vodonosnik ustrezati naslednjim kriterijem (Murphy et al., 2009):

- podzemni hidrostatski tlak mora biti višji od hidrostatskega tlaka vodotoka,
- mora biti sezonsko napolnjen,
- sestavljen iz materialov, ki omogočajo skladiščenje vode in njen prenos do vodotoka.

V nekaterih primerih ti kriteriji ne odražajo lokalnih hidroloških pogojev in na režim baznega odtoka lahko vplivajo drugi faktorji. Ti faktorji lahko vsebujejo (Murphy et al., 2009; Pugelj, 2012):

- Povezavo z dodatnimi zalogami vode – sneg, obrežni zadrževalnik, globoki vodonosniki in povezana jezera lahko vplivajo na režim baznega odtoka na dani lokaciji.
- Regulacija toka preko višje ležečih rezervoarjev – v primeru, da iz teh rezervoarjev izhaja v spodaj ležečo merilno postajo odtok, ki je drugačen od običajnega, lahko ta ustvari nizek pretok, ki se napačno razlaga kot bazni odtok. Za izbor merilnih postaj pri regionalni oceni baznega odtoka, so Neal et al. (2004) vzpostavili kriterij, ki pravi, da le 10% prispevnih površin lahko vsebuje te višje ležeče rezervoarje.
- Kmetijske namakalne prispevne površine – visoka koncentracija le teh lahko vpliva na bazni odtok, vendar le v primeru, ko so locirane na vodotoku ali kjer so v stiku s podzemno vodo. Posledično je veliko namakalnih površin lociranih na področju gline, da ne pridejo v stik s podzemno vodo.

- Večje preusmeritve voda – preusmeritve za potrebe potrošnje lahko zmanjšajo tok in tako dajo izgled manjšega baznega odtoka.
- Urbanizacija – pretirano zalivanje vrtov ali športnih površin lahko dvigne nizek pretok v času poletja in tako da izgled večjega baznega odtoka.
- Povratni tok – voda se lahko vrne v reke iz čistilnih naprav ali industrije. Pojav je še posebno pogost pri elektrarnah, ki uporabljajo vodo za hlajenje. To poveča nizke pretoke in daje zgled baznega odtoka.
- Rečna evaporacija in evapotranspiracija – ta faktor ima zanemarljiv vpliv na vodotok, v kolikor prispevna površina znaša manj kot 100 km². Pri večjih prispevnih površinah je bazni odtok znižan, kar je še posebno razvidno v poletnem času, ko je ta najbolj izrazit.

V kolikor so na prispevnih površinah prisotni zgoraj navedeni faktorji, je težje ločiti bazni odtok od celotnega odtoka (Murphy et al., 2009).

3.1 Vplivni faktorji baznega odtoka

Bazni odtok je funkcija, določena z več spremenljivkami in lastnostmi prispevnih področji. Delež baznega odtoka, ki sestavlja pretok vodotoka, je odvisen od regionalnih hidroloških pogojev posameznih lokacij. Najpomembnejši vplivni faktorji so sledeči (Lacey, 1996):

- prispevna površina,
- topografski parametri,
- geologija,
- globina, prepustnost tal in njihov prostorski vzorec,
- količina dežja,
- evapotranspiracija in njen potencial,
- vzorec sezonskih padavin,
- tok podzemnih voda znotraj prispevnih površin,
- količina vlage v tleh,
- delež gozdnih površin in njihova stopnja rasti.

Celoten pretok vodotoka je funkcija zgoraj naštetih spremenljivk in ga lahko zapišemo kot:

Celoten vodotok = količina dežja – evapotranspiracija + tok podzemnih voda znotraj prispevne površine – količina vlage v tleh

Vse količine so merjenje v mm/leto. Tok podzemnih voda znotraj prispevne površine je lahko negativen (npr. globoke drenažne izgube ali izgube v drugo prispevno območje) ali pozitiven (npr. pritek iz sosednjega prispevnega območja ali iz regionalnega podzemnega toka) (Lacey, 1996).

3.2 Metode določanja baznega odtoka

Analiziranje komponent baznega odtoka ima dolgo zgodovino. Na področju analiziranja hidrograma vodotoka so bili prvi začetniki znanstveniki v začetku 20. stoletja in sicer Boussinesq (1904), Maillet (1905) in Horton (1933). Kasneje so se jim pridružili in dopolnili njihove dosežke še Hall (1968), Nathan and McMahon (1990), Tallaksen (1995) in Smakhtin (2001). Metode, s katerimi pridemo do zelenih rezultatov, v grobem razdelimo v tri skupine (Brodie in Hostetler, 2005):

- metode izločanje baznega odtoka,
- metode analize pogostosti in
- metode analize recesijske krivulje oz. krivulje upadanja.

Pri izločanju baznega odtoka poznamo več različnih metod: izločanje s pomočjo meritev z uporabo kemijskih sledil, različni grafični pristopi, metode filtriranja, rekurzivne filterske metode, metoda enotnega hidrograma in metoda pretočne krivulje (Gonzales et al., 2009).

Analiza pogostosti predstavlja drugačen pristop pri izločanju baznega odtoka. Bazni odtok prikaže z razmerjem med velikostjo in pogostostjo odtokov. Rezultat tega razmerja je krivulja trajanja pretoka, katera prikaže odstotek časa, v katerem reka doseže ali preseže določen pretok (Brodie in Hostetler, 2005).

Pri metodah analize recesijske krivulje so bili včasih uporabljeni grafični pristopi. Novejše analize pa so se usmerile k oblikovanju analitične rešitve ali matematičnega modela (Brodie in Hostetler, 2005).

3.2.1 Grafične metode

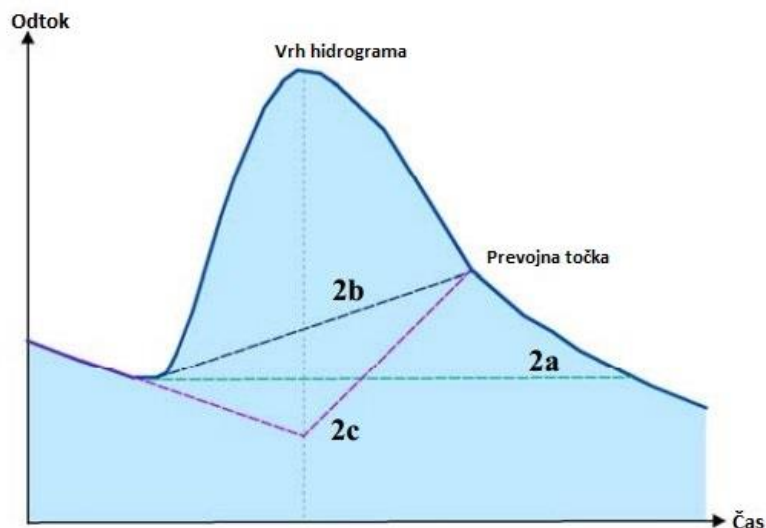
Grafične metode sodijo k metodam izločanja baznega odtoka. Tu je pomembno empirično razmerje za določitev točke vzdolž padajočega dela krivulje hidrograma. Od te točke dalje preneha površinski odtok in tok reke v celoti sestavlja le bazni odtok. To točko lahko določimo z naslednjo enačbo (Brodie in Hostetler, 2005):

$$D = 0,827A^{0,2}, \tag{1}$$

v kateri D predstavlja število dni med vrhom pretoka v času nevihte in prenehanjem površinskega pretoka. A predstavlja površino prispevnega območja v kvadratnih kilometrih. Vrednost eksponentne konstante je odvisna od značilnosti prispevnega območja (Brodie in Hostetler, 2005).

Obstaja več vrst grafičnih metod. Na sliki 4 so prikazane naslednje tri:

- Metoda konstantnega pretoka (črta 2a), tu je bazni odtok konstanten skozi celoten hidrogram oziroma nevihto. Ta metoda ne velja za eno izmed natančnejših (Linsley et al., 1958). Konstantno vrednost vzamemo tik preden hidrogram začne naraščati (Brodie in Hostetler, 2005);
- Metoda konstantnega naklona (črta 2b), pri tej metodi z začetkom premice ravno tako začnemo tik preden hidrogram začne naraščati in jo vlečemo do prevojne točke hidrograma. S to metodo pokažemo da se bazni odtok tekom naliva povečuje (Brodie in Hostetler, 2005) in
- Konkavna metoda (črta 2c), začetek metode je tik preden začne hidrogram naraščati in poskuša prikazati predviden upad baznega odtoka v času naraščanja hidrograma. Minimum baznega odtoka je dosežen istočasno kot vrh hidrograma (Linsley et al., 1958). Potem povežemo območje baznega odtoka s prevojno točko hidrograma. Tako prikažemo zakasnelo povečanje baznega odtoka (Brodie in Hostetler, 2005). Konkavna metoda velja za eno najbolj realnih grafičnih metod.



Slika 4: Prikaz treh grafičnih metod izločanja baznega odtoka (Brodie in Hostetler, 2005)

3.2.2 Metode digitalnih rekurzivnih filtrov oz. avtomatiziranih postopkov

Filtrske metode navadno nimajo nobene hidrološke podlage oz. ne upoštevajo nobenih fizikalnih procesov, ki se pojavljajo v času padavin. Vendar stremijo k ustvarjanju enostavnega, ponovljivega in avtomatiziranega postopka, ki loči bazni odtok od celotnega in tvori s prispevnim območjem (Brodie in Hostetler, 2005). V preglednici 1 so prikazane enačbe digitalnih rekurzivnih filtrov (Brodie in Hostetler, 2005; Murphy et al., 2009; Kovačič, 2012; Horvat 2014):

Preglednica 1: Metode digitalnih rekurzivnih filtrov (Kovačič, 2012; Horvat, 2014)

Ime filtra	Filtrska formula	Vir	Opomba
Eno-parametrski algoritem	$q_{b(i)} = \frac{k}{2-k} q_{b(i-1)} + \frac{1-k}{2-k} q_{(i)}$	Chapman in Maxwell (1996)	$q_{b(i)} \leq q_{(i)}$ Podatke filtriramo enkrat
Boughtonov dvo-parametrski algoritem	$q_{b(i)} = \frac{k}{2+c} q_{b(i-1)} + \frac{c}{1+c} q_{(i)}$	Boughton (1993), Chapman in Maxwell (1996)	$q_{b(i)} \leq q_{(i)}$ Podatke filtriramo enkrat, dovoli kalibracije z drugimi baznimi odtoki
IHACRES tro-parametrski algoritem	$q_{b(i)} = \frac{k}{1+c} q_{b(i-1)} + \frac{c}{1+c} (q_{(i)} + \alpha q_{(i-1)})$	Jakeman in Hornberger (1993)	Razširitev Boughtonovega dvoparametričnega algoritma
Lyne-Hollickov algoritem	$q_{f(i)} = \alpha q_{f(i-1)} + (q_{(i)} - q_{(i-1)}) \frac{1+\alpha}{2}$	Lyne in Hollick (1979), Nathan in McMahan (1990)	$q_{f(i)} \geq 0$ α vrednost 0,925 priporočena za podatke dnevnih pretokov. Podatke potrebno filtrirati trikrat. Bazni odtok $q_b = q - q_f$
Chapmanov algoritem	$q_{f(i)} = \frac{3\alpha-1}{3-\alpha} q_{f(i-1)} + \frac{2}{3-\alpha} (q_{(i)} - \alpha q_{(i-1)})$	Chapman (1991), Mau in Winter (1997)	Bazni odtok $q_b = q - q_f$
Eckhardov digitalni rekurzivni filter	$q_{b(i)} = \frac{(1 - BFI_{max}) a q_{b(i-1)} + (1 - a) BFI_{max} q_{(i)}}{1 - a BFI_{max}}$	Eckhardt (2005)	Odstrani visoko frekvenčne površinsko odtočne signale za pridobivanje nizko frekvenčnih signalov baznega odtoka

$q_{(i)}$ = prvotni pretok; $q_{b(i)}$ = filtrirani bazni odtok; $q_{f(i)}$ = filtrirani površinski odtok; $q_{(i-1)}$ = prvotni pretok predhodnega vzorca; $q_{b(i-1)}$ = filtrirani bazni odtok predhodnega vzorca; $q_{f(i-1)}$ = filtrirani površinski odtok predhodnega vzorca; k = filtrski parameter dan z recesijsko konstanto; α , α_q = filtrski parametri; C = parameter, ki dovoljuje, da se oblika separacije spremeni; γ , c_1 , c_2 = fizični parametri; BFI_{max} = maksimalna vrednost dolgoročnega razmerja med baznim odtokom in celotnim vodotokom.

3.2.3 Fizikalni pristopi

Osnovni fizikalni procesi, ki določajo bazni odtok so dobro poznani. Kljub temu pa pri študijah prispevnih površin niso izvedene natančne hidrogeološke analize, ki bi povezale lokalne pogoje z generalnimi teoretičnimi koncepti. V ta namen so se oblikovali alternativni pristopi k oceni baznega odtoka z modeli, ki integrirajo podzemne in površinske vodne procese. Na primer modela TOPOG in SHE nudita eno najboljših kvantitativnih ocen absolutnega volumna podzemnega toka. Ta modela vključujeta sočasno umerjanje podzemnih in površinskih vodnih modelov in nudita dobro razumevanje razmerja med površinskimi in podzemnimi vodnimi viri. Tako je bazni odtok določen na osnovi celotnega vodotoka in podzemnih nivojev, namesto preko subjektivnih separacijskih tehnik (Murphy et al., 2009).

Po drugi strani so fizični pristopi zaradi kompleksnosti modelov zelo zahtevni. Poleg tega ne nudijo preproste metode, ki bi lahko bila pogosto uporabljena v različnih študijah.

Enega izmed takih modelov sta oblikovala Furey and Gupta (2001). Fizični filter uporablja enačbo masne bilance baznega odtoka na področjih brežin:

$$q_{b(i)} = (1 - \gamma)q_b(i - 1) + \gamma \left(\frac{c_3}{c_1} \right) [q(i - d - 1) - q_b(i - d - 1)], \quad (2)$$

kjer je $q(i)$ prvotni pretok, $q_{b(i)}$ filtrirani bazni odtok, γ , c_1 , c_3 so fizični parametri, in d je zakasneli čas polnjenja (Murphy et al., 2009).

3.2.4 Določanje baznega odtoka v naravi s kemijskimi pristopi

Kemijski pristopi temeljijo na sledenju kontaminanta in konservativnih ionskih koncentracij, ki se pojavijo v različnih vodnih virih. Sledenje je osnovano na podlagi predpostavke, da so koncentracije, ki se jim sledi, bistveno različne v posameznem viru.

S sledenjem kemijskih elementov ali spojin lahko določimo delež posameznega dela oz. vira in količino celotnega odtoka. Lahko določimo tudi izvor vode, izračun hidroloških in kemijskih tokov med podtalnico in površinsko vodo, izračun starosti vode in določanje stopenj kemijskih reakcij med transportom (Horvat, 2014).

Najbolj pogosti elementi in spojine, ki se uporabljajo kot sledila so: kalcij, magnezij, natrij, stroncij, raztopljen kisik, raztopljen silicij, industrijske kemikalije ter stabilne in radioaktivne izotope. Kot sledilo se velikokrat uporablja tudi električna prevodnost, pH in temperatura (Gonzales et al., 2009; Kovačič, 2012; Horvat, 2014).

Če želimo določiti delež komponente celotnega odtoka, moramo poznati kemijsko sestavo vode posameznega vira. To dosežemo ob predpostavki, da je kemijska sestava vode posameznega vira konstantna in se razlikuje od drugih virov. Tako lahko ob pomoči masne bilance izpeljemo enačbo (Gonzales et al., 2009; Kovačič, 2012):

$$c_{i,1}q_1 + c_{1,2} + \dots + c_{i,j}q_j + \dots + c_{i,n}q_n = c_{i,T}, \quad (3)$$

kjer je $c_{i,j}$ koncentracija i -te raztopine v j -ti komponenti celotnega odtoka (*ppm*), $c_{i,T}$ koncentracija i -te raztopine v celotnem pretoku q_T (m^3/s), q_j je pretok posamezne komponente celotnega odtoka.

Rezultati kemijskih pristopov so bili uporabljeni za primerjavo baznih odtokov pridobljenih preko digitalnih separacijskih tehnik (Murphy et al., 2009). Rezultati so pokazali, da se bazni odtoki med seboj bistveno razlikujejo.

