

Универзитет “Св. Кирил и Методиј” - Скопје
Факултет за рударство, геологија и политехника
“Св. Гаврил Лесновски” - Штип

Влатко Т. Јовановски

Анализа и моделирање на хидролошките процеси
во сливното подрачје на река Брегалница

(магистерска работа)

Штип, 2007 година

Универзитет “Св. Кирил и Методиј” - Скопје
Факултет за рударство, геологија и политехника
“Св. Гаврил Лесновски” - Штип

Влатко Т. Јовановски

Анализа и моделирање на хидролошките процеси
во сливното подрачје на река Брегалница

(магистерска работа)

Ментор
Проф. Д-р. Тодор Делипетров

Штип, 2007 година

Магистерската работа е работена под менторство на Проф. Д-р. Тодор Делипетров, од Факултетот за рударство, геологија и политехника “Св. Гаврил Лесновски” - Штип. Ја користам можноста да се заблагодарам на почитуваниот професор за несебичната помош во сите фази на изработката на магистерската работа.

Сакам да се заблагодарам на членовите на катедрата за геологија и геофизика за нивната перманентна помош, посебно на М-р Делчо Каракашев за корисните сугестии во финализирањето на магистерската работа.

Се заблагодарувам и на моето семејството со најблиските за несебичната помош при постдипломските студии.

Апстракт

Промената на хидролошките карактеристики влијае на околната средина. Причини за проблемите во сливното подрачје на река Брегалница се обилните дождови и долготрајните сушни периоди. Со следење и запознавање на хидролошките влијанија може да се даде корисна процена и прогноза во повеќе области (геологијата, рударството, земјоделство, градежништво, менаџментот со водни ресурси).

Во магистерската работа е извршена анализа на хидролошките процеси (врнежи, температура, проток на вода, брзина на ветарот, сончев сјај, облачност, релативна влажност, евапорација, инфилтрација, истекување), при што се дефинираат условите на нивно настанување и се обработуваат податоците од набљудувањето.

Визуелизација на податоците за хидролошките процеси во сливното подрачје на река Брегалница овозможува процена и прогноза. Временските серии на врнежите, температурата и протокот на вода се анализираат со стохастички модели.

Во магистерската работа е користен програмскиот пакет ARIMA кој врши анализа на податоците за средногодишните температури и протечи, како и годишните врнежи. ARIMA моделите претставуваат корисна техника за процена и прогноза на хидролошките карактеристики на околната средина.

Моделите за анализа и прогноза може да бидат применети во различни области (економија, индустрија, истражувањето, производството, мониторинг). Единствено ни треба доволно долга временска низа со податоци.

Клучни зборови: Врнежи, температура, проток на вода, брзина на ветарот, сончев сјај, облачност, релативна влажност, евапорација, инфилтрација, истекување, прогноза, ARIMA модели, корелација на хидролошки параметри.

Abstract

The changes of hydrological characteristics have effect on surrounding. The problems in the river Bregalnica basin (Eastern part of the Republic of Macedonia) are the result of abundant rainfalls and long drought periods. Observing and understanding the hydrological effects may provide good estimate and forecast in several fields (geology, mining, agriculture, management of water resources and civil engineering).

The Master's paper has developed analysis of hydrological process (rainfall, temperature, river flow, wind speed, sunshine duration, clouding, relative humidity, evaporation, infiltration, runoff), witch define the conditions for genesis and processing observed data

Visualization of data on the hydrological changes in the river basin provides a good estimation and forecast. Time Series of rainfalls, temperature and river flow can be analysis with stochastic methods.

The software paket ARIMA is used in the analysis models on the annual rain fall analysis data on annual rainfalls, river flow and temperature. ARIMA models are good technique for estimation & prediction of hydrological variations.

The models for analysis, estimation and forecast can be calculated in several fields (economy, industry, research, manufactures, monitoring). We only need long time series of data.

Keywords: Rainfall, temperature, river flow, wind speed, sunshine duration, clouding, relative humidity, evaporation, infiltration, runoff, forecasting, ARIMA models, correlation of hydrological parameters.

Содржина

	Вовед	1
I.	Географски карактеристики на сливното подрачје	2
I.1.	Местоположба и релјеф	2
I.2.	Пошуменост	2
I.3.	Населеност	3
II.	Градба на теренот	4
II.1.	Геолошка градба на теренот	4
II.2.	Тектоника	6
II.3.	Хидрогеолошки карактеристики на теренот	7
II.3.1.	Збиен тип на издани	7
II.3.2.	Пукнатински тип на издани	8
II.3.3.	Карстен тип на издани	8
II.3.4.	Безводни терени	8
III.	Хидрографска мрежа	9
IV.	Климатски карактеристики на сливното подрачје на река Брегалница	11
	Климата во континентално субмедитеранското подрачје	11
	Климата во континенталното подрачје	12
	Климата во континентално-планинско подрачје	13
	Климата во планинското подрачје	13
V.	Основи на хидрологија	14
V.1.	Историјат и развој на хидролошките истражувања	14
V.2.	Актуелни задачи	16
V.3.	Хидролошки циклус	16
VI.	Хидролошки процеси	20
VI.1.	Набљудувачки систем	21
VI.1.1.	Хидро-метеоролошки станици	21
VI.1.2.	Хидролошка мрежа на станици	22
VI.2.	Врнежи	23
VI.2.1.	Теорија на врнежите, влажните воздушни маси и фронтови	23
VI.2.2.	Мерење на врнежите	29
VI.2.3.	Движење на врнежите во просторот. Плувиометриски режим.	31
VI.2.4.	Интензитет на врнежите во зависност од географскиот фактор	31
VI.3.	Врнежи во сливното подрачје на река Брегалница	33
VI.4.	Средномесечна, сезонска и средногодишна температура на воздухот во сливното подрачје на река Брегалница	50
VI.5.	Релативна влажност	56
VI.6.	Облачност	58
VI.7.	Траење на сочевиот сјај	61
VI.8.	Ветарот во сливното подрачје на река Брегалница	63
VI.9.	Евапорација	67
VI.9.1.	Процес на евапорација за слободни водни површини и пресметка	68
VI.9.2.	Евапорација од земјината површина	68
VI.9.3.	Методи за одредување на евапорацијата	69
VI.9.3.1.	Метода на воден биланс	70
VI.9.3.2.	Тигс-ова метода	70