Slabost teh metod je ta, da zahtevajo obsežen nadzor pogojev prispevnih površin. Druga slabost je tudi ta, da v preteklih obdobjih niso uporabljali teh pristopov, zato ni podatkov, s katerimi bi lahko primerjali današnje ugotovitve (Murphy et al., 2009).

4 INDEKS BAZNEGA ODTOKA (BFI)

Značilnosti hidroloških nizkih pretokov so pomembne za razvoj in celovito upravljanje vodnih virov. Indeks baznega odtoka (BFI) je eden izmed najpomembnejših indeksov baznega odtoka. Številne študije so pokazale, da je BFI povezan z različnimi topografskimi parametri, podnebjem, vegetacijo, tipom zemljine in geologijo prispevnega območja (Longobardi and Villani, 2012).

BFI je včasih naslovljen kot "indeks zanesljivosti". Indeks je definiran kot brezdimenzijsko razmerje med volumnom baznega odtoka in volumnom celotnega odtoka. BFI je lahko ocenjen za vsak dan, mesec, leto posebej ali pa je ocenjen za celotno obdobje opazovanja. V prispevnih območjih, kjer v vodotok veliko prispevajo podzemne vode, je BFI lahko okoli 1, medtem ko je 0 za presihajoče vodotoke. Mnogi raziskovalci so v svojih študijah ugotovili, da je BFI dober pokazatelj vplivov geologije na nizke pretoke in zaradi tega se ga pogosto uporablja v številnih regionalnih raziskavah nizkih pretokov. Pri obravnavi jezer ali v primerih, ko je glavni vir pretoka staljen sneg (za razliko od dežnih padavin), je izvor baznega odtoka lahko drugačen in posledično je hidrološka interpretacija BFI zahtevna ali neustrezna (Smakhtin, 2001). Ekstremni nizko-pretočni sistemi so bolj natančno analizirani in so središče pozornosti razvijajoče se ekohidrologije. Po drugi strani pa so številna prispevna področja razvijajočih se držav neocenjena in je zato težko pridobiti podatke baznega odtoka in posledično BFI-ja teh predelov (Abebe and Foerch, 2006). V preglednici 2 so predstavljeni indeksi baznega odtoka glede na geološko zgradbo tal (Lacey, 1996):

Preglednica 2: Vrednosti BFI za različne geološke skupine (Lacey, 1996, povzeto po Kovačič, 2012):

Geološka skupina	Vrednosti indeksa baznega odtoka [-]
devonski riodacit – A	0,79
terciarni bazalt – B	0,66
devonski granit – C	0,70
silurni ali devonski granit – D	0,42
terciarne nekonsolidirane kamnine – E	0,44
ordovitski sedimenti – F	0,54
ortovitske metamorfične kamnine – G	0,46
silurni ali devonski sedimenti – H	0,60
silurni ali devonski sedimenti – I	0,36
cambrijski ali ordovitski sedimenti – J	0,33
kredski sedimenti – K	0,57
kredski sedimenti – L	0,38

V raziskavi je Lacey (1996) opisal različne brezdimenzijske indekse in njihovo povezanost z BFI. Indeksi, ki jih je določil, so (Lacey, 1996):

- indeks odtoka, indeks naklona in razmerje ravnih površin (spadajo v skupino topografskih indeksov),
- geološko – vegetacijski indeks,
- razmerje evapotranspiracije in padavin ter razmerje padavin in potencialne evapotranspiracije (spadata v skupino klimatskih indeksov),
- indeks gozdne pokritosti,
- indeks faze rasti gozda ter sezonske značilnosti padavin.

Iz raziskave je razvidno, da topografske in geološko – vegetacijske značilnosti prispevne površine močno vplivajo na BFI. Razvidno je tudi, da na BFI indeks manj vplivata površina povodja in evapotranspiracija (Lacey, 1996).

4.1 Izločanje baznega odtoka s pomočjo programa BFI for Windows

V nasprotju z ročnimi metodami lahko računalniške metode izločanja baznega odtoka brez težav obdelajo velike količine podatkov. Program lahko obdela več let podatkov za enega ali več vodozbirnih območij. BFI program so leta 1980 razvili na Inštitutu za hidrologijo v Veliki Britaniji (ang. *Institute of Hydrology*). Program pa se je po začetni izdaji še naprej razvijal (Wahl and Wahl, 1995) in je danes prostodostopen na spletnih straneh U.S. Department of Interior, Bureau of Reclamation. Več izboljšav je privedlo do tega, da je program postal veliko bolj uporaben in fleksibilen.

Program izloči bazni odtok s pomočjo digitalnega filtriranja. Algoritem razdeli podatke na N -dnevne intervale, v katerih poišče lokalne minimume. Lokalne minimume potem primerja s sosednjimi in tako določa prevojne točke hidrograma. Za iskanje prevojnih točk program ponuja dve metodi in sicer standardno in modificirano, ki sta predstavljeni v nadaljevanju. Nato algoritem lokalne minimume med seboj poveže in na ta način dobimo izločen bazni del odtoka. V originalnem algoritmu Inštituta za hidrologijo v Veliki Britaniji je bil uporabljen 5-dnevni minimum pretokov ($N = 5$) in prevojni faktor $f = 0,9$. Vrednost prevojnega faktorja 0,9 pomeni, da če je 90-odstotna vrednost danega minimuma manjša od primerjanih sosednjih minimumov, potem dani minimum predstavlja prevojno točko (Wahl and Wahl, 1995; Bruškova, 2008). Oba parametra N in f lahko v programu spreminjamo. To omogoča prilagajanje algoritma različnim povodjem in primerjavo ali umerjanje baznih odtokov z odtoki, ki so pridobljeni z drugimi izločevalnimi metodami. Če leta ne moremo enakomerno razdeliti na N -dnevna obdobja, je zadnje obdobje podaljšano in tako vključuje še dneve naslednjega leta (Wahl and Wahl, 1995).

Program omogoča tudi analizo porečij, ki imajo obdobja brez pretoka (ničelni pretok). V primeru, ko je pretok v prevojni točki baznega odtoka enaka nič, program uporablja linearno recesijo baznega odtoka namesto standardnih pollogaritemskih razmerij. Program lahko obdeluje podatke neprekinjeno za celotno leto, tako da podatki iz začetka in konca leta niso izključeni iz analize. Preveri tudi pravilnost vnesenih podatkov. Poleg tega, da program izračuna BFI, lahko poda tudi podatke prevojnih točk, dnevnih pretokov in baznih odtokov (Wahl and Wahl, 1995).

V nekaterih primerih lahko metoda oceni dnevne bazne odtoke, ki so prekoračili dejanski pretok. To je pogosto posledica naključnih napak pri določanju pretokov, kjer dominira bazni odtok. Program pri tem ne naredi nobenih popravkov pri izračunu celotnega letnega baznega odtoka. Dnevni bazni odtoki, ki se izpišejo v izvozni datoteki, pa so preverjeni in omejeni na dejanski dnevni pretok (Wahl and Wahl, 1995).

Program na koncu kot rezultat izdela preglednico, ki vsebuje bazni odtok, celotni odtok in indeks BFI za posamezno leto ter hkrati izračuna tudi zbirne statistike.

4.2 Predstavitev metod izločanja baznega odtoka

V program BFI for Windows sta vgrajeni dve metodi izločanja baznega odtoka (slika 5). Standardna metoda Inštituta za hidrologijo (ang. *Institute of Hydrology method*) in alternativna metoda (ang. *Modified Method*). Metodi se razlikujeta samo v testu, ki ga uporabita za prepoznavanje prevojnih točk na hidrogramu baznega odtoka (Wahl and Wahl, 1995).

Obe metodi razdelita leto v N -dnevne odseke in določita minimalni pretok vsakega odseka. Ta minimum je potencialna prevojna točka na hidrogramu baznega odtoka. Privzeta vrednost za N je 5. Kadar ima več dni v odseku enak minimum, je minimum prvi dan med enakimi, razen na koncu leta oz. v zadnjem odseku se smatra za minimum zadnji dan enakih pretokov (Wahl and Wahl, 1995).

4.2.1 Standardna metoda

Standardna metoda je bila razvita na Hidrološkem inštitutu v Veliki Britaniji. Potencialni minimum Q_1 primerja z minimumom pred njim Q_0 in za njim Q_2 . Med tremi minimumi Q_0 , Q_1 in Q_2 je Q_1 minimum, če velja (Wahl and Wahl, 1995):

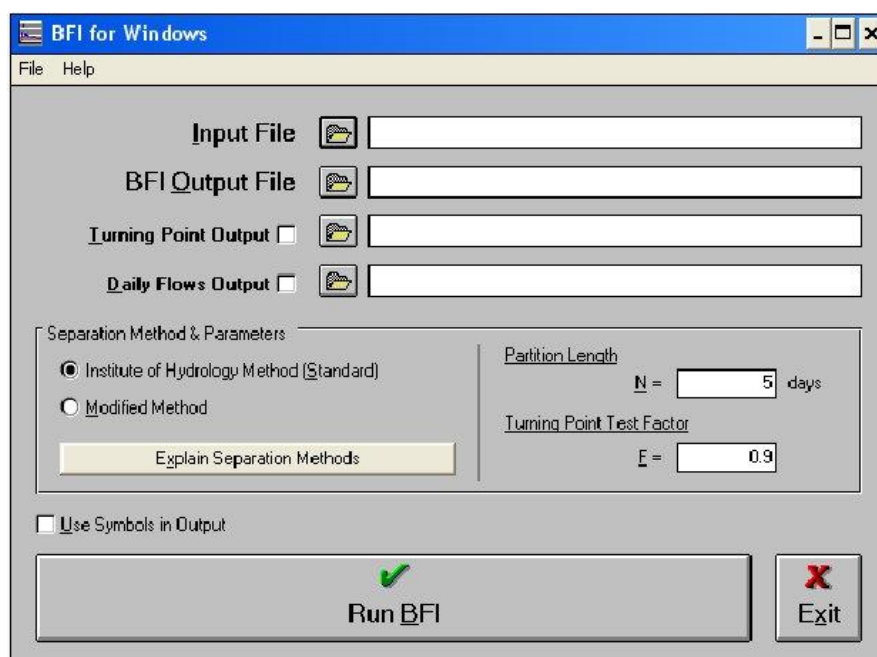
$$Q_1 * f \leq Q_0 \tag{4}$$

in

$$Q_1 * f \leq Q_2 \tag{5}$$

Kjer je f prevojni faktor, ki je večji od 0 in manjši od 1.

Če je $Q_1=0$, je le-ta vedno prevojna točka. Če sta bodisi Q_0 ali Q_2 enaki 0, potem se test izvede na neničelnih vrednostih. Če pa sta Q_0 in Q_2 enaka 0, potem Q_1 ne more biti prevojna točka razen, tudi če je enaka nič (Wahl and Wahl, 1995).



Slika 5: Okno programa BFI for Windows

5.2.2 Modificirana metoda

Modificirana metoda prav tako primerja tri zaporedne lokalne minimume Q_0 , Q_1 in Q_2 . Če se dani pretoki Q_0 , Q_1 in Q_2 pojavijo na dneve N_0 , N_1 in N_2 , in velja (Wahl and Wahl, 1995):

$$N_{01} = N_1 - N_0 \quad (6)$$

in

$$N_{12} = N_2 - N_1 \quad (7)$$

potem sta N_{01} in N_{12} število dni, ki ločijo med seboj primerjane lokalne minimume.

Q_1 je prevojna točka, če velja:

$$Q_1 * K^{N_{01}} \leq Q_0 \quad (8)$$

in

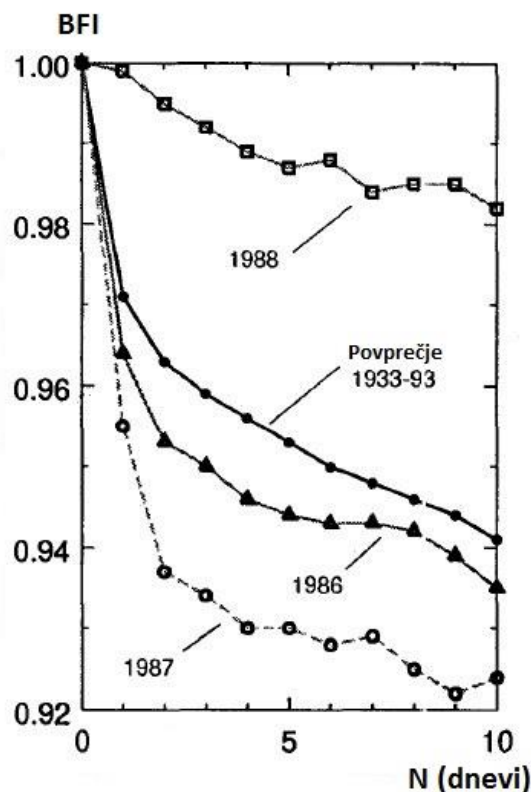
$$Q_1 * K^{N12} \leq Q_2 \quad (9)$$

Kjer je K enodnevna recesijska konstanta, ki je med 0 in 1.

Če je $Q_t=0$ je le-ta vedno prevojna točka. Če sta bodisi Q_0 ali Q_2 enaki 0, potem je test izražen proti neničelnim vrednostim. Če pa sta Q_0 in Q_2 enaka 0, potem Q_t ne more biti prevojna točka, razen če je tudi ta enak nič (Wahl and Wahl, 1995).

4.2.3 Parametra N in f

V programu BFI for Windows moramo določiti vrednosti dveh parametrov in sicer dolžino intervala za deljenje podatkov N in prevojni faktor f . V splošnem ima v večini primerov največji vpliv na rezultat parameter N (Wahl and Wahl, 1995). Če N večamo, so dnevi z večjimi pretoki izključeni in posledično je ocena baznega odtoka manjša. Razmerje med BFI in N se spreminja glede na delež površinskega odtoka. V primeru, da je površinski odtok majhen, je razmerje med BFI in N praktično linearno (slika 6). Z višanjem parametra N pride do dramatičnega padca v oceni baznega odtoka, ker je pri tem površinski odtok izključen. Ko je dosežena kritična vrednost N , je izključen celotni površinski odtok in s tem padec ocene baznega odtoka postane manj izrazit in v bistvu linearen z naraščajočim parametrom N . Vsako dodatno večanje N -ja povzroči, da metoda reže bazni odtok. Ustrezno vrednost parametra N nakazuje točka spremembe naklona (Wahl and Wahl, 1995). Iz Slike 6 je razvidno, da je točka spremembe naklona pri vrednosti parametra $N=2$ dni. To je skladno z ugotovitvami, da površinski odtok navadno preneha v 1 do 2 dneh po nevihti.



Slika 6: Povezava BFI s parametrom N (Wahl and Wahl, 1995)

Vpliv parametra f je slabše definiran. Če bi bil interval dnevov med eno in drugo prevojno točko (N -dnevni minimum) konstanten, bi vrednost parametra f , v povezavi z danim N , določala omejitev dviga in spusta naklonov hidrograma baznega odtoka. Ker se minimalni pretoki lahko pojavijo kjerkoli znotraj N -dnevnega obdobja, lahko interval med katerimakoli N -dnevnima minimumoma varira med 1 in $2N-1$. To ustvari širok razpon omejitve naklonov, ki jih povzroča parameter f . V praksi je vrednost 0,9 najbolj ustrezna za večino aplikacij, ki uporabljajo BFI metodo (Wahl and Wahl, 1995).

4.3 Prikaz postopka izračuna BFI

Osnovni podatki iz katerih izhajamo so dnevne vrednosti pretokov. Najprej razdelimo vhodne pretoke na intervale po 5 dni, kot je prikazano v prvem in drugem stolpcu preglednice 3. V vsakem intervalu določimo minimum (preglednica 3, tretji stolpec). Potem vse minime pomnožimo s prevojnimi faktorjem f (preglednica 3, četrti stolpec). V naslednjem koraku pa je potrebno določiti prevojno točko. To točko se izbere z upoštevanjem pogoja (standardna metoda), da je $\min Q * f$ na v izbranem intervalu, manjši od $\min Q$ sosednjih dveh intervalov. Če je pogoj izpolnjen, je $\min Q$ prevojna točka hidrograma (odebeljena številka v četrtem stolpcu). Ko po tem postopku določimo vse prevojne točke

(krepko pisane vrednosti v preglednici 3), jih povežemo z ravnimi premicami in tako določimo vrednosti baznega odtoka še za vse vmesne točke (preglednica 3, peti stolpec).

Preglednica 3: Prikaz postopka izračuna baznega odtoka

Datum	Pretok	min, pretok	$f*minQ$	Bazni odtok
01/01/2008	2,423			
01/02/2008	2,318			
01/03/2008	1,913			
01/04/2008	1,905	1,905	1,715	
01/05/2008	2,443			
01/06/2008	15,253			
01/07/2008	7,410			
01/08/2008	4,861			
01/09/2008	4,059			
01/10/2008	3,690	3,69	3,321	
01/11/2008	3,542	3,542	3,188	3,542
01/12/2008	14,028			3,606
01/13/2008	20,757			3,670
01/14/2008	14,045			3,734
01/15/2008	10,336			3,797
01/16/2008	15,466			3,861
01/17/2008	25,274			3,925
01/18/2008	23,426			3,989
01/19/2008	15,691			4,053
01/20/2008	11,852	11,852	10,667	4,117
01/21/2008	10,121			4,181
01/22/2008	8,849			4,244
01/23/2008	7,619			4,308
01/24/2008	7,033			4,372
01/25/2008	6,670	6,67	6,003	4,436
01/26/2008	6,230			4,500
01/27/2008	5,913			4,564
01/28/2008	5,589			4,628
01/29/2008	5,355			4,691
01/30/2008	5,101	5,101	4,591	4,755
01/31/2008	4,974			4,819
02/01/2008	4,883	4,883	4,395	4,883
02/02/2008	7,139			4,911
02/03/2008	7,986			4,940
02/04/2008	11,034			4,968
02/05/2008	15,362			4,996
02/06/2008	13,157			5,024
02/07/2008	10,945			5,053
02/08/2008	9,573			5,081
02/09/2008	8,880	8,88	7,992	5,109
02/10/2008	8,401			5,138
02/11/2008	8,201			5,166

se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 3

02/12/2008	7,589			5,194
02/13/2008	7,572			5,222
02/14/2008	7,341	7,341	6,607	5,251
02/15/2008	7,077			5,279
02/16/2008	6,920			5,307
02/17/2008	6,659			5,336
02/18/2008	6,454			5,364
02/19/2008	6,248	6,248	5,623	5,392
02/20/2008	6,231			5,420
02/21/2008	6,248			5,449
02/22/2008	5,944			5,477
02/23/2008	5,977			5,505
02/24/2008	5,842	5,842	5,258	5,534
02/25/2008	5,842			5,562
02/26/2008	5,876			5,590
02/27/2008	5,842			5,618
02/28/2008	5,842			5,647
02/29/2008	5,675	5,675	5,108	5,675
03/01/2008	7,336	7,336	6,602	
03/02/2008	7,576			
03/03/2008	6,625			
03/04/2008	8,775			
03/05/2008	8,532			
03/06/2008	7,555			

4.4 Priprava podatkov in prikaz rezultatov programa BFI for Windows

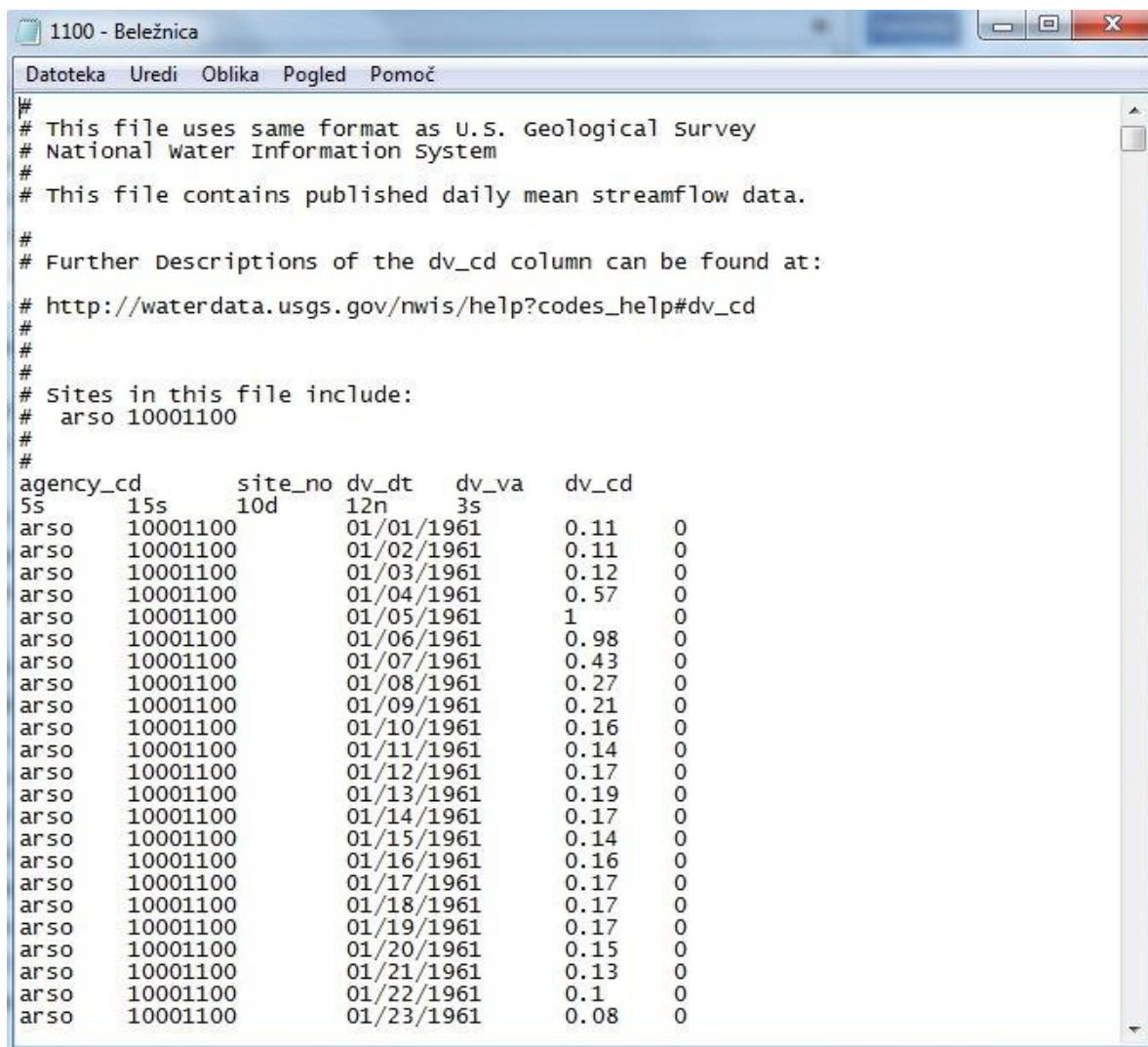
4.4.1 Priprava vhodne datoteke

Program je v osnovi namenjen uporabi ameriških hidroloških podatkov, zato je potrebno podatke predhodno ustrezno pripraviti za vnos v program. Ob morebitnem napačnem vnosu program izračunov ne naredi. Podatke o dnevni vrednosti pretokov za vodomerne postaje v Sloveniji lahko pridobimo na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO, 2014).

Iz pridobljenih dnevni pretokov (ARSO, 2014) moramo najprej v prvi stolpec dodati ime agencije, torej v našem primeru "arso". Potem dodamo še določene štirimestne številke pred številkami postaje zato, ker so v ZDA postaje označene z osemestnimi številkami, pri nas pa s štirimestnimi. Mi smo dodali kar številko 1000 npr. iz 1100 v 10001100 (slika 7, drugi stolpec). Nato je potrebno spremeniti obliko datuma v obliko, ki jo zahteva program. Zapis datuma npr. 17.4.2010 je potrebno spremeniti v 04/17/2010 (slika 7, tretji stolpec). V četrtem stolpcu (slika 7) se nahajajo podatki o pretokih. V petem stolpcu pa dodamo številko 0. To dodamo samo zato, ker program zahteva 5 stolpcev. Nazadnje spremenimo še glavo datoteke in sicer natančneje 13 vrstico, v katero vpišemo ime agencije in številko

postajo npr.: "arso 10001100". Ta sprememba sicer ne vpliva na izračun in je namenjena le preglednosti.

Tako je datoteka pripravljena za vnos v BFI program. Potrebno je izbrati samo še pravi zapis datoteke, da jo program prepozna. Če podatke obdelujemo v programu Microsoft Office Excel, jih kopiramo v Beležko (ang.. *Notepad*) in shranimo v datoteko s končnico .txt.



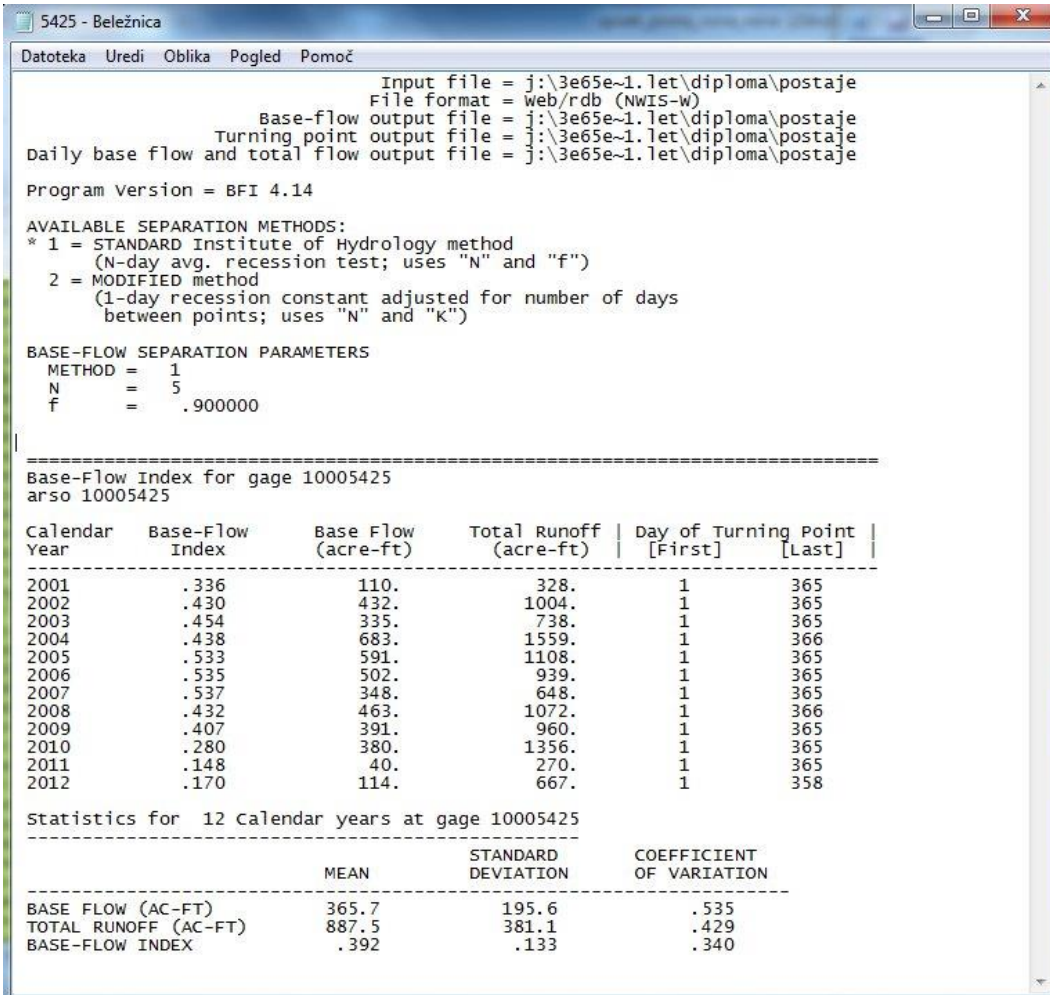
```
#
# This file uses same format as U.S. Geological Survey
# National Water Information System
#
# This file contains published daily mean streamflow data.
#
# Further Descriptions of the dv_cd column can be found at:
#
# http://waterdata.usgs.gov/nwis/help?codes_help#dv_cd
#
#
# Sites in this file include:
# arso 10001100
#
#
agency_cd      site_no dv_dt   dv_va   dv_cd
5s            15s    10d     12n     3s
arso 10001100 01/01/1961 0.11 0
arso 10001100 01/02/1961 0.11 0
arso 10001100 01/03/1961 0.12 0
arso 10001100 01/04/1961 0.57 0
arso 10001100 01/05/1961 1     0
arso 10001100 01/06/1961 0.98 0
arso 10001100 01/07/1961 0.43 0
arso 10001100 01/08/1961 0.27 0
arso 10001100 01/09/1961 0.21 0
arso 10001100 01/10/1961 0.16 0
arso 10001100 01/11/1961 0.14 0
arso 10001100 01/12/1961 0.17 0
arso 10001100 01/13/1961 0.19 0
arso 10001100 01/14/1961 0.17 0
arso 10001100 01/15/1961 0.14 0
arso 10001100 01/16/1961 0.16 0
arso 10001100 01/17/1961 0.17 0
arso 10001100 01/18/1961 0.17 0
arso 10001100 01/19/1961 0.17 0
arso 10001100 01/20/1961 0.15 0
arso 10001100 01/21/1961 0.13 0
arso 10001100 01/22/1961 0.1   0
arso 10001100 01/23/1961 0.08 0
```

Slika 7: Primer vhodne datoteke za delo s programom BFI

4.4.2 Prikaz rezultatov

S pomočjo BFI programa dobimo tri različne izhodne datoteke. V prvi datoteki (slika 8) dobimo za vsako obravnavano leto posebej rezultate o povprečnem letnem indeksu BFI, letnem baznem odtoku in letnem celotnem odtoku. Poleg tega pa še podatke o privzetih prevojnih točkah. V spodnjem delu

izhodne datoteke so izračunane tudi povprečne vrednosti, standardne deviacije in koeficienti variacije za bazni odtok, celotni odtok in indeks BFI za celotno obravnavano obdobje (slika 8).



```
Input file = j:\3e65e-1.1et\diploma\postaje
File format = web/rdb (NWIS-W)
Base-flow output file = j:\3e65e-1.1et\diploma\postaje
Turning point output file = j:\3e65e-1.1et\diploma\postaje
Daily base flow and total flow output file = j:\3e65e-1.1et\diploma\postaje

Program Version = BFI 4.14

AVAILABLE SEPARATION METHODS:
* 1 = STANDARD Institute of Hydrology method
  (N-day avg. recession test; uses "N" and "f")
  2 = MODIFIED method
  (1-day recession constant adjusted for number of days
  between points; uses "N" and "k")

BASE-FLOW SEPARATION PARAMETERS
METHOD = 1
N       = 5
f       = .900000

=====
Base-Flow Index for gage 10005425
arso 10005425

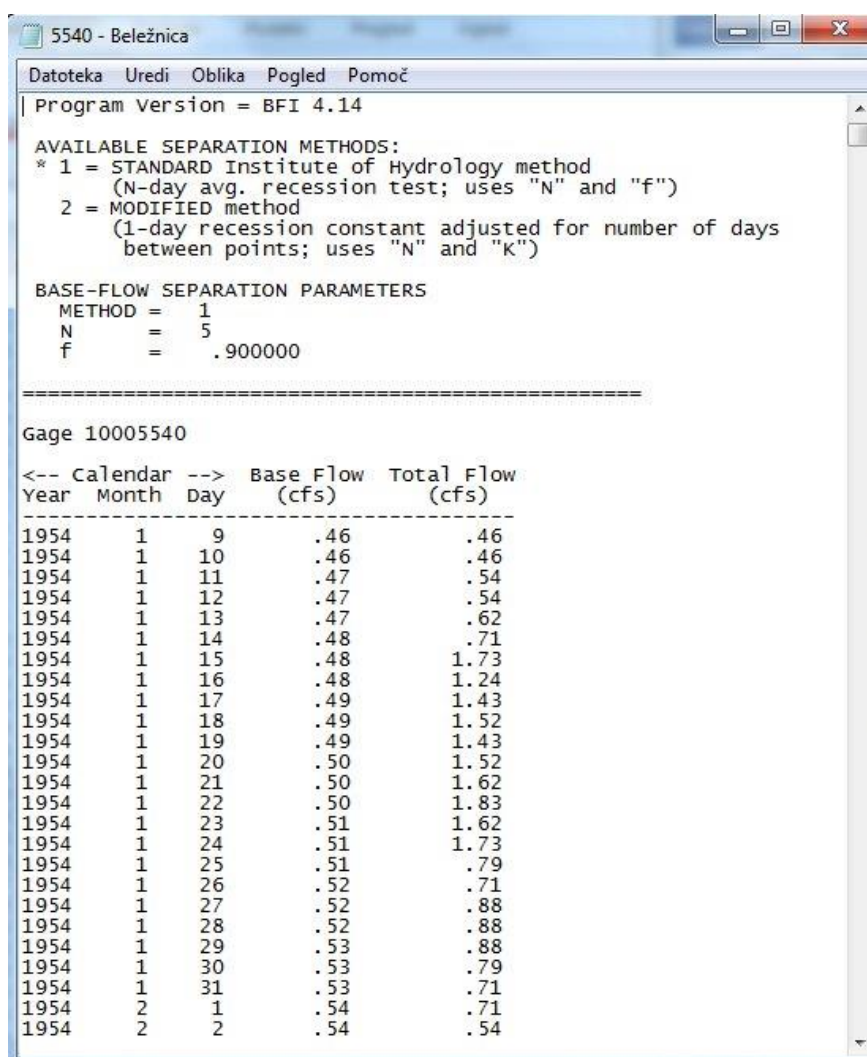
Calendar Year | Base-Flow Index | Base Flow (acre-ft) | Total Runoff (acre-ft) | Day of Turning Point [First] | Day of Turning Point [Last] |
-----|-----|-----|-----|-----|-----|
2001 | .336 | 110. | 328. | 1 | 365 |
2002 | .430 | 432. | 1004. | 1 | 365 |
2003 | .454 | 335. | 738. | 1 | 365 |
2004 | .438 | 683. | 1559. | 1 | 366 |
2005 | .533 | 591. | 1108. | 1 | 365 |
2006 | .535 | 502. | 939. | 1 | 365 |
2007 | .537 | 348. | 648. | 1 | 365 |
2008 | .432 | 463. | 1072. | 1 | 366 |
2009 | .407 | 391. | 960. | 1 | 365 |
2010 | .280 | 380. | 1356. | 1 | 365 |
2011 | .148 | 40. | 270. | 1 | 365 |
2012 | .170 | 114. | 667. | 1 | 358 |

Statistics for 12 calendar years at gage 10005425

=====
MEAN | STANDARD DEVIATION | COEFFICIENT OF VARIATION
-----|-----|-----
BASE FLOW (AC-FT) | 365.7 | 195.6 | .535
TOTAL RUNOFF (AC-FT) | 887.5 | 381.1 | .429
BASE-FLOW INDEX | .392 | .133 | .340
```