VI.10.	Хидролошки мерења и набљудувања	71
VI.10.1.	Набљудување на водостојот	71
VI.10.2.	Мерење на протокот	72
VI.10.2.1.	Директно мерење на протокот	72
VI.10.2.2.	Индириктни методи на мерење на протокот со дефинирање на брзината	73
VI.10.3.	Проток на вода во реките од сливното подрачје на река Брегалница	77
VI.11.	Понирање на вода. Инфилтрација	82
VI.11.1.	Толкување на поимите и механика на инфилтрацијата	82
VI.11.2.	Влез на вода во површинскиот слој	83
VI.11.3.	Процедување на вода тлото	84
VI.11.4.	Мерење на инфилтрацијата	85
VI.12.	Истекување во сливното подрачје на река Брегалница	85
VII.	Анализа и моделирање на хидролошките процеси	88
VII.1.	ARIMA моделирање	89
VII.1.1.	Својства на временските серии	89
VII.1.2.	Процес ARIMA	90
VII.1.2.1.	Постапка за автоматско враќање (Авторегресиски дел - AR)	90
VII.1.2.2.	Интегриран дел на моделот (I)	91
VII.1.2.3.	Процес на просечно придвижување (MA)	91
VII.1.3.	ARIMA моделирање на хидролошките процеси	91
	Box-Jenkins-ово моделирање	91
VII.1.4.	Одредување на ARIMA. Број на параметри за процена	92
VII.1.4.1.	Автокорелациона функција- ACF	92
VII.1.4.2.	Делумна автокорелациона функција - PACF	93
VII.1.5.	Анализа и моделирање на хидролошките процеси во сливното подрачје на река Брегалница со стохастички ARIMA модели	94
VII.1.5.2.	ARIMA моделирање на хидролошките процеси	95
VII.1.5.2.1.	ARIMA моделирање на годишни врнежи	99
VII.1.5.2.2.	ARIMA моделирање на средногодишната температура	108
VII.1.5.2.3.	ARIMA моделирање на средногодишниот проток на вода во река Брегалница	117
VII.2.	Евапорација во сливното подрачје на река Брегалница	126
VII.2.1.	Определување на средномесечните вредности на евапорацијата	126
VII.2.2.	Определување на годишната евапорација во сливното подрачје на река Брегалница	128
VII.3.	Инфилтрација на водата во сливното подрачје на река Брегалница	130
VII.4.	Индекс на суши во сливното подрачје на река Брегалница	131
	Метода на De Martonne	131
VII.5.	Анализа на зависност на хидролошките процеси со надморската висина	139
VII.5.1.	Корелација на сумата на годишни врнежи со надморската висина	139
VII.5.2.	Корелација на средногодишната температура и надморската висина	141
VII.5.3.	Корелација на средногодишната брзина на ветарот со надморската висина	142
VII.5.4.	Корелација на траењето на сончевиот сјај со надморската висина	143
VII.5.5.	Анализа и зависност на релативната влажност со средногодишната температура на воздухот	144
	Заклучок	145
	Користена литература	148

Вовед

Најновите достигнувања во науката имаат широка примена во проучувањето и моделирањето на хидролошките појави.

Низ историјата, хидрологијата го следела развојот на водостопанските системи. Потребите на вода од ден на ден се зголемуваат, а водните средини стануваат се позагадени. Создадена е ситуација кога постои зголемена потреба од чиста вода, чии ресурси во природата се намалуваат.

Од тука произлегува неопходноста од научно издржан пристап во решавањето на проблемите во хидрологијата.

За планирање и управување со водните ресурси потребно е да се располага со мерени податоци. Во повеќето земји во светот, како и кај нас, оформени се мрежи на хидро-метеоролошки станици во кои се мерат климатските и хидролошките параметри. Од точноста на мерењата и должината на опсервираниот период зависи квалитетот и примената на истите. Република Македонија располага со податоци за хидролошките параметри во период од 35-40 години.

Хидролошкиот процес (XP) е сложена функција (F) од повеќе параметри и генерално може да се изрази во форма:

$$XP = F(x, y, z, t, S_p, K_p, I_p) \quad I-1$$

каде: x, y, z се координати,

t е време,

S_p се параметри на средината,

K_p се климатски параметри,

I_p се инфраструктурни параметри.

Големиот број на параметри и нивната сложена меѓузависност при описот на хидролошките процеси во фазата на моделирање бара параметарски стохастички модел. Современиот информатички хардвер и софтвер даваат можност за успешна анализа на вака сложените модели.

Примарната цел на магистерската работа е преку избор на соодветен методолошки пристап да се дефинираат хидролошки моделиза сливното подрачје на река Брегалница.

За да се добијат хидролошки модели направена е процена на квалитетот на хидролошките информации, анализа на хидролошките системи и дефинирање на нивните компоненти како и моделирање на хидролошките процеси со правилна процена на параметрите на моделите.

Во магистерската работа се применува детерминистичко и стохастичко проучување и моделирање на хидролошките процеси.

Голем број автори нагласуваат дека детерминистичките и стохастичките модели подобро ги прогнозираат хидролошките процеси: врнежи, протечи на вода, истекување, температура, евапорација, инфилтрација, индекс на суши како и прогноза на идните протечи.

Во магистерската работа се образложени ARIMA моделите кои се користат за проучување и креирање на хидролошките процеси со цел да се даде описен модел на сливното подрачје на Брегалница.

Хидролошките процеси се презентирани како: сума на годишни и месечни врнежи, средногодишна и средномесечна температура на воздухот, средногодишен и средномесечен проток на вода, средногодишна и средномесечна евапорација, просечна годишна инфилтрација, средногодишна и средномесечна релативна влажност, средногодишна и средномесечна брзина на ветарот и негова

насока, траење на сончевиот сјај и облачност. За овие хидролошки процеси се одлучив бидејќи истите најчесто се мерат и има најголем број на податоци. Временската дискретизација од еден месец и една година за кои се осреднети хидролошките процеси се сметаат за оптимални.

Менаџирањето со водените ресурси е од најголем приоритет за секое подрачје. Од тој аспект водата е директно поврзана со општествениот и економскиот развој. Слободно може да се каже дека без вода би постоеле само екстремно тешки услови за живот.

I. Географски карактеристики на сливното подрачје

I.1. Местоположба и релјеф

Сливното подрачје на река Брегалница зафаќа површина од 4270 km² и се наоѓа во источниот дел на Република Македонија помеѓу 41⁰ 30' и 42⁰ 00' северна географска широчина и 21⁰ 45' и 23⁰ 00' источна географска должина. Теренот е претежно со планински карактер, освен долините на реките Брегалница, Злетовска река, Крива Лакавица, Кочанско поле и Овче Поле. Тука припаѓа и Делчевско-Пехчевската котлина чие протегање е север – југ (С-Ј).

Во релјефот се сретнуваат морфолошки форми со планински карактер чии сртови се ориентираны во сите правци. Релативните висински разлики помеѓу планинските сртови и речните долини е околу 1300 m.