Slika 8: Izhodna datoteka s prikazom rezultatov letnih vrednosti indeksa BFI, baznega odtoka in celotnega odtoka

V drugi izhodni datoteki je prikazan indeks BFI in celotni odtok za vsak dan posebej (slika 9). S pomočjo teh rezultatov lahko zrišemo graf baznega odtoka in celotnega odtoka, ki vizualno lepo predstavi delež baznega odtoka (slika 10).

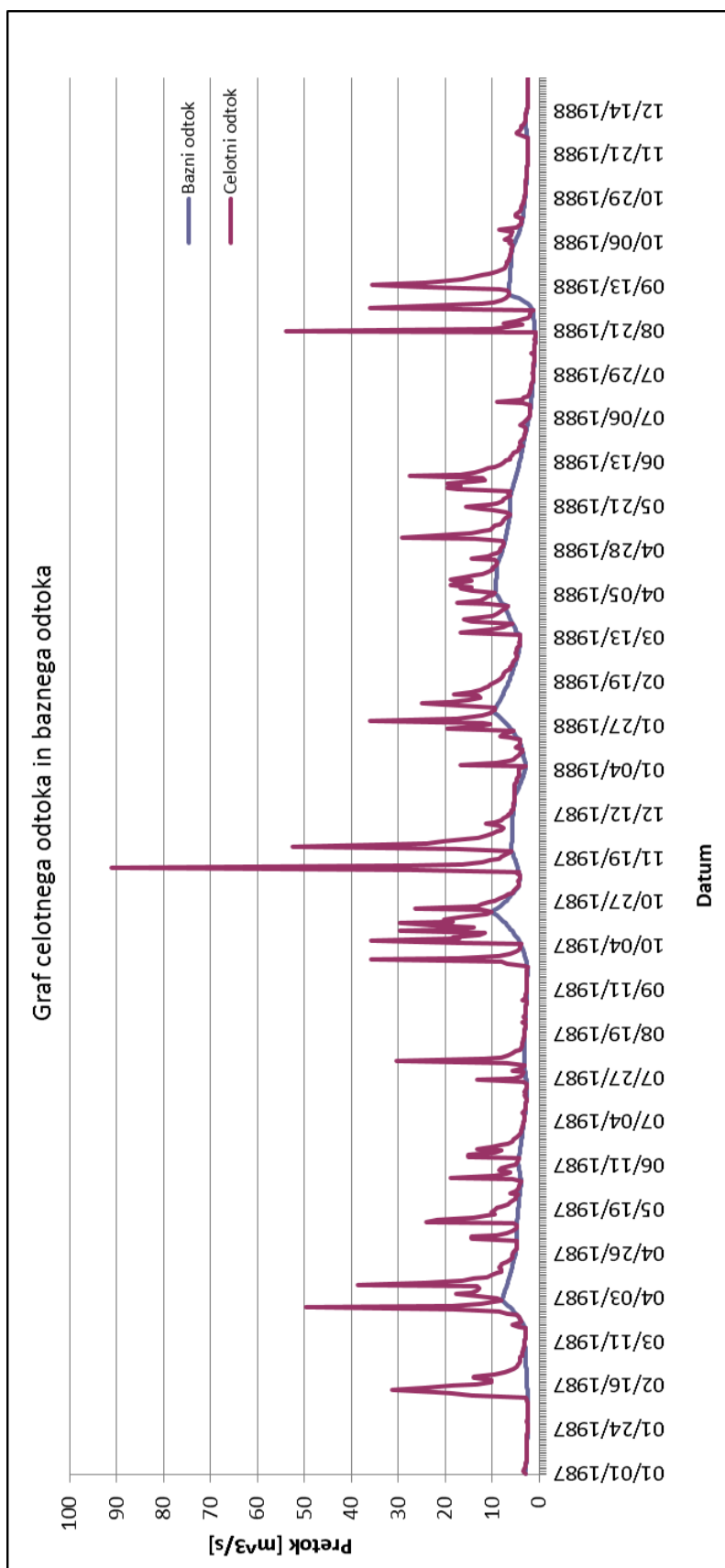


```
Datoteka Uredi Oblika Pogled Pomoč
| Program Version = BFI 4.14
AVAILABLE SEPARATION METHODS:
* 1 = STANDARD Institute of Hydrology method
  (N-day avg. recession test; uses "N" and "f")
  2 = MODIFIED method
  (1-day recession constant adjusted for number of days
  between points; uses "N" and "k")

BASE-FLOW SEPARATION PARAMETERS
METHOD = 1
N       = 5
f       = .900000

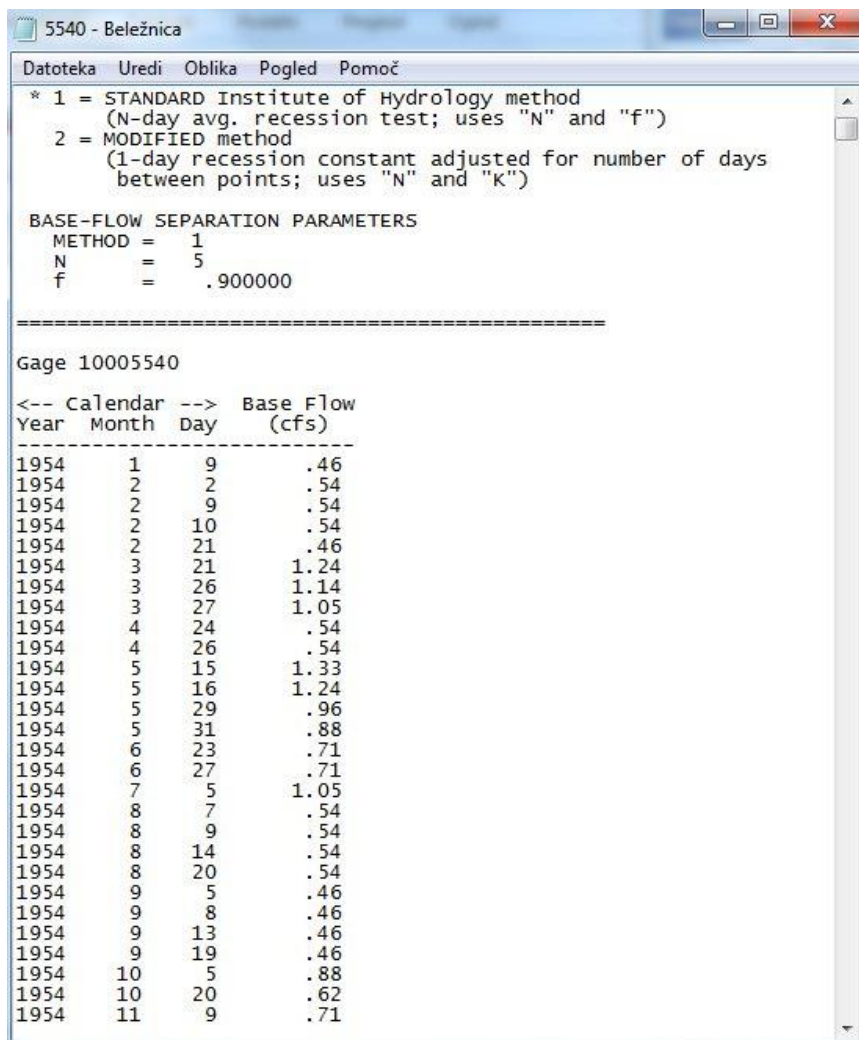
=====
Gage 10005540
<-- Calendar --> Base Flow Total Flow
Year Month Day (cfs) (cfs)
-----
1954 1 9 .46 .46
1954 1 10 .46 .46
1954 1 11 .47 .54
1954 1 12 .47 .54
1954 1 13 .47 .62
1954 1 14 .48 .71
1954 1 15 .48 1.73
1954 1 16 .48 1.24
1954 1 17 .49 1.43
1954 1 18 .49 1.52
1954 1 19 .49 1.43
1954 1 20 .50 1.52
1954 1 21 .50 1.62
1954 1 22 .50 1.83
1954 1 23 .51 1.62
1954 1 24 .51 1.73
1954 1 25 .51 .79
1954 1 26 .52 .71
1954 1 27 .52 .88
1954 1 28 .52 .88
1954 1 29 .53 .88
1954 1 30 .53 .79
1954 1 31 .53 .71
1954 2 1 .54 .71
1954 2 2 .54 .54
```

Slika 9: Izhodna datoteka s prikazom rezultatov dnevni vrednosti baznega in celotnega odtoka



Slika 10: Grafični prikaz izločenega baznega odtoka

V tretji izhodni datoteki so razvidni dnevi prevojnih točk hidrograma in pripadajoči bazni odtok (slika 11).



Datoteka Uredi Oblika Pogled Pomoč

* 1 = STANDARD Institute of Hydrology method
(N-day avg. recession test; uses "N" and "f")
2 = MODIFIED method
(1-day recession constant adjusted for number of days
between points; uses "N" and "k")

BASE-FLOW SEPARATION PARAMETERS
METHOD = 1
N = 5
f = .900000

=====

Gage 10005540

<-- Calendar -->			Base Flow
Year	Month	Day	(cfs)
1954	1	9	.46
1954	2	2	.54
1954	2	9	.54
1954	2	10	.54
1954	2	21	.46
1954	3	21	1.24
1954	3	26	1.14
1954	3	27	1.05
1954	4	24	.54
1954	4	26	.54
1954	5	15	1.33
1954	5	16	1.24
1954	5	29	.96
1954	5	31	.88
1954	6	23	.71
1954	6	27	.71
1954	7	5	1.05
1954	8	7	.54
1954	8	9	.54
1954	8	14	.54
1954	8	20	.54
1954	9	5	.46
1954	9	8	.46
1954	9	13	.46
1954	9	19	.46
1954	10	5	.88
1954	10	20	.62
1954	11	9	.71

Slika 11: Izhodna datoteka s prikazom prevojnih točk hidrograma in pripadajočimi baznimi odtoki

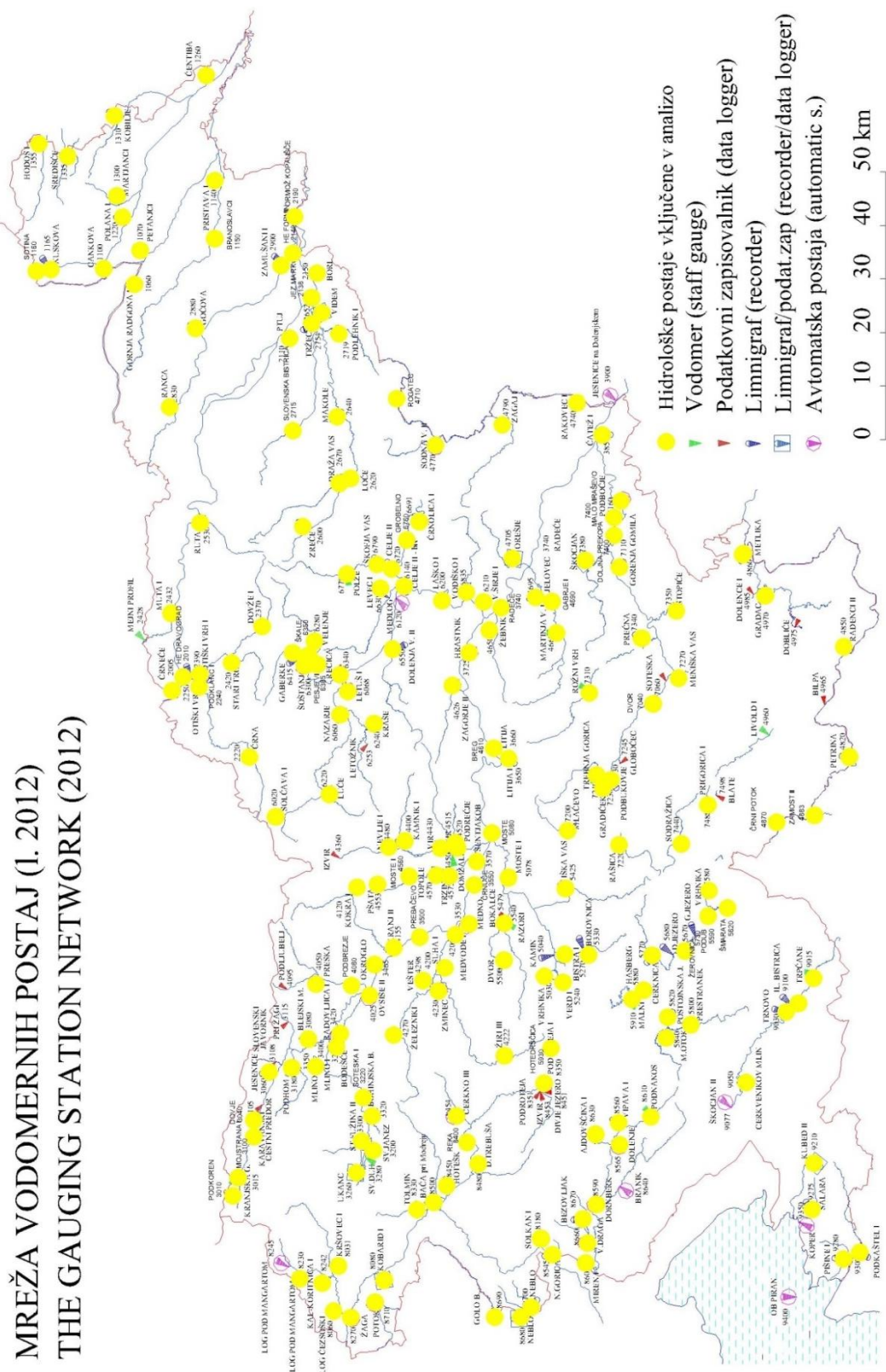
5 IZRAČUN INDEKSOV BAZNEGA ODTOKA (BFI) ZA VODOMERNE POSTAJE DRŽAVNEGA HIDROLOŠKEGA MONITORINGA

5.1 Vhodni podatki

V analizo izračunov indeksov baznega odtoka za vodomerne postaje državnega hidrološkega monitoringa smo vključili 196 vodomernih postaj Slovenije (slika 12 in priloga A). Pri izbiri smo upoštevali dva kriterija in sicer: da ima postaja vsaj 10-letni zvezni niz merjenih pretokov, ter da se obdobje merjenja ne konča pred letom 1986. Najdaljše obravnavano obdobje podatkov je 95 koledarskih let in sicer za postajo Jesenice na Savi Dolinki (1918 – 2012). Najkrajše obravnavano obdobje je 12 let in sicer za vodomerno postajo Iška vas (2001 – 2012). Pri postajah, ki se jim je tekom merjenja spremenila lokacija merjenja in so označene z rimskimi številkami (ARSO, 2014), smo v izračunih upoštevali le zadnjo lokacijo postaje (priloga 1). Na sliki 12 je prikazanih vseh 196 obravnavanih vodomernih postaj. Ker je podlaga za sliko 12 mreža vodomernih postaj ARSO iz leta 2012 in zato na njej ni bilo označenih nekaterih postaj, kjer so se meritve prenehale izvajati pred tem letom, smo s pomočjo koordinat dodali še manjkajoče postaje.