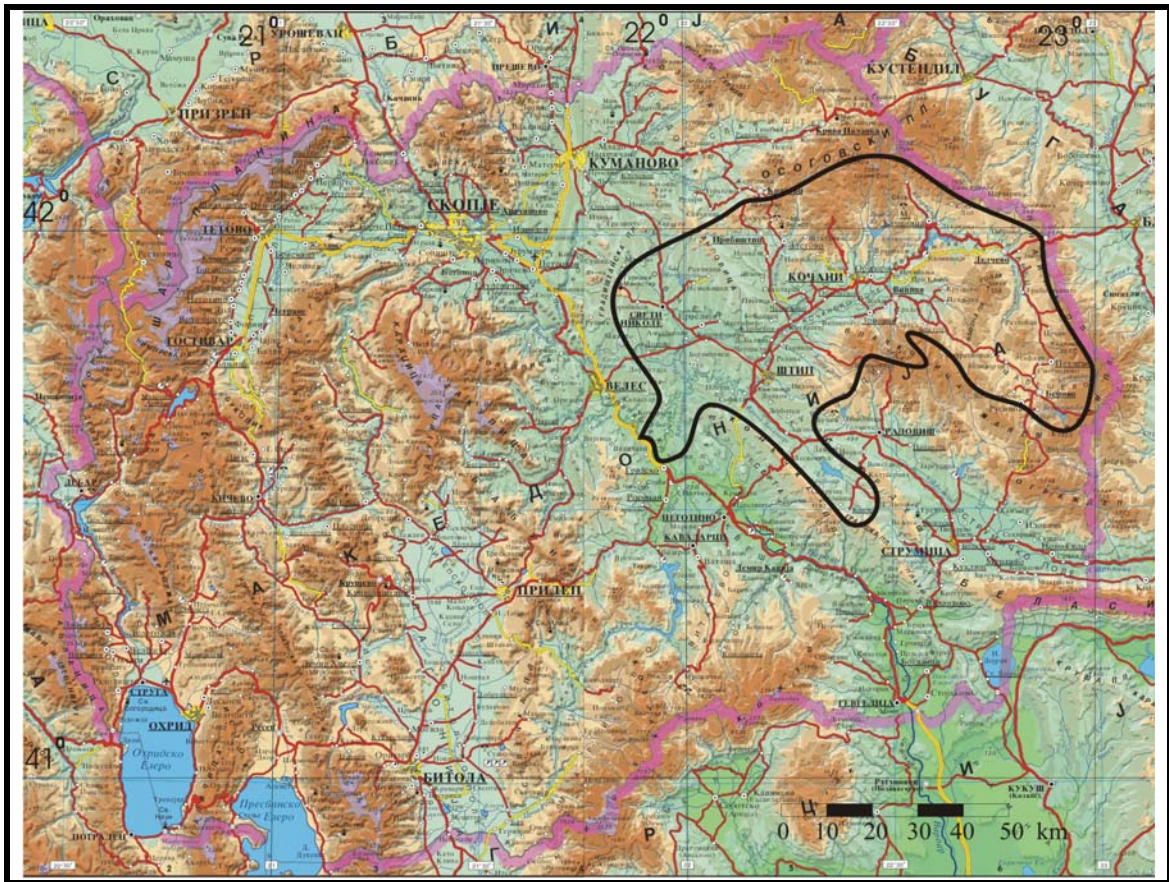
Во западниот и југозападниот дел на сливното подрачје на река Брегалница има ридести предели со многубројни потоци и реки, кои со своите корита ги преседеле овие возвишенија (Богословец, Тиса Баир, Ежево Брдо, Орлов Камен и други).

Во централниот дел се наоѓа масивот на планината Плачковица, претставен со своите највисоки коти: Лисец (1754 m), Црквиште (1676 m), Туртел (1607 m), Бел Камен (1562 m), Шипковица (1184 m), Орлов Камен (1145 m) и други помали врвови, кои се спуштаат стрмно кон Кочанското поле и поблаго на северозапад кон Овче Поле. Северно од Кочанско Поле теренот постепено се издига и преминува во јужните делови на Осоговскиот масив, чии највисоки коти се: Синковица (1545 m), Судугроб (1246 m), Голем Руен (881 m) и други помали врвови. Во овој дел се наоѓаат и планините Голак и Грамадна планина со најголем врвови Чавка (1538 m) и Беаз Тепе (1346 m).

Во источниот дел на сливното подрачје се протега и планината Влаина со својот најголем врв Кадица (1932 m).

I.2. Пошуменост

Пошуменоста е поголема во северните делови на планината Плачковица и јужниот дел на Осоговските планини каде шумата се експлоатира за добивање на индустриско дрво. Во источните делови на сливното подрачје на река Брегалница има добра пошуменост каде предначат: Голак, Кадица, Малешевските планини, додека во останатите делови на сливното подрачје пошуменоста е слаба или изостанува.



Сл. I-1. Карта на сливното подрачје на река Брегалница

I.3. Населеност

Според последниот попис на имот и лица извршен во почетокот на ноември 2002 година, во населените градски, приградски и рурални места од сливното подрачје на река Брегалница живеат околу 210000 жители, што претставува околу 10 % од вкупното население во Република Македонија. Ако ја разгледуваме населеноста на ниво на сливното подрачје ќе забележиме дека е на задоволително ниво, освен во јужниот и југоисточниот дел, каде преовладуваат планините. Најнаселени се Кочанското поле, Овче Поле и Делчевско-Беровската котлина. Во Кочанско е забележана најголема концентрација на население во руралните населени места. Во градовите ситуацијата е малку поинаква. Најголем град е Штип (иако во неговата околина има најмал број селско население), а потоа следат: Кочани, Делчево, Свети Николе, Винаца, Пробиштип и Берово.

II. Градба на теренот

II.1. Геолошка градба на теренот

Во сливното подрачје на река Брегалница се развиени следните геолошки формации: прекамбриски метаморфни карпи, рифеј-камбриски и старопалеозојски метаморфни карпи, палеозојски, метаморфни и магматски карпи, пермски, мезозојски седименти и магматити, терциерни седиментни и вулкански карпи, како и квартерни седиментни слоеви и магматски карпи.

Прекамбриските метаморфни карпи се најстари како во Српско-Македонската маса, така и во Вардарската зона. Тие се претставени со: гнајсеви, микашисти, амфиболски карпи, гранити и нивни вариетети.

Во централните делови на сливното подрачје на река Брегалница, поточно на планините Осогово и Плачковица има рифеј-камбриумски метаморфни карпи кои се широко распространети и лежат трансгресивно преку микашистите. Во источниот дел се издвоени две серии на рифеј-камбрискиот комплекс: зелени шкрилци и метагабродијабази.

Во ордовициските слоеви од западните делови на Плачковица и во останатиот дел на сливното подрачје кое припаѓа на Вардарската зона постојат неколку хоризонти на шкрилци, мермери, филити и песочници. Овие карпи се наоѓаат во тектонски ров помеѓу рифеј-камбриските и прекамбриските карпи.