Osnovni podatki za izračun indeksa BFI so dnevne vrednosti merjenih pretokov, ki smo jih pridobili iz arhiva meritev na spletnih straneh Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO, 2014).

V preglednici v prilogi A so prikazane obravnavane hidrološke postaje, pripadajoč vodotok, koordinate X in Y ter začetek in konec obravnavanega obdobja podatkov.



Slika 12: Mreža vodomernih postaj, uporabljenih v analizi (podloga ARSO, 2012)

5.2 Primer izračuna in analize BFI za vodomerno postajo Trpčane na reki Reki

Za postajo Trpčane na reki Reki so bili na voljo podatki dnevnih vrednosti pretokov od leta 2000 do 2012. Osnovna statistična analiza obravnavanih vrednosti pretokov je predstavljena v preglednici 4. Največji pretok v obravnavanem obdobju se je zgodil v novembru in decembru leta 2000 in je znašal 123 m³/s. Povprečna vrednost dnevnih pretokov v obravnavanem obdobju pa znaša 1,2 m³/s. V zveznem nizu obravnavanih dnevnih vrednosti pretokov so tudi sušna obdobja, ko je bil pretok na vodomerni postaji enak nič.

Preglednica 4: Statistična analiza obravnavanih dnevnih vrednosti pretokov vodomerne postaje Trpčane na reki Reki

Statistična analiza	
Povprečna vrednost [m ³ /s]	1,232
Standardna napaka [m ³ /s]	0,071
Mediana [m ³ /s]	0,257
Modus [m ³ /s]	0,109
Standardna deviacija [m ³ /s]	4,925
Varianca [m ⁶ /s ²]	24,255
Koeficient sploščenosti [-]	252,749
Koeficient asimetrije [-]	13,458
Razpon [m ³ /s]	123,000
Minimum [m ³ /s]	0,000
Maksimum [m ³ /s]	123,000

Na sliki 13 so prikazani rezultati izračunov s programom BFI for Windows in sicer: letni indeks baznega odtoka (BFI), letni bazni odtok in celotni letni odtok za vsako leto obravnavanega obdobja posebej. Na koncu pa je za vse tri omenjene vrednosti izračunano še povprečje, standardna deviacija in koeficient variacije.

Ker na program BFI izračuna delež baznega odtoka tudi za vsak dan posebej, lahko rezultate oz. deleže posameznega dela odtoka prikažemo tudi grafično (slika 14).


```

Program Version = BFI 4.14

AVAILABLE SEPARATION METHODS:
* 1 = STANDARD Institute of Hydrology method
    (N-day avg. recession test; uses "N" and "f")
  2 = MODIFIED method
    (1-day recession constant adjusted for number of days
    between points; uses "N" and "k")

BASE-FLOW SEPARATION PARAMETERS
METHOD = 1
N       = 5
f       = .900000
    
```

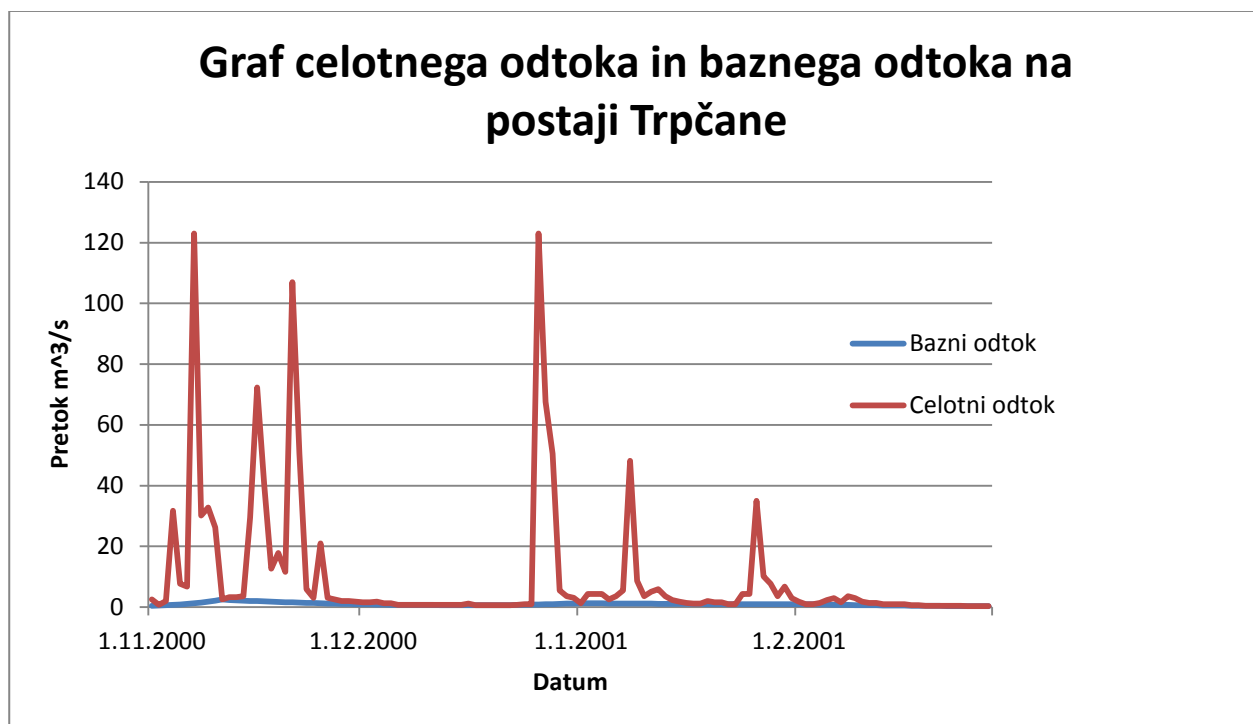
Base-Flow Index for gage 10009015
 arso 10009015

Calendar Year	Base-Flow Index	Base Flow (acre-ft)	Total Runoff (acre-ft)	Day of Turning Point [First]	Day of Turning Point [Last]
2000	.104	225.	2157.	1	366
2001	.192	200.	1042.	1	365
2002	.273	292.	1071.	1	365
2003	.165	119.	723.	1	365
2004	.231	212.	918.	1	366
2005	.183	93.	509.	1	365
2006	.193	112.	581.	1	365
2007	.154	80.	520.	1	365
2008	.182	169.	927.	1	366
2009	.099	88.	892.	1	365
2010	.189	217.	1149.	1	365
2011	.197	82.	415.	1	365
2012	.189	132.	698.	1	360

Statistics for 13 Calendar years at gage 10009015

	MEAN	STANDARD DEVIATION	COEFFICIENT OF VARIATION
BASE FLOW (AC-FT)	126.4	87.6	.693
TOTAL RUNOFF (AC-FT)	725.2	537.9	.742
BASE-FLOW INDEX	.147	.084	.569

Slika 13: Rezultati izračunov baznega odtoka in BFI za vodomerno postajo Trpčane na reki Reki za obdobje 2000-2012



Slika 14: Prikaz celotnega in baznega odtoka na vodomerni postaji Trpčane na reki Reki za obdobje od 1.11.2000 do 28.2.2001

Na sliki 14 sta predstavljena bazni in celotni odtok za izbrano krajše obdobje, kjer je lepo videti povečan površinski odtok kot posledico nalivov in hkrati ob teh dogodkih tudi povečan bazni odtok.

5.3 Rezultati izračunov indeksov baznega odtoka (BFI) za vodomerne postaje državnega hidrološkega monitoringa

V preglednici 5 so prikazani rezultati izračunov indeksa baznega odtoka za vodomerne postaje državnega hidrološkega monitoringa.

Preglednica 5: Rezultati izračunov povprečnih indeksov baznega odtoka za obravnavane vodomerne postaje

ŠIFRA	POSTAJA	VODOTOK	POVPR. BFI	STAN. DEV.	KOEF. VAR.	RAZPON BFI
1060	Gornja Radgona I	Mura	0,785	0,042	0,054	0,694-0,869
1070	Petanjci	Mura	0,780	0,114	0,146	0,680-0,874
1100	Cankova	Kučnica	0,194	0,155	0,796	0,083-0,708
1140	Pristava I	Ščavnica	0,407	0,133	0,328	0,292-0,649
1150	Branoslavci	Turja	0,364	0,182	0,502	0,114-0,600
1160	Sotina	Ledava	0,517	0,082	0,160	0,383-0,660
1165	Nuskova	Ledava	0,439	0,118	0,268	0,267-0,741
1220	Polana I	Ledava	0,389	0,098	0,253	0,161-0,592
1260	Čentiba	Ledava	0,599	0,121	0,201	0,315-0,799
1300	Martjanci	Martjanski potok	0,257	0,160	0,622	0,183-0,515
1310	Kobilje	Kobiljski potok	0,244	0,139	0,567	0,138-0,505
1335	Središče	Ivanjševski potok	0,434	0,118	0,273	0,247-0,691
1350	Hodoš	Velika Krka	0,256	0,199	0,778	0,186-0,612
2010	HE Dravograd	Drava	0,566	0,372	0,657	0,761-0,949
2110	Ptuj	Drava	0,256	0,356	1,390	0,638-0,891
2138	Jez Markovci	Drava	0,480	0,177	0,370	0,219-0,837
2140	HE Formin	Kanal HE Formin	0,479	0,338	0,706	0,600-0,790
2150	Borl I	Drava	0,526	0,125	0,238	0,293-0,740
2190	Ormož Kopališče	Drava	0,691	0,045	0,065	0,619-0,761
2220	Črna	Meža	0,608	0,058	0,095	0,446-0,730
2240	Podklanc I	Meža	0,655	0,039	0,060	0,596-0,713
2250	Otiški Vrh I	Meža	0,645	0,064	0,100	0,511-0,775
2370	Dovže I	Mislinja	0,610	0,125	0,204	0,437-0,781
2390	Otiški Vrh I	Mislinja	0,573	0,058	0,100	0,432-0,687
2420	Stari Trg I	Suhodolnica	0,365	0,224	0,613	0,324-0,648
2430	Muta	Bistrica	0,772	0,125	0,162	0,614-0,878
2530	Ruta	Radoljna	0,575	0,197	0,342	0,416-0,916
2600	Zreče	Dravinja	0,664	0,121	0,182	0,528-0,795
2610	Dražava vas	Dravinja	0,598	0,063	0,105	0,505-0,743
2620	Loče	Dravinja	0,325	0,303	0,933	0,349-0,811
2640	Makole	Dravinja	0,525	0,110	0,210	0,405-0,693
2652	Videm	Dravinja	0,274	0,239	0,874	0,355-0,619
2670	Dražava Vas	Oplotnica	0,530	0,113	0,212	0,419-0,703
2715	Slovenska	Bistrica	0,596	0,182	0,304	0,528-0,798

se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 5

	Bistrica I					
2720	Podlehnik	Rogatnica	0,296	0,122	0,413	0,138-0,512
2754	Tržec	Polskava	0,364	0,222	0,611	0,264-0,758
2830	Ranca	Pesnica	0,163	0,142	0,872	0,177-0,395
2880	Gočova	Pesnica	0,316	0,091	0,289	0,152-0,489
2900	Zamušani I	Pesnica	0,376	0,098	0,260	0,210-0,529
3010	Podkoren	Sava Dolinka	0,896	0,029	0,032	0,829-0,941
3015	Kranjska Gora	Sava Dolinka	0,811	0,186	0,229	0,658-0,938
3040	Dovje	Sava Dolinka	0,799	0,213	0,266	0,632-0,920
3060	Jesenice	Sava Dolinka	0,825	0,047	0,057	0,696-0,918
3080	Blejski Most	Sava Dolinka	0,489	0,236	0,482	0,389-0,757
3100	Mojstrana I	Bistrica	0,815	0,214	0,263	0,726-0,962
3180	Podhom	Radovna	0,605	0,060	0,100	0,430-0,700
3200	Sveti Janez	Sava Bohinjka	0,482	0,056	0,117	0,371-0,603
3220	Soteska I	Sava Bohinjka	0,481	0,071	0,147	0,337-0,638
3250	Bodešče	Sava Bohinjka	0,328	0,217	0,662	0,315-0,621
3260	Ukanc	Savica	0,259	0,193	0,745	0,276-0,511
3300	Stara Fužina II	Mostnica	0,371	0,095	0,255	0,191-0,567
3320	Bohinjska Bistrica	Bistrica	0,383	0,086	0,224	0,186-0,589
3400	Mlino I	Jezernica	0,668	0,136	0,204	0,354-0,882
3420	Radovljica I	Sava	0,567	0,058	0,102	0,413-0,656
3465	Okroglo	Sava	0,564	0,171	0,303	0,505-0,688
3500	Prebačevo	Sava	0,583	0,111	0,191	0,505-0,675
3530	Medno	Sava	0,467	0,271	0,581	0,528-0,700
3550	Črnuče	Sava	0,210	0,303	1,442	0,512-0,771
3570	Šentjakob	Sava	0,552	0,208	0,377	0,403-0,762
3650	Litija I	Sava	0,621	0,049	0,078	0,525-0,716
3725	Hrastnik	Sava	0,620	0,049	0,078	0,522-0,697
3740	Radeče	Sava	0,592	0,140	0,236	0,516-0,829
3850	Čatež I	Sava	0,598	0,046	0,077	0,495-0,685
4020	Ovsiše I	Lipnica	0,376	0,145	0,385	0,263-0,635
4050	Preska	Tržiška Bistrica	0,700	0,145	0,207	0,614-0,820
4080	Podbrezje	Tržiška Bistrica	0,526	0,236	0,448	0,580-0,687
4120	Kokra I	Kokra	0,613	0,101	0,165	0,502-0,730
4155	Kranj II	Kokra	0,460	0,181	0,394	0,363-0,651
4200	Suha I	Sora	0,475	0,085	0,179	0,357-0,637
4206	Medvode I	Sora	0,545	0,075	0,137	0,422-0,672
4215	Žiri II	Poljanska Sora	0,259	0,077	0,296	0,200-0,358
4230	Zminec	Poljanska Sora	0,285	0,233	0,819	0,354-0,567
4270	Železniki	Selška Sora	0,472	0,048	0,102	0,386-0,591
4298	Vešter	Selška Sora	0,441	0,114	0,258	0,299-0,557
4400	Kamnik I	Kamniška Bistrica	0,551	0,211	0,383	0,516-0,756
4430	Vir	Kamniška Bistrica	0,239	0,162	0,676	0,215-0,436
4450	Domžale	Mlinščica-Kanal	0,706	0,175	0,248	0,416-0,935
4480	Nevlje I	Nevljica	0,438	0,126	0,288	0,290-0,658
4520	Podrečje	Rača	0,523	0,225	0,431	0,431-0,808
4553	Pšata	Pšata	0,473	0,236	0,499	0,467-0,722