Во старопалеозојските метаморфни карпи во делот на сливното подрачје на река Брегалница кое зафаќа делови од Српско-Македонската се појавуваат големи интрузии на магматски карпи, каде најраспространети се т.н. “Делчевски гранити” (аплитоидно-гранитски карпи), забележани кај село Тработиште и Тодоровци, додека гранитпорфирските карпи се втиснати вдоль една руптура со протегање ССЗ-ЈЈИ која и понатаму била активна, па овие карпи биле здробени.

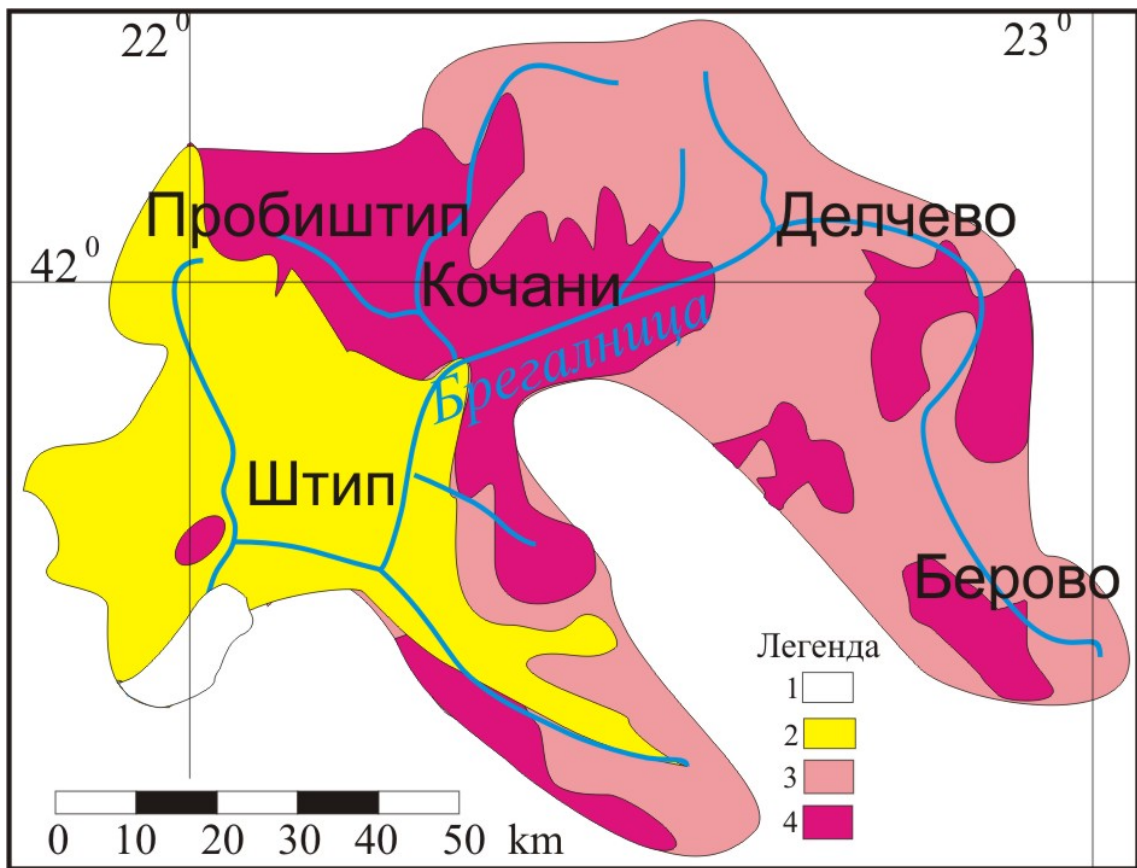
Младопалеозојските карпи се преставени со шкрилци преку кои лушпесто се навлечени рифеј-камбриски карпи, додека во издолжени изолирани зони поврзани со главните тектонски руптури се појавуваат серпентинити. Пермските седименти имаат многу мало значење за градбата на теренот. Тие се пронајдени на планината Влаина (на самата граница со Република Бугарија).

Мезозојските творби се претставени со долнотријаски песочници, песокливи глини и конгломерати. Среден тријас е изграден од слоеви на варовници и тектонски е навлечен преку палеогенот (село Звезгор).

Делот на сливното подрачје кое припаѓа на Вардарската зона е изградено од јурските габрови, гранити и кредни седименти. Гранитите во литературата се познати како “Штипски гранити” кои ги пробиваат прекамбриските карпи, а врз нив трансгресивно лежат седименти. Староста на овие карпи е горнојурска (одредена со мерење на изотопската старост).

Во делот на сливното подрачје кое е дел на Вардарската зона најголемо распространување имаат: терциерните седименти и вулканските карпи. Седиментните карпи се застапени со горноеоценски и неогени седименти, додека вулканитите се во склоп на Кратовско-Злетовската вулканска област.

Горноеоценските седименти големо распространување завземаат во областа на Овче Поле, река Брегалница, Слан Дол, Делчево, селата Панчерево и Трсино.



Сл. П-2. Геолошка карта на сливното подрачје на река Брегалница
1. Квартер, 2. Терциер, 3. Протерозоик, 4. Магматски карпи

Неогенските слоеви припаѓаат на миоценската епоха и преодот од плиоцен кон плеистоцен. Миоценските седименти директно лежат преку ингимбритите со богата флора и фауна, преку кои е одредена нивната старост. На планината Буковик, селата Звезгор, Габрово и Липец, како продолжение на Кратовско-Злетовската вулканска област се појавуваат миоценски творби кои го пробиваат палеогенот, додека плиоценот трансгресивно лежи преку нив.

Непосредно преку палеогенските и миоценските седименти во централниот и западниот дел на сливното подрачје на река Брегалница има туфови во вид на плочи со дебелина од 150 до 200 m, кои се стратифицирани и содржат териген материјал, што укажува на таложеење туф во водена средина.

Плиоценот е претставен со езерски песоци, суглини и чакали. Крајбрежните делови се составени од погруб материјал кој според староста е миоценски. Овие седименти зафаќаат големо пространство во Делчевско-Пехчевскиот ров и дел од Виничкиот ров, лежат трансгресивно преку постарите творби и претставуваат езерски седименти.