se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 5

4560	Moste I	Pšata	0,379	0,118	0,311	0,212-0,569
4570	Topole	Pšata	0,312	0,125	0,401	0,268-0,492
4575	Trzin	Pšata	0,582	0,166	0,286	0,466-0,746
4610	Breg	Reka	0,320	0,291	0,910	0,424-0,734
4630	Zagorje I	Medija	0,576	0,100	0,174	0,415-0,736
4650	Žebnik	Sopota	0,495	0,240	0,484	0,472-0,784
4660	Martinja vas I	Mirna	0,499	0,070	0,141	0,336-0,690
4690	Gabrje I	Mirna	0,496	0,109	0,219	0,381-0,671
4695	Jelovec	Mirna	0,502	0,089	0,176	0,278-0,714
4705	Orešje	Sevnična	0,424	0,121	0,286	0,276-0,574
4710	Rogatec	Sotla	0,341	0,126	0,369	0,203-0,599
4740	Rakovec I	Sotla	0,364	0,075	0,205	0,232-0,559
4760	Sodna vas I	Mestinjščica	0,186	0,126	0,677	0,161-0,368
4790	Zagaj I	Bistrica	0,408	0,114	0,279	0,190-0,578
4820	Petrina	Kolpa	0,355	0,047	0,132	0,232-0,473
4850	Radenci II	Kolpa	0,215	0,187	0,867	0,294-0,475
4860	Metlika	Kolpa	0,404	0,053	0,132	0,278-0,556
4870	Črni Potok	Čabranka	0,259	0,205	0,794	0,288-0,591
4883	Zamost II	Čabranka	0,383	0,074	0,193	0,259-0,558
4970	Gradac	Lahinja	0,345	0,062	0,180	0,214-0,480
5030	Vrhnika	Ljubljanica	0,437	0,199	0,456	0,389-0,745
5080	Moste	Ljubljanica	0,545	0,056	0,103	0,425-0,682
5240	Verd I	Ljubija	0,642	0,107	0,166	0,534-0,796
5270	Bistra I	Bistra	0,637	0,368	0,577	0,765-0,889
5330	Borovnica	Borovniščica	0,417	0,161	0,387	0,273-0,722
5425	Iška vas	Iška	0,392	0,133	0,340	0,148-0,537
5500	Dvor	Gradaščica	0,460	0,157	0,342	0,357-0,640
5540	Razori	Šujica	0,470	0,073	0,156	0,322-0,614
5580	Vrhnika	Veliki Obrh	0,162	0,199	1,227	0,301-0,495
5590	Pudob	Veliki Obrh	0,355	0,082	0,231	0,241-0,559
5620	Šmarata	Mali Obrh	0,140	0,081	0,577	0,091-0,285
5730	Žerovnica	Žerovniščica	0,321	0,177	0,551	0,216-0,564
5770	Cerknica I	Cerkniščica	0,384	0,084	0,220	0,231-0,612
5800	Prestranek	Pivka	0,408	0,180	0,442	0,083-0,743
5820	Postojnska Jama	Pivka	0,145	0,151	1,041	0,046-0,481
5840	Mali Otok	Nanoščica	0,126	0,099	0,785	0,045-0,296
5880	Hasberg	Unica	0,584	0,090	0,155	0,325-0,821
5910	Malni	Malenščica	0,832	0,245	0,294	0,806-0,958
5930	Hotedrščica	Hotenjka	0,233	0,143	0,615	0,132-0,457
6020	Solčava I	Savinja	0,586	0,133	0,227	0,495-0,802
6060	Nazarje	Savinja	0,517	0,063	0,121	0,403-0,708
6068	Letuš I	Savinja	0,477	0,057	0,120	0,360-0,577
6140	Celje II - Brv	Savinja	0,435	0,176	0,405	0,361-0,621
6200	Laško I	Savinja	0,489	0,054	0,110	0,368-0,601
6210	Veliko Širje I	Savinja	0,469	0,113	0,241	0,393-0,588
6220	Luče	Lučnica	0,318	0,123	0,388	0,198-0,479
6240	Kraše	Dreta	0,446	0,083	0,186	0,344-0,555
6280	Velenje	Paka	0,377	0,231	0,612	0,297-0,642
6300	Šoštanj	Paka	0,463	0,117	0,252	0,278-0,729
6340	Rečica	Paka	0,487	0,055	0,112	0,399-0,634

se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 5

6350	Škale	Lepena	0,324	0,117	0,360	0,166-0,587
6385	Pesje IV	Lepena	0,436	0,232	0,533	0,221-0,781
6400	Škale	Sopota	0,386	0,077	0,200	0,212-0,533
6415	Gaberke	Velunja	0,499	0,062	0,124	0,382-0,618
6420	Šoštanj	Velunja	0,333	0,152	0,456	0,059-0,626
6550	Dolenja vas II	Bolska	0,422	0,110	0,261	0,348-0,576
6630	Levec I	Ložnica	0,303	0,050	0,165	0,188-0,403
6690	Črnlolica	Vogljajna	0,340	0,110	0,322	0,197-0,689
6720	Celje II	Vogljajna	0,321	0,072	0,223	0,206-0,458
6760	Grobelno	Slom	0,295	0,064	0,216	0,144-0,425
6770	Polže	Hudinja	0,397	0,247	0,622	0,349-0,866
6790	Škofja Vas	Hudinja	0,506	0,067	0,133	0,326-0,640
6835	Vodiško I	Gračnica	0,425	0,123	0,290	0,321-0,585
7030	Podbukovje	Krka	0,493	0,052	0,105	0,397-0,621
7040	Dvor	Krka	0,411	0,089	0,215	0,282-0,563
7110	Gorenja Gomila	Krka	0,463	0,060	0,130	0,303-0,597
7160	Podbočje	Krka	0,458	0,091	0,199	0,347-0,640
7200	Mlačevo	Grosupeljščica	0,328	0,318	0,970	0,348-0,861
7220	Rašica	Rašica	0,312	0,210	0,674	0,289-0,610
7230	Gradiček	Poltarica	0,168	0,229	1,363	0,290-0,574
7240	Trebnja Gorica	Višnjica	0,389	0,183	0,471	0,108-0,609
7270	Meniška vas	Radešca	0,230	0,168	0,728	0,267-0,475
7310	Rožni Vrh	Temenica	0,466	0,197	0,422	0,210-0,723
7340	Prečna	Prečna	0,637	0,109	0,171	0,445-0,786
7350	Stopiče	Težka Voda	0,291	0,273	0,937	0,386-0,691
7380	Škocjan	Radulja	0,445	0,078	0,176	0,267-0,698
7400	Dolnja Prekopa	Pleterski potok	0,284	0,157	0,554	0,206-0,495
7420	Malo Mraševo	Senuša	0,201	0,110	0,546	0,185-0,353
7430	Podbočje	Sušica	0,416	0,192	0,462	0,292-0,665
7441	Sodražica I	Bistrica	0,370	0,200	0,541	0,339-0,637
7488	Prigorica I	Ribnica	0,261	0,072	0,276	0,109-0,393
8030	Kršovec	Soča	0,586	0,124	0,212	0,496-0,724
8060	Log Čezsoški	Soča	0,553	0,203	0,366	0,480-0,771
8080	Kobarid I	Soča	0,571	0,115	0,202	0,460-0,727
8180	Solkan I	Soča	0,494	0,059	0,119	0,370-0,591
8230	Log pod Mangartom	Koritnica	0,355	0,372	1,049	0,557-0,934
8240	Kal-Koritnica	Koritnica	0,677	0,173	0,256	0,537-0,859
8270	Žaga	Učja	0,408	0,052	0,128	0,284-0,538
8330	Tolmin	Tolminka	0,510	0,171	0,334	0,368-0,720
8350	Podroteja I	Idrijca	0,329	0,071	0,216	0,199-0,473
8400	Reka	Idrijca	0,376	0,178	0,473	0,348-0,620
8450	Hotešk	Idrijca	0,436	0,054	0,123	0,290-0,566
8455	Cerkno II	Cerknica	0,487	0,198	0,406	0,449-0,671
8480	Dolenja Trebuša	Trebuša	0,498	0,099	0,199	0,317-0,695
8500	Bača pri Modreju	Bača	0,516	0,158	0,307	0,369-0,727
8545	Nova Gorica I	Koren	0,462	0,063	0,136	0,350-0,585

se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 5

8560	Vipava I	Vipava	0,392	0,072	0,184	0,286-0,513
8565	Dolenje	Vipava	0,388	0,058	0,148	0,218-0,465
8590	Dornberk	Vipava	0,368	0,068	0,184	0,265-0,532
8600	Miren	Vipava	0,351	0,049	0,138	0,264-0,481
8610	Podnanos	Močilnik	0,268	0,102	0,379	0,173-0,467
8630	Ajdovščina I	Hubelj	0,405	0,086	0,212	0,270-0,558
8660	Volčja Draga	Lijak	0,126	0,036	0,290	0,064-0,181
8670	Bezovljak	Vogršček	0,304	0,210	0,689	0,122-0,832
8680	Neblo	Reka	0,185	0,067	0,362	0,036-0,300
8690	Golo Brdo	Idrija	0,119	0,127	1,066	0,130-0,471
8700	Neblo	Kožbanjšček	0,175	0,100	0,569	0,055-0,364
8710	Potoki	Nadiža	0,154	0,188	1,216	0,256-0,703
9015	Trpčane	Reka	0,147	0,084	0,569	0,099-0,273
9030	Trnovo	Reka	0,266	0,181	0,680	0,263-0,487
9050	Cerkvenikov Mlin	Reka	0,315	0,056	0,177	0,216-0,451
9100	Ilirska Bistrica	Bistrica	0,406	0,277	0,682	0,407-0,747
9210	Kubed II	Rižana	0,233	0,112	0,479	0,186-0,433
9275	Šalara	Badaševica	0,377	0,091	0,241	0,227-0,564
9280	Pišine I	Drnica	0,334	0,100	0,299	0,139-0,527
9300	Podkaštel	Dragonja	0,169	0,145	0,858	0,098-0,476

V preglednici 5 so poleg rezultatov povprečne vrednosti BFI prikazane še vrednosti standardne deviacije, koeficienta variacije in razpon posameznih letnih vrednosti BFI. Pojem standardna deviacija ali standardni odklon nam pove, kako so statistične enote razpršene okoli aritmetične sredine. Mera razpršenost podatkov okoli aritmetične sredine in ima isto enoto kot podatki. Največjo standardno deviacijo smo izračunali na vodomerni postaji Log pod Mangartom in HE Dravograd in znaša 0,372. Najnižjo standardno deviacijo pa smo izračunali za postajo Podkoren na vodotoku Sava Dolinka in sicer 0,029.

V preglednici 5 so predstavljeni tudi podatki o koeficientu variacije. To je statistični kazalec, ki meri relativno razpršenost podatkov okoli aritmetične sredine oz. je mera za primerjavo razpršenosti podatkov. Najvišjo vrednost smo izračunali na postaji Črnuče na vodotoku Sava in sicer 1,442. Najnižji koeficient variacije pripada prav tako postaji Podkoren.

Razvidno je, da ima najmanjšo vrednost BFI postaja Golo Brdo na vodotoku Idrija in sicer povprečna vrednost BFI celotnega obravnavanega obdobja znaša 0,119, pripadajoča standardna deviacija 0,127 in koeficient variacije 1,066. Vrednosti standardne deviacije je precej visoka, kar kaže na precejšnja nihanja vrednosti BFI v posameznih letih obravnavanega obdobja. Letne vrednosti BFI za to postajo so se gibale od 0,130 do 0,471. Postaja Golo Brdo ima zaledno površino veliko 57,04 m².

Najvišjo povprečno vrednost BFI celotnega obravnavanega obdobja ima vodomerna postaja Podkoren na Savi Dolinki in sicer 0,896 (preglednica 5). Izračunana pripadajoča standardna deviacija je 0,029 in

koeficient variance je 0,032. Zanimivo je, da je vrednost standardne deviacije zelo majhna oz. ena najmanjših med vsemi postajami, kar kaže na precej konstantno vrednost BFI v posameznih letih obravnavanega obdobja. Letne vrednosti BFI za vodomerno postajo Podkoren so se gibale od 0,829 do 0,941. Zaledje postaje ima površino 30,22 m².

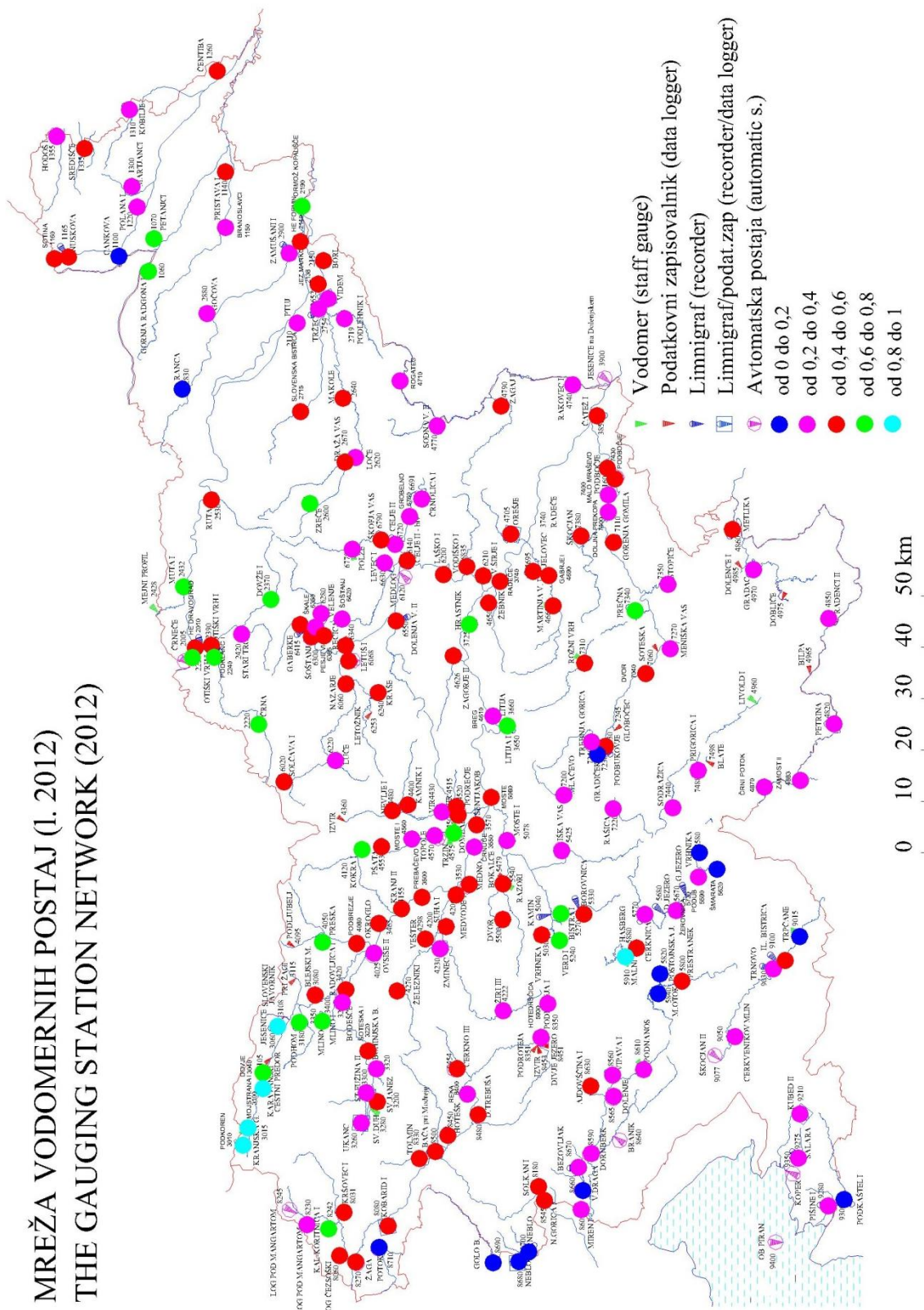
6 ANALIZA REZULTATOV IN RAZPRAVA

V nadaljevanju smo izračunane povprečne vrednosti BFI razvrstili v razrede velikosti 0,2. Na ta način smo dobili 5 razredov. Rezultat razvrščanja postaj po razredih je prikazan na sliki 15. Vsak razred je označen z različno barvo za lažji pregled.

Iz slike 15 je lepo razvidno, da je v višjih, hribovitih predelih Slovenije, torej v severozahodnem delu, povprečni indeks baznega odtoka najvišji. Tu poteka hribovje Karavank in ob vznožju tega hribovja teče reka Sava Dolinka, katere vodomerne postaje izkazujejo največji povprečni indeks baznega odtoka. Presenetljivo v skupino z največjim BFI pade tudi postaja Malni na Malenščici v porečju Ljubljane, ki pa predstavlja kraški izvir. Visok indeks pa izkazujejo tudi nekatere postaje na Muri, Bistrici in Tržiški Bistrici (preglednica 5 in slika 15).