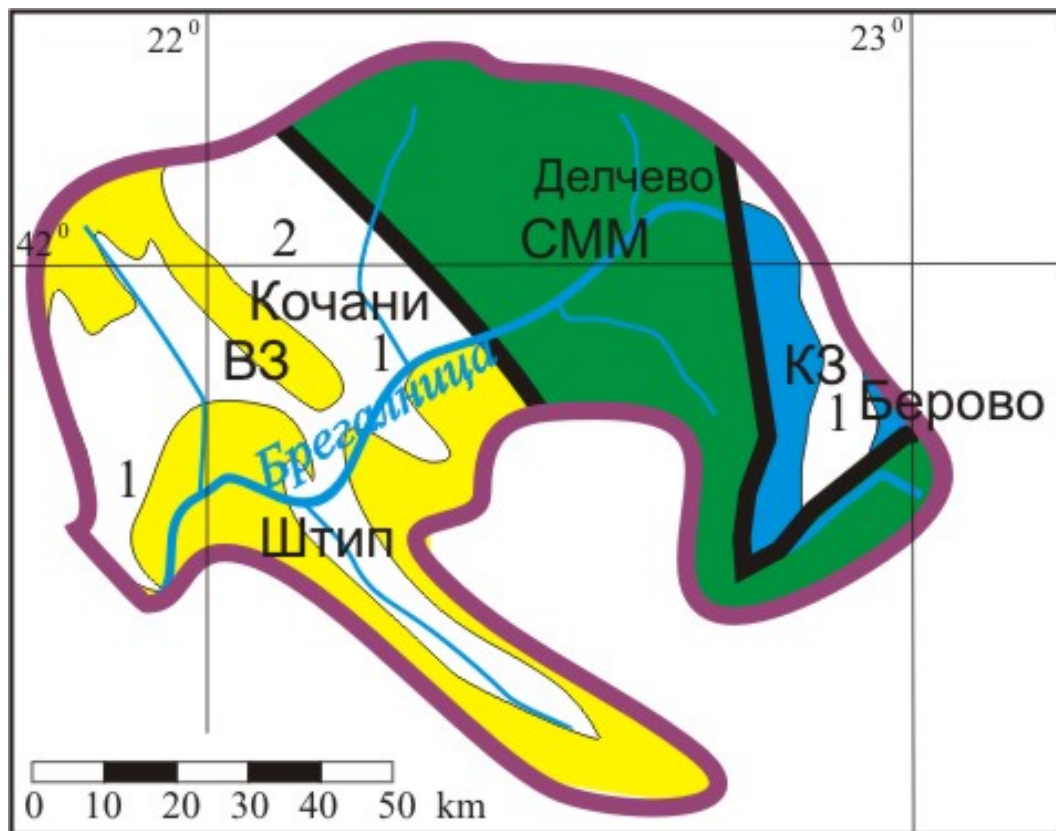
Голема распространетост на холоценските седименти има во Овче Поле и Кочанското поле и долините на реките: Брегалница, Злетовска река и Крива Лаковица. Во составот на кварталните слоеви влегуваат: барско-езерски седименти (песоци и глини) бречи, стари речни тераси, алувиум, пролувиум, делувиум и изворски бигор.

II.2. Тектоника

Западниот и централниот дел од сливното подрачје во текот на стар палеозоик (каледонска орогенеза) припаѓа на веќе издвоената Вардарската зона која се наоѓа помеѓу Пелагонискиот масив и Српско-Македонската зона. Основниот план на структурата во овој дел е формиран при крајот на палеозоик (херцинска орогенеза). Нејзиниот понатамошен развој, за време на алпската орогенеза, се одвивал низ повеќе етапи на мирување и смолкнување во вертикална насока. Сложеноста на тектонските движења во оваа структура најчесто се следени со магматски движења од различна старост, со што доста се разликува од структурата на Српско-Македонската маса. Накратко кажано сливното подрачје на река Брегалница кој е дел на Вардарската зона претставува голем длабински разлом, во долж кој во текот на еволуцијата имало различни тектонски и магматски движења.

Од досегашните истражувања може да се констатира дека ова подрачје е дел на многу сложена геотектонска единица. Во рамките на Вардарската зона се издвоени неколку тектонски структури: Бучимски блок, Радовишко-Терански-Нивичански грабен, хорст Богословец, Штипски блок, Овчеполски блок, Кратовско-Злетовски блок, Криволакавички гребен, Кочански гребен. Во рамките на овие структури се извојуваат уште и Теренечко-Радовишка, Аргуличка, Радањска и Мочарничка лушпа.

На следната слика е претставена тектонската реонизација во сливното подрачје на река Брегалница (Сл. II-3).



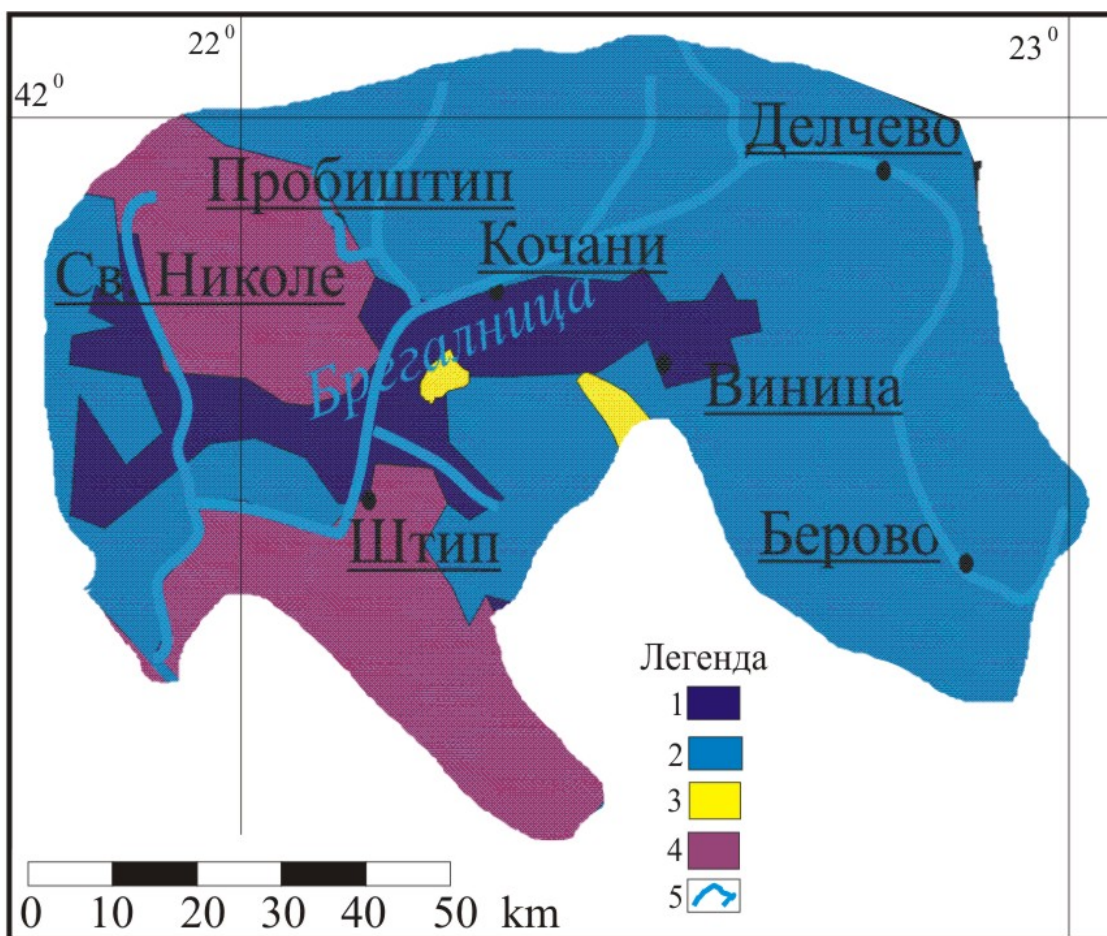
Сл. II-3. Тектонска карта на сливното подрачје на река Брегалница
ВЗ - Вардарска зона, СММ - Српско-Македонска маса, КЗ - Краиштинска зона,
1 - Неотектонски депресији, 2 - Неоген квартерни вулкански области

II.3. Хидрогеолошки карактеристики на теренот

Според структурниот тип на порозноста на карпите кои се јавуваат во сливното подрачје на река Брегалница издвоени се 4 видови издани (Сл. II-4):

- збиен тип на издани;
- пукнатински тип на издани;
- карстен тип на издани;
- терени со слаба издашност и безводни терени.

На следната сликата е преставена хидрогеолошка карта на сливното подрачје на река Брегалница:



Сл. II-4. Хидрогеолошка карта на сливното подрачје на река Брегалница

1. Збиен тип на издани ($Q = 1-10 \text{ l/s}$), 2. Пукнатински тип на издани ($Q = 1-10 \text{ l/s}$), 3. Карстен тип на издани ($Q = 1-10 \text{ l/s}$), 4. Терени со слаба издашност ($Q = 0-0,1 \text{ l/s}$).

II.3.1. Збиен тип на издани

Овој тип на издани се формираат во карпестите маси со меѓузрнеста порозност. Водената маса на овие издани е збиена, бидејќи порите се непосредно една покрај друга и се повеќекратно поврзани. Збиениот тип на издани се формираат во: делувијални, пролувијални, алувијални, езерски седименти и речни тераси.

II.3.2. Пукнатински тип на издани

Пукнатинскиот тип на издани се формираат во карпестите маси со пукнатинска порозност. Водената маса е рабиена вдолж пукнатините во вид на множество од “водени жили”, кои се поврзани само на местата каде се сечат пукнатините. Помеѓу водените жили се наоѓаат водонепропусни карпести маси т.н. монолити, од каде се заклучува дека на вода ќе најдеме само во случај ако со водозафатниот објект сме “погодиле” воден огранок на некоја од пукнатините. Пукнатинскиот тип на издани од сливното подрачје на река Брегалница се формираат во: кластични, магматски и метаморфни карпи со палезојска и мезозојска старост.

II.3.3. Карстен тип на издани

Карстниот тип на издани се формира во карбонатни карпи и слоеви. Тоа е специфичен тип на издани кои се појавуваат во терени со карстна порозност (канали и шуплини). Тие можат да имаат слободно ниво и ниво под притисок. Големите димензии на карстните пори, нивната меѓусебна поврзаност и големиот степен на водопропусност овозможуваат брзо полнење и празнење на овој тип на издани. Прихранувањето на карстниот тип на издани се врши директно со инфилтрација на атмосферските и површинските води вдолж каналите и порите. Карстните издани имаат големи осцилации на нивото на подземната вода и голема брзина на истата, па карактеристично за нив е можноста од брзи и чести загадувања, додека нивното природно пречистување е отежнато.

II.3.4. Безводни терени

Во сливното подрачје на река Брегалница распространети се: јурски, креден и еоценски флиш. Флишните наслаги (кои во хидрогеолошка смисла се водонепропусливи) практично претставуваат безводен терен, со ретки појави на пукнатински извори за кои е карактеристична малата издашност (од 0,10 l/s). Најголема дебелина на флишот има во Овче Поле (од 2 km во Ерцелија до 3,5 km во Курија) каде нема подземен издан. Регистриран е само еден солен флуид и тоа во близината на Свети Николе.

III. Хидрографска мрежа

Речниот литолошки состав на карпестите маси кои се распространети на територијата на Република Македонија условува и различни филтрациони карактеристики, поради што и коефициентот на површинско истекување на водените талози во одредени подрачја е различно.

За нееднаквиот развој на хидрографската мрежа има влијание и геолошко-тектонски состав, морфолошките форми, климатските карактеристики, вегетацијата и др.

Хидрографската мрежа во Република Македонија припаѓа на три слива: Егејскиот слив (сливното подрачје на реката Вардар), Јадранскиот слив (сливното подрачје на Црн Дрим и Радика) и Црноморскиот слив.

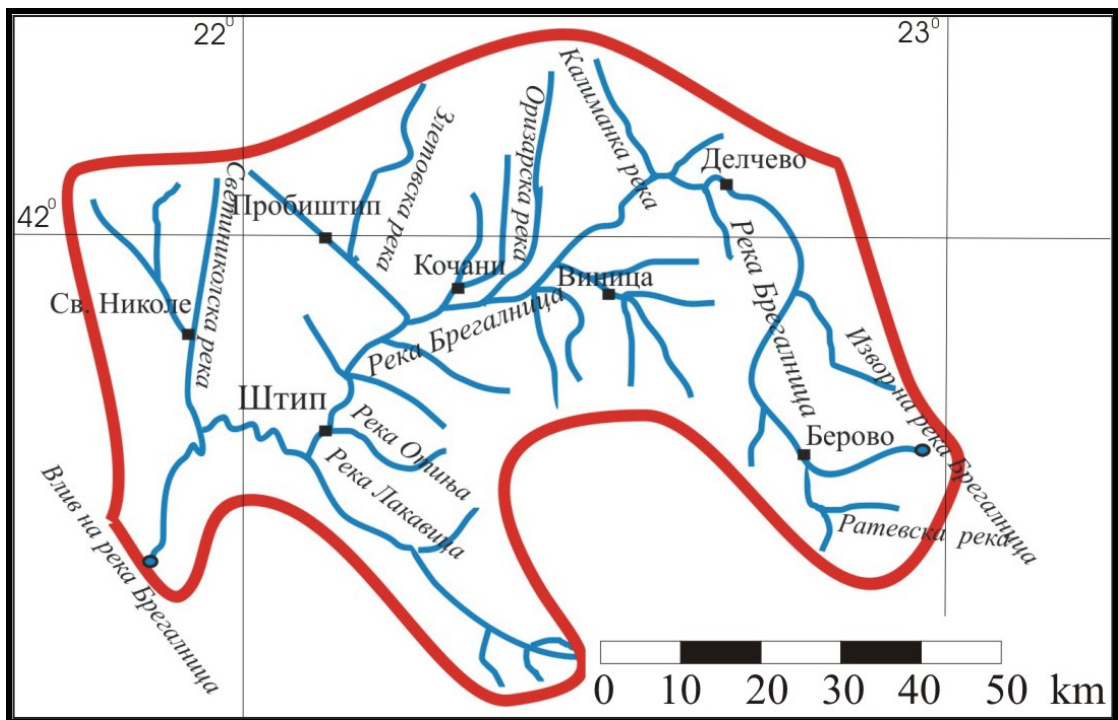
Една од поголемите притоки на реката Вардар заедно со Црна Река е реката Брегалница, која извира северо-источно од градот Берово и е богата со вода во текот на целата година. Во горниот дел текот и е низ стрмни терени, а во рамничарските подрачја, во котлините талози дебелите слоеви на алувијални наноси, каде се акумулираат поголеми резерви на подземна вода, од која се водоснабдуваат поголемите градови во сливното подрачје на реката: Делчево, Кочани, Штип и околните населби. Сливното подрачје на реката Брегалница не може точно да се одреди поради преклопувањето со површините на другите сливни подрачја, меѓутоа може да се одреди приближно неговата големина која е околу 4270 km².