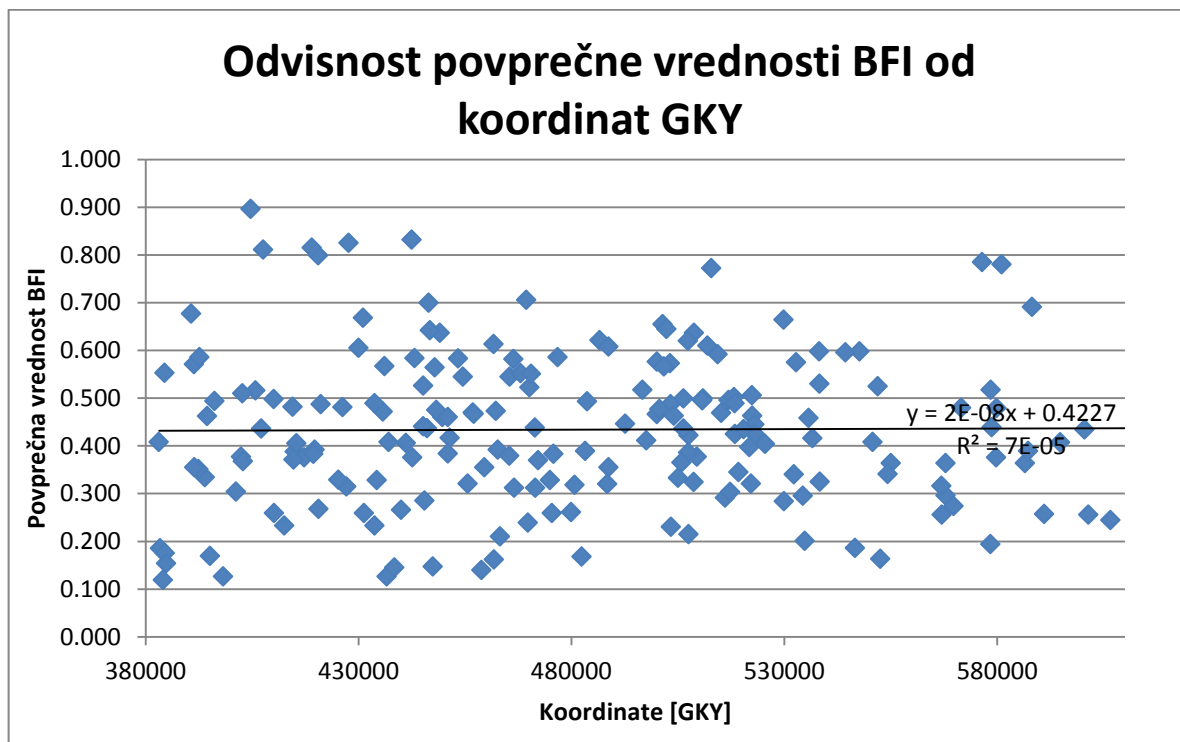
Najnižji indeks baznega odtoka je zaslediti na primorskem in na notranjsko-kraškem območju. Tu tiči razlog najverjetneje v kraških tleh in nizkem vodostaju podtalnice. Postaja z najnižjim povprečnim indeksom baznega odtoka je Golo Brdo na vodotoku Idrija. Povprečna vrednost BFI te postaje v obdobju 53-letnih meritev je 0,119. Lahko rečemo, da je nizek indeks BFI precej značilen za kraške vodotoke. Ga pa zasledimo tudi na posameznih postajah v severovzhodnem delu države in sicer na Kučnici in Pesnici. Na splošno je opaziti, da je v južnem delu Slovenije BFI manjši kot v notranjosti in severnem delu Slovenije. To je razvidno tudi iz odvisnosti med BFI in koordinatami na slikah 16 in 17.

MREŽA VODOMERNIH POSTAJ (l. 2012)
THE GAUGING STATION NETWORK (2012)



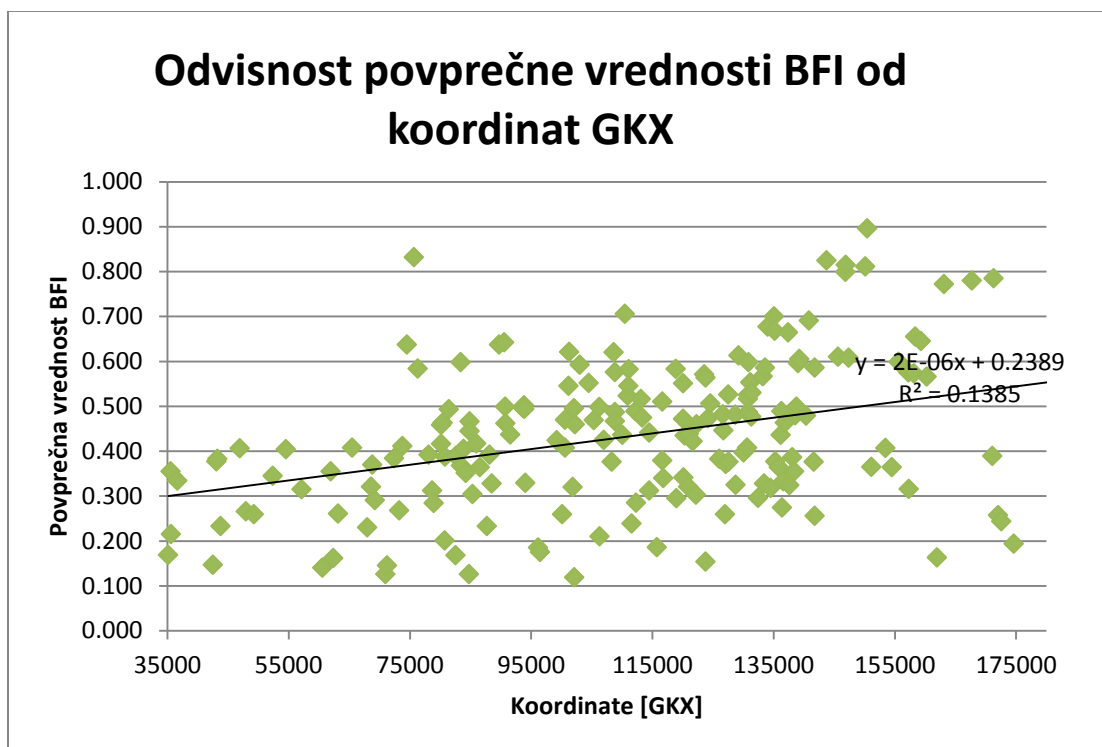
Slika 15: Razdelitev vodomernih postaj po razredih glede na povprečno vrednost BFI (podloga ARSO, 2012)

Na sliki 16 je prikazana odvisnost povprečne vrednosti BFI od Gauss-Krugerjeve koordinate (GKY). O neki očitni povezavi med povprečno vrednostjo BFI in koordinatami GKY ne moremo govoriti, kar pomeni, da ne moremo govoriti o nekem statistično značilnem spreminjanju BFI od vzhoda proti zahodu države.



Slika 16: Odvisnost povprečne vrednosti BFI od koordinate GKY

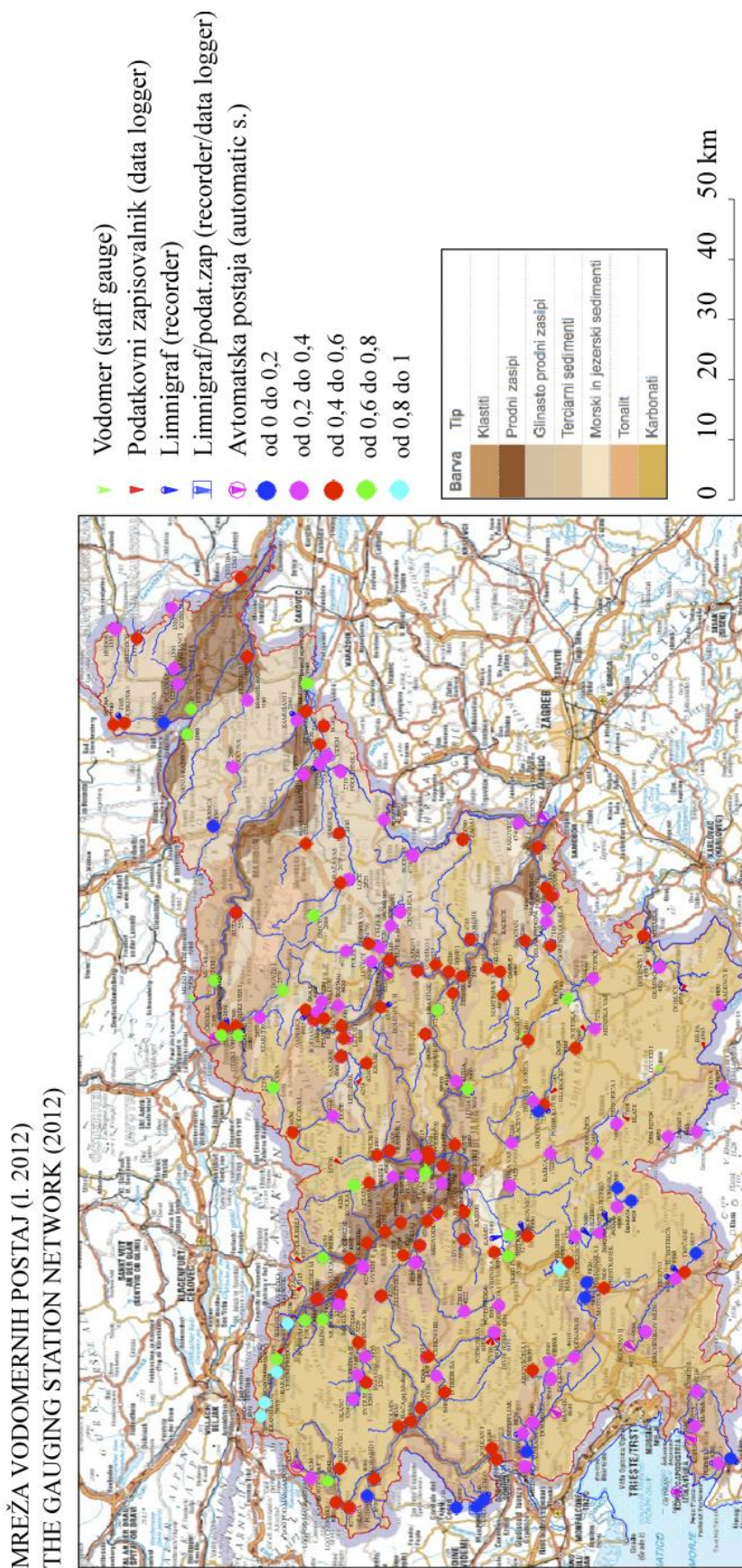
Slika 17 prikazuje odvisnost povprečne vrednosti BFI od Gauss-Krugerjeve koordinate (GKX). Za razliko od slike 16, pa na sliki 17 lahko opazimo statistično značilen naraščajoč trend povprečne vrednosti BFI v odvisnosti od koordinate GKX, kar pomeni, da BFI v Sloveniji statistično značilno narašča od juga proti severu.



Slika 17: Odvisnost povprečne vrednosti BFI od koordinat GKX

Na sliki 18 smo predstavili razrede BFI na geološki karti Slovenije. Tako smo lahko dobili dodatne informacije o odvisnosti indeksa baznega odtoka BFI od geologije.

Iz karte (slika 18) lahko ugotovimo, da se najmanjši indeksi BFI nahajajo pretežno na karbonatnih tleh in klastitih v južni polovici Slovenije (notranjsko-kraško območje). Hkrati pa se tudi najvišje vrednosti BFI največkrat pojavljajo na karbonatih in klastitih, le da večinoma v severnem delu Slovenije. Glavni razlog je verjetno predvsem naklon prispevnih površin. Tudi Kovačič (2012), ki je podrobno obravnaval 20 porečij Slovenije, je pokazal, da je BFI močno pozitivno odvisen od naklonskega indeksa. Iz slike 18 lahko tudi opazimo, da je BFI nekoliko povečan na prodnih zasipih in nižji na terciarnih sedimentih, ki se nahajajo predvsem v vzhodnem delu Slovenije. Večji BFI na prodnih zasipih je posledica višjih gladin podtalnice, ki v večji meri napaja bazni odtok. Večji delež baznega odtoka pa pomeni višjo vrednost BFI. Zaključimo lahko, da je BFI odvisen od geološke podlage, hkrati pa tudi od drugih dejavnikov, kot je npr. naklon zaledja.



Slika 18: Prikaz razredov BFI na geološki karti Slovenije (podloga Geopedia, 2013)

7 ZAKLJUČKI

Bazni odtok je eden izmed osnovnih in pomembnejših pojmov v hidrologiji. Ena izmed definicij opredeli bazni odtok kot delež toka, ki izvira iz podzemne vode ali zapoznelih virov. Bazni odtok je določen z več spremenljivkami in lastnostmi prispevnih površin. Na bazni odtok vplivajo tudi različni vplivni faktorji, kot so: prispevna površina, topografski parametri, geologija, prepustnost tal, količina dežja, evapotranspiracija, tok prispevnih voda idr. (Lacey, 1996).

Indeks baznega odtoka (BFI) je eden izmed pomembnejših indeksov določanja baznega odtoka in analiz nizkih pretokov. Odvisen je predvsem od topografskih značilnosti, podnebja, vegetacije, tipa zemlje in geologije. Indeks definiramo kot brezdimenzijsko razmerje med volumnom baznega odtoka in volumnom celotnega odtoka. BFI se giblje med 0 in 1.

V diplomski nalogi smo izračunali povprečne letne vrednosti BFI, standardne deviacije in koeficiente variacije za 196 vodomernih postaj mreže državnega hidrološkega monitoringa. Izbrane postaje imajo vsaj 10 let zveznih meritev pretokov in meritve se ne končajo pred letom 1986. Rezultate smo izračunali s programom *BFI for Windows*. Poleg prej omenjenih rezultatov smo s programom izračunali tudi bazni odtok in celotni odtok za posamezne postaje za vsako leto obravnavanih obdobj posebej. Najnižji povprečni indeks baznega odtoka ima postaja Golo Brdo na vodotoku Idrija in sicer 0,119. Najvišji povprečni indeks baznega odtoka pripada postaji Podkoren na vodotoku Save Dolinke, ki znaša 0,896.

Nadalje smo postaje razdelili v razrede velikosti 0,2 in jih prikazali na karti Slovenije. Iz analize je razvidno, da se najvišje vrednosti BFI pojavljajo v severnem delu Slovenije in najnižje v južni polovici Slovenije (notranjsko-kraško območje). To je pokazala tudi odvisnost med BFI in koordinatami postaj. Nizek indeks BFI je značilen predvsem za kraške vodotoke. Zaključimo lahko, da je v splošnem v južnem delu Slovenije BFI nižji kot v notranjosti in severnem delu Slovenije. Razrede BFI smo prikazali tudi na geološki karti Slovenije in ugotovili, da se tako najnižje kot najvišje vrednosti BFI pojavljajo pretežno na karbonatih in klastitih. Glavna razlika med njimi pa nastane najverjetneje zaradi razlik v naklonu prispevnih površin, kar je pokazal že Kovačič (2012). V severnem delu Slovenije so nakloni porečij v povprečju precej višji, kot v južnem delu države. Poleg tega visoke vrednosti BFI zasledimo tudi na prodnih zapisih, kar je posledica visoke podtalnice. Zaključimo lahko, da je BFI seveda odvisen od geološke podlage, hkrati pa tudi od drugih dejavnikov, kot je npr. naklon prispevne površine.

VIRI

Abebe, A., Foerch, G. 2006. Catchment Characteristics as Predictors of Base Flow Index (BFI) in Wabi-shebele River Basin, East Africa. Research Institute for Water and Environment: 8 str.

Agencija RS za okolje. 2012. Karta vodomernih postaj z imeni in šiframi.

<http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/karta2.wmf> (Pridobljeno 28. 5. 2014.)

Agencija RS za okolje. 2014. Arhiv površinskih voda.

http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php (Pridobljeno 24. 5. 2014.)

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

Brilly, M., Šraj, M. 2006. Modeliranje površinskega odtoka in navodila za program HEC-HMS. Univerzitetni učbenik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 172 str.