Хидрографската мрежа во испитуваното подрачје е разгранета и сите текови припаѓаат на река Брегалница. Таа е најголема река и претставува најголема вододелница и главна дренажна мрежа во источниот дел на Република Македонија.

Од големите притоки од десна страна на реката Брегалница се влеваат Оризарска река, Кочанска река, Злетовска река и Светиниколска река, додека од левата страна се влеваат Осојница, Зрновска река, Плачковица, Кара Даре, Отиња, Крива Лакавица и други помали текови. Кај село Пишица и Кочанска река има две акумулации за наводнување, а на Зрновска река е изградена помала хидроцентра.

Во хидрографската мрежа од сливното подрачје на река Брегалница, како посебен ќе го извоиме источниот дел каде реките се со постојан тек и буичарски карактер. Од поголемите реки се Желевица, Ратевска река, Осојница, Смиљанска река, Блатечка река, Градешка река, Габровска река и Суха река. Од сите овие реки најбогата со вода е реката Брегалница и Ратевска река, па затоа тие се искористени како акумулациони системи за добивање на електрична енергија (браната Калиманци и Ратевска брана).

Климатските фактори имаат пресудна улога при толкувањето на хидролошките феномени. Имено, претставувањето на климатските фактори зависи од хидролошкиот биланс или барем од оној дел што го нарекуваме однос на врнежите, кои паднат и истекуваат. Затоа за врнежите е посветен поголем простор, бидејќи тие се на позитивната страна од водниот биланс. Сите други чинители се составен дел на дефицитот на истекувањето, а тоа се: температурата, релативната влажност, ветарот, облачноста, сончевиот сјај, евапорацијата, евапотранспирацијата, инфилтрацијата и други фактори кои го формираат дефицитот на истекувањето, како што е протокот на вода во речните корита.



Сл. III-1. Хидрографска мрежа на сливното подрачје на река Брегалница

IV. Климатски карактеристики на сливното подрачје на река Брегалница

Климата во сливното подрачје на река Брегалница е различна. Во котлините е умерено континентална проследена со сушни периоди и високи температури за време на летото, што се должи на медитеранското влијание на овие простори и ниски температури за време на зимата. Горниот тек на реката Брегалница т.е. во источниот дел на сливното подрачје има континентална клима, додека на планините е планинска.

Средногодишната температура е $11.1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Најтопол месец во годината е јули со средномесечна температура од $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, а најстудено е во месец јануари каде средномесечната температура е $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, што е многу поголема вредност од најниската измерена средномесечна температура во Република Македонија, која изнесува $-3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Највисоки температури во сливното подрачје на река Брегалница се измерени во западниот дел, т.е. во долниот тек на реката (Кочанско, Овче Поле и Штип).

На територијата на Република Македонија температурата опаѓа од југ кон север т.е. од долниот кон горниот тек на реката Вардар (Гевгелија $14.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, Кавадарци $13.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, Скопје $12.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ и Тетово $11.3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Истото важи и во ова сливно подрачје со таа разлика што намалувањето на температурата е од запад кон исток, т.е. кон изворот на река Брегалница (Штип $12,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, Кочани $13,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, Делчево $10,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ и Берово $8,54\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Врнежите во сливното подрачје на река Брегалница се неправилни. Иако на годишно ниво се околу $538,05\text{ mm}$, во ридско-планинските области на источниот дел има врнежи од 675 mm/год (Берово), средниот дел е со врнежи од $517\text{ до }560\text{ mm/год}$. (Кочани и Делчево), додека во Штип и Овче Поле врнежите на годишно ниво се $447,8\text{ mm}$. Најчести ветрови кои дуваат во сливното подрачје на реката се Југот, а во долниот тек на река Брегалница дува и Вардарец.

Поаѓајќи од искуствата на досегашните климатски класификации и адекватниот пристап за сливното подрачје на река Брегалница се разликуваат следните хомогени климатски подрачја (Ѓ. Филиповски, 1996 година):

1. Умерено-континентално-субмедитеранско подрачје (до 600 m)
2. Континентално подрачје ($600 - 1100\text{ m}$)
3. Континентално-планинско подрачје ($1100 - 1650\text{ m}$)
4. Планинско подрачје ($> 1650\text{ m}$)

Климата во континентално субмедитеранското подрачје

Територијата во ова климатско подрачје, кое го карактеризира комбинирана континентална и субмедитеранска клима ги опфаќа следните делови: западните подрачја на сливот на река Брегалница и котлините покрај вливот на реките: Брегалница во Вардар, Светиниколска и Злетовска река во Брегалница (штипско, светиниколско и кочанско). Ова климатско подрачје го опфаќа подрачјето со надморска висина до 500 m .

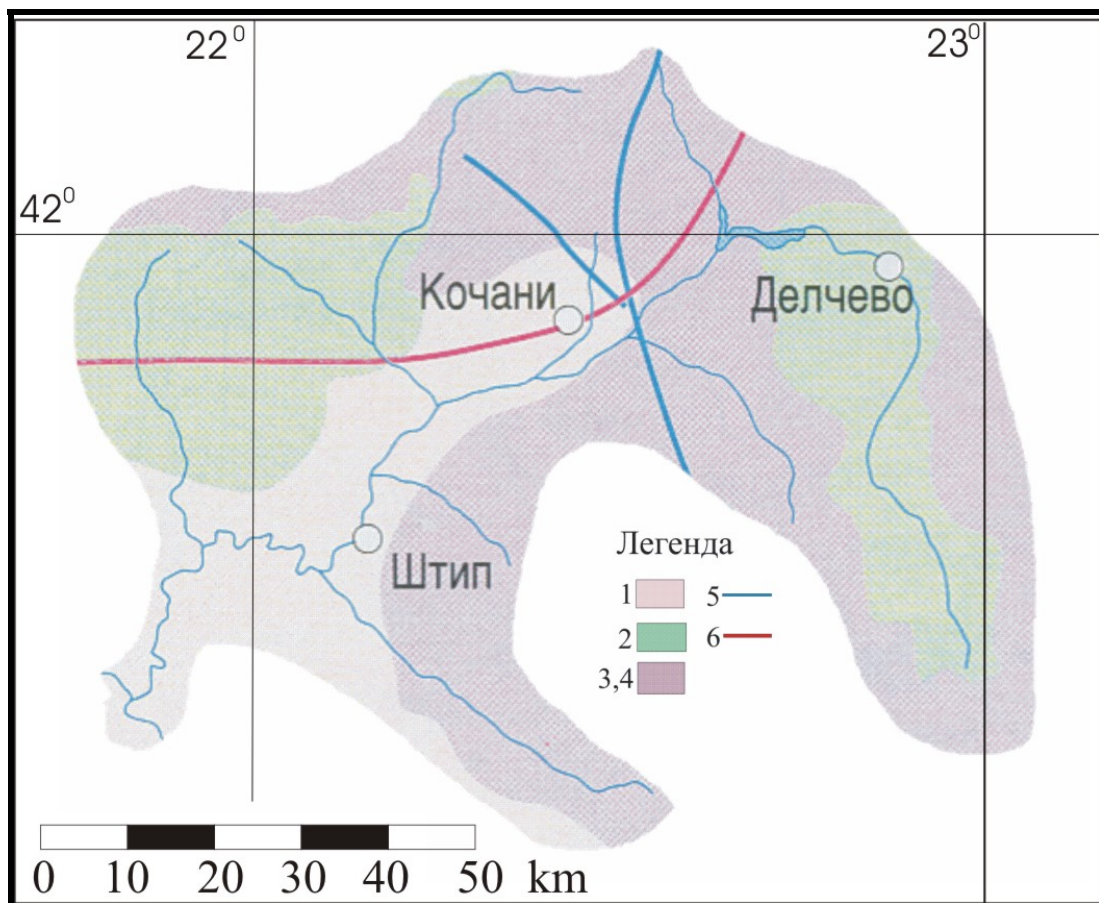
Просечната температура на воздухот во ова климатско подрачје се движи во границите од $12,6\text{ до }13,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и достигнува максимални вредности на температурата во месец јули ($21,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $23,9\text{ }^{\circ}\text{C}$). Најниски вредности на температурата се јавуваат во месец јануари ($1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $2.1\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Просечните годишни врнежи во континенталното субмедитеранско климатско подрачје варираат: $452,8\text{ mm}$ во Свети Николе, $468,8\text{ mm}$ во Штип до 514 mm во Кочани.

Климата во континенталното подрачје

Ова подрачје се наоѓа во ридестите области на надморска височина од 500 до околу 1000 m надморска височина. Инаку ова подрачје го карактеризираат преодни карактеристики на климата, помеѓу субмедитеранското и планинското подрачје, каде доминира топлата континентална клима со определена комбинација на медитеранското влијание во доменот на плувиометрискиот режим кај некои котлини во централниот дел на сливното подрачје на река Брегалница. Климатските услови во ова подрачје се значително поразлични во споредба со термичките услови како и во споредба со плувиометрискиот режим. Просечната годишна температура на воздухот е помеѓу 9.0 °C и 11 °C, средната јануарска температура на воздухот е од 0.2 до 0,5 °C, додека средната јулска е околу 20 °C.

Климата е повлажна од предходната, со годишни врнежите од 575,9 до 623,3 mm (податоци од дождомерната станица Пробиштип). Годишниот максимум на врнежите на територијата на ова климатско подрачје се јавува во месеците мај и ноември, што е карактеристика на континенталниот плувиометриски режим.



Сл. IV-1. Климатски карактеристики во сливното подрачје на река Брегалница

1. Умерено-континентално-субмедитеранско подрачје (до 600 m)
2. Континентално подрачје (600 - 1100 m)
3. Континентално-планинско подрачје (1100 - 1650 m)
4. Планинско подрачје (> 1650 m)
5. Јануарски изотерми
6. Јулски изотерми

Климата во континентално-планинско подрачје

Ова климатско подрачје се јавува на надморска височина помеѓу 1000 до 1500 m. Во него е комбинирано влијанието на континенталната и маритимната клима. Средната годишна температура на воздухот е нешто пониска од претходното подрачје и изнесува околу 8.5 °C. Просечната годишна сума на врнежите изнесува околу 700 mm. Најврнежлив период во овој дел (во централните делови) на сливното подрачје на река Брегалница е месец ноември, додека во северниот дел на сливното подрачје најврнежлив период во годината е месец мај, што е карактеристика на континенталниот pluviометриски режим. Во ова подрачје се јавува подгорска букова шума, како карактеристика на климатските и педолошките услови, која е дел од поширокиот буков појас.

Годишна сума на врнежите изнесува од 670, 5 mm (Лесново), 698 mm (Блатец) до 725.8 mm (Козбунар) и претставува највлажен климатски појас во сливното подрачје. Во овој појас се лоцирани подрачја со најголеми количини на врнежите, кои се посебно застапени на планинските масиви.

Климата во планинското подрачје

Ова подрачје се наоѓа на надморска височина помеѓу 1500 до 2200 m. Средната годишна температура на воздухот изнесува од 5.0 °C до 8,0 °C, додека количеството на врнежите се зголемува со пораст на надморската висина и изнесува околу 900 m.

Средногодишната температура е помала од 5.0 °C, додека средната температура на најтоплиот месец е под 13.0 °C. Најголеми количини на врнежите се јавуваат во месец мај со просечна сума која изнесува 65 mm. Најниската средномесечна температура забележана во ова климатско подрачје е -2.7 °C.

Средногодишната температурна амплитуда е значително помала и изнесува околу 16.0 °C (за разлика од ниските делови на сливното подрачје каде е повеќе од 22.0 °C) и е карактеристична за планинската клима.

V. Основи на хидрологија

Хидрологијата е наука која ги проучува водите на Земјата и законите за нејзиното постојано кружење во природата.

Оваа дефиниција е многу општа, бидејќи хидрологијата не се задржува само на проучување на водата во различни агрегатни состојби (течна, цврста и гасовита) туку се занимава и со други својства на водата, како што се хемиските и биолошките. Од практична гледна точка, хидрологијата се дефинира како наука која се занимава со постојаната циркулација на водата, законите