Brodie, R.S., Hostetler, S. 2004. A Review of Techniques for Analysing Baseflow from Stream Hydrographs: 13 str. http://www.connectedwater.gov.au/documents/IAH05_Baseflow.pdf (Pridobljeno 23. 6. 2014.)

Bruškova, V. 2008. Assessment of the base flow in the upper part of the Torysa River catchment. Slovak journal of civil engineering 2: 8–14.

Geopedia. 2013. <http://www.geopedia.si/> (Pridobljeno 14.8.2014.)

Gonzales, A. L., Nonner, J., Heijkers, J., Uhlenbrook, S. 2009. Comparison of different base flow separation methods in a lowland catchment. Hydrology and Earth System Sciences 13: 2055–2068.

Horvat, A. 2014. Primerjava metod izločanja baznega odtoka in analiza visokovodnih valov v Sloveniji. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba Horvat, A.): 85 str.

Kovačič, T. 2012. Analiza vpliva lastnosti porečja na indeks baznega odtoka. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba Kovačič, T.): 93 str.

Lacey, G. C. 1996. Relating baseflow to catchment properties. A scaling approach. Report 96/8.

Cooperative research centre for catchment hydrology: 51 str.

Linsley, R. K., Kohler, M. A., Paulhus, J. L. H. 1958. Hydrology for engineers, McGraw-Hill: 340 str.

Longobardi, A., Villani, P. 2012. Empirical analysis of BFI dependence on climate and permeability indices. Department of Civil Engineering: 7 str.

MetEd 2010. Runoff Processes. Spletni modul. University Corporation for Atmospheric Research. Boulder, Colorado. http://www.meted.ucar.edu/hydro/basic_int/runoff/print.htm#page_1.0.0 (Pridobljeno 28. 6. 2014.)

Murphy, R., Graszekiewicz, Z., Hill, P., Neal, B., Nathan, R., Ladson, T. 2009. Australian rainfall and runoff. Revision project 7: Baseflow for catchment simulation. Stage 1 report – volume 1 – selection of approach. Barton, Engineers Australia, Engineering House: 111 str. http://www.ncwe.org.au/arr/Website_links/ARR_Project_7_Stage1_report_Final.pdf (Pridobljeno 22. 6. 2014.)

Pugelj, A. 2012. Analiza visokovodnih valov Save v Šentjakobu. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba Pugelj, A.): 98 str.

Smakhtin, V. U. 2001: Low flow hydrology: a review. Journal of Hydrology 240: 147–186

Wahl, K. L., and Wahl, T. L., 1995, Determining the Flow of Comal Springs at New Braunfels. American Society of Civil Engineers: 77-86.

Wahl, T.L., Wahl, K.L. 2007. BFI for Windows. http://www.usbr.gov/pmts/hydraulics_lab/twahl/bfi/ (Pridobljeno 16. 2. 2014.)

KAZALO PRILOG

Priloga A: Obravnavane vodomerne postaje.....	A.1
--	------------

Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGE

Priloga A: Obravnavane vodomerne postaje (ARSO, 2014)

ŠIFRA	POSTAJA	VODOTOK	GKY	GKX	ZAČETNO LETO IZRAČUNA	KONČNO LETO IZRAČUNA
1060	Gornja Radgona I	Mura	576509	171284	1946	2012
1070	Petanjci	Mura	581070	167710	1956	2012
1100	Cankova	Kučnica	578454	174623	1961	2012
1140	Pristava I	Ščavnica	594880	153470	1973	2012
1150	Branoslavci	Turja	586550	154520	1961	1989
1160	Sotina	Ledava	578550	187030	1981	1992
1165	Nuskova	Ledava	578785	185645	1993	2012
1220	Polana I	Ledava	587362	171082	1962	2012
1260	Čentiba	Ledava	613705	155645	1969	2012
1300	Martjanci	Martjanski potok	591099	172058	1970	2012
1310	Kobilje	Kobiljski potok	606645	172590	1972	2012
1335	Središče	Ivanjševski potok	600580	181508	1985	2012
1350	Hodoš	Velika Krka	601460	186730	1959	2007
2010	HE Dravograd	Drava	501800	160290	1988	2012
2110	Ptuj	Drava	567055	141795	1953	2012
2138	Jez Markovci	Drava	571600	138550	1990	2012
2140	HE Formin	Kanal HE Formin	579860	140360	1990	2012
2150	Borl I	Drava			1989	2012
2190	Ormož Kopališče	Drava	588260	140820	1991	2009
2220	Črna	Meža	488729	147383	1970	2012
2240	Podklanc I	Meža	501470	158390	1973	1989
2250	Otiški Vrh I	Meža	502357	159305	1953	2012
2370	Dovže I	Mislinja	511980	145640	1970	2012
2390	Otiški Vrh I	Mislinja	503225	158167	1973	2012
2420	Stari Trg I	Suhodolnica	505936	151154	1981	2012
2430	Muta	Bistrica	512885	163125	1954	2005
2530	Ruta	Radoljna	532840	157270	1972	2012
2600	Zreče	Dravinja	529858	137381	1972	2012
2610	Dražava vas	Dravinja	538200	130860	1977	1991
2620	Loče	Dravinja	538400	128725	1955	2012
2640	Makole	Dravinja	551997	130796	1972	2012
2652	Videm	Dravinja	569843	136428	1946	2012
2670	Dražava Vas	Oplotnica	538330	131410	1972	2008
2715	Slovenska Bistrica I	Bistrica	544410	139070	1973	1986
2720	Podlehnik	Rogatnica	567910	132455	1974	2007
2754	Tržec	Polskava	567933	135886	1953	2012
2830	Ranca	Pesnica	552580	161940	1954	2012
2880	Gočova	Pesnica	566968	157341	1970	2012
2900	Zamušani I	Pesnica	579855	141640	1960	2012
3010	Podkoren	Sava Dolinka	404650	150425	1958	1991

se nadaljuje...

... nadaljevanje Priloge A

3015	Kranjska Gora	Sava Dolinka	407580	150120	1990	2012
3040	Dovje	Sava Dolinka	420570	146840	1972	1989
3060	Jesenice	Sava Dolinka	427697	143744	1918	2012
3080	Blejski Most	Sava Dolinka	433785	136305	1959	2012
3100	Mojstrana I	Bistrica	419060	146910	1972	1989
3180	Podhom	Radovna	430058	139229	1933	2012
3200	Sveti Janez	Sava Bohinjka	414565	126620	1951	2012
3220	Soteska I	Sava Bohinjka	426230	128680	1926	1989
3250	Bodešče	Sava Bohinjka	434315	133450	1951	2012
3260	Ukanc	Savica	410175	126981	1951	2012
3300	Stara Fužina II	Mostnica	414773	127124	1959	2012
3320	Bohinjska Bistrica	Bistrica	419451	126031	1968	2012
3400	Mlino I	Jezernica	431109	135174	1956	2012
3420	Radovljica I	Sava	436120	133220	1953	2012
3465	Okroglo	Sava	447916	123760	1986	2012
3500	Prebačevo	Sava	453385	118865	1954	1986
3530	Medno	Sava	457130	108860	1968	2012
3550	Črnuče	Sava	463265	106290	1971	2012
3570	Šentjakob	Sava	468075	104515	1926	2012
3650	Litija I	Sava	486670	101285	1953	2012
3725	Hrastnik	Sava	507381	108630	1993	2012
3740	Radeče	Sava	514390	103055	1909	1996
3850	Čatež I	Sava	547709	83402	1976	2012
4020	Ovsiše I	Lipnica	442640	127560	1955	2005
4050	Preska	Tržiška Bistrica	446470	135100	1957	2012
4080	Podbrezje	Tržiška Bistrica	445220	127550	1977	1989
4120	Kokra I	Kokra	461770	129206	1956	2012
4155	Kranj II	Kokra	450983	122304	1986	2012
4200	Suha I	Sora	448320	113319	1953	2012
4206	Medvode I	Sora	454530	111040	1988	2012
4215	Žiri II	Poljanska Sora	431335	100105	1988	2008
4230	Zminec	Poljanska Sora	445539	112341	1954	2012
4270	Železniki	Selška Sora	435710	120100	1991	2012
4298	Vešter	Selška Sora	445177	114477	1989	2012
4400	Kamnik I	Kamniška Bistrica	470525	120070	1954	2012
4430	Vir	Kamniška Bistrica	469802	111581	1978	2012
4450	Domžale	Mlinščica-Kanal	469410	110500	1979	2012
4480	Nevlje I	Nevljica	471438	121041	1956	2012
4520	Podrečje	Rača	470187	110952	1977	2012
4553	Pšata	Pšata	462260	124200	2000	2012
4560	Moste I	Pšata	465440	116680	1956	1989
4570	Topole	Pšata	466600	114492	1986	2012
4575	Trzin	Pšata	466394	111125	1996	2012
4610	Breg	Reka	488420	101850	1960	1989
4630	Zagorje I	Medija	500090	108820	1979	2000
4650	Žebnik	Sopota	510802	102102	1989	2012
4660	Martinja vas I	Mirna	510900	90700	1963	2012
4690	Gabrje I	Mirna	516980	93700	1954	1993
4695	Jelovec	Mirna	518208	93852	1991	2012

se nadaljuje...

... nadaljevanje Priloge A

4705	Orešje	Sevnična	523215	99253	1995	2012
4710	Rogatec	Sotla	554351	120124	1949	1989
4740	Rakovec I	Sotla	555070	86540	1965	2012
4760	Sodna vas I	Mestinjščica	546650	115730	1987	2004
4790	Zagaj I	Bistrica	550770	100590	1984	2012
4820	Petrina	Kolpa	488780	35521	1952	2012
4850	Radenci II	Kolpa	507555	35610	1953	2012
4860	Metlika	Kolpa	525549	54558	1926	2012
4870	Črni Potok	Čabranka	475460	49270	1954	1992
4883	Zamost II	Čabranka	475850	43260	1950	1989
4970	Gradac	Lahinja	519295	52380	1952	2012
5030	Vrhnika	Ljubljaničica	446125	91575	1926	2012
5080	Moste	Ljubljaničica	465490	101180	1924	2005
5240	Verd I	Ljubija	446781	90583	1960	2012
5270	Bistra I	Bistra	449150	89720	1956	2012
5330	Borovnica	Borovniščica	451480	85981	1954	2012
5425	Iška vas	Iška	462735	88115	2001	2012
5500	Dvor	Gradaščica	449690	102220	1977	2012
5540	Razori	Šujica	456858	100589	1954	2012
5580	Vrhnika	Veliki Obrh	461835	62370	1961	2012
5590	Pudob	Veliki Obrh	459550	61930	1952	1989
5620	Šmarata	Mali Obrh	458910	60570	1973	1989
5730	Žerovnica	Žerovniščica	455690	68580	1954	1989
5770	Cerknica I	Cerkniščica	450985	72380	1961	2012
5800	Prestranek	Pivka	437073	65490	1954	2012
5820	Postojnska Jama	Pivka	438418	71218	1954	2012
5840	Mali Otok	Nanoščica	436632	70981	1968	2012
5880	Hasberg	Unica	443185	76294	1926	2012
5910	Malni	Malenščica	442493	75683	1961	2012
5930	Hotedrščica	Hotenjka	433770	87700	1954	1989
6020	Solčava I	Savinja	476784	141780	1957	2012
6060	Nazarje	Savinja	496710	130800	1926	2012
6068	Letuš I	Savinja	500710	131350	1993	2012
6140	Celje II - Brv	Savinja	520456	120365	1973	2012
6200	Laško I	Savinja	518410	112230	1953	2012
6210	Veliko Širje I	Savinja	515244	105337	1967	2012
6220	Luče	Lučnica	480815	134497	1955	2012
6240	Kraše	Dreta	492677	126735	1958	2012
6280	Velenje	Paka	509475	135310	1953	2012
6300	Šoštanj	Paka	504092	136856	1920	2012
6340	Rečica	Paka	503322	130780	1972	2012
6350	Škale	Lepena	508770	137625	1979	2012
6385	Pesje IV	Lepena	506360	136200	1986	2012
6400	Škale	Sopota	507455	138095	1979	2012
6415	Gaberke	Velunja	506363	138782	1986	2012
6420	Šoštanj	Velunja	505040	136600	1956	2012
6550	Dolenja vas II	Bolska	507533	121683	1952	2012
6630	Levec I	Ložnica	517346	122220	1967	2012
6690	Črnolica	Vogljajna	532285	116835	1959	2007
6720	Celje II	Vogljajna	522215	120919	1966	2012
6760	Grobelno	Slom	534375	118975	1959	1989

se nadaljuje...

... nadaljevanje Priloga A

6770	Polže	Hudinja	521877	130047	1954	2012
6790	Škofja Vas	Hudinja	522470	124550	1983	2012
6835	Vodiško I	Gračnica	518433	107005	1991	2012
7030	Podbukovje	Krka	483750	81425	1959	2012
7040	Dvor	Krka	497640	73750	1959	2005
7110	Gorenja Gomila	Krka	522541	80406	1962	2012
7160	Podbočje	Krka	535726	80170	1930	2012
7200	Mlačevo	Grosupeljščica	475030	88497	1954	2012
7220	Rašica	Rašica	471536	78686	1954	2012
7230	Gradiček	Poltarica	482410	82540	1954	2012
7240	Trebња Gorica	Višnjica	483295	82600	1954	2012
7270	Meniška vas	Radešca	503410	67965	1961	2012
7310	Rožni Vrh	Temenica	500100	84840	1956	2012
7340	Prečna	Prečna	508820	74507	1954	2012
7350	Stopiče	Težka Voda	516140	69215	1955	2012
7380	Škocjan	Radulja	523015	84856	1961	2012
7400	Dolnja Prekopa	Pleterski potok	530000	78940	1960	1986
7420	Malo Mraševo	Senuša	534820	80740	1960	1989
7430	Podbočje	Sušica	536630	80160	1954	1989
7441	Sodražica I	Bistrica	472188	68814	1960	2012
7488	Prigorica I	Ribnica	479952	63154	1990	2012
8030	Kršovec	Soča	392620	133590	1945	2004
8060	Log Čezsoški	Soča	384435	131180	1928	2012
8080	Kobarid I	Soča	391369	123552	1941	2012
8180	Solkan I	Soča	396180	93920	1980	2012
8230	Log pod Mangartom	Koritnica	391440	138400	1956	2012
8240	Kal-Koritnica	Koritnica	390730	134030	1953	2007
8270	Žaga	Učja	383125	130645	1954	2012
8330	Tolmin	Tolminka	402760	116670	1953	2012
8350	Podroteja I	Idrijca	425277	94075	1977	2012
8400	Reka	Idrijca	417230	108300	1935	1989
8450	Hotešk	Idrijca	407154	110061	1949	2012
8455	Cerkno II	Cerknica	421125	108830	1991	2007
8480	Dolenja Trebuša	Trebuša	410105	106265	1954	2012
8500	Bača pri Modreju	Bača	405797	113112	1948	2012
8545	Nova Gorica I	Koren	394481	90756	1986	2012
8560	Vipava I	Vipava	419730	78080	1959	2012
8565	Dolenje	Vipava	415070	80810	1991	2012
8590	Dornberk	Vipava	402871	83430	1954	2012
8600	Miren	Vipava	392410	84250	1950	2003
8610	Podnanos	Močilnik	420591	73270	1981	2012
8630	Ajdovščina I	Hubelj	415402	83863	1954	2012
8660	Volčja Draga	Lijak	398201	84783	1989	2012
8670	Bezovljak	Vogršček	401187	85316	1983	2012
8680	Neblo	Reka	383410	96166	1981	2012
8690	Golo Brdo	Idrija	384099	102114	1956	2009
8700	Neblo	Kožbanjšček	384540	96487	1984	2012
8710	Potoki	Nadiža	384806	123804	1956	2012
9015	Trpčane	Reka	447489	42532	2000	2012
9030	Trnovo	Reka	439999	47943	1952	2012

se nadaljuje...

... nadaljevanje Priloga A

9050	Cerkvenikov Mlin	Reka	427181	57164	1952	2012
9100	Ilirska Bistrica	Bistrica	441185	46958	1957	2012
9210	Kubed II	Rižana	412595	43764	1955	2012
9275	Šalara	Badaševica	402447	43068	1994	2012
9280	Pišine I	Drnica	393936	36642	1994	2012
9300	Podkaštel	Dragonja	395130	35142	1954	2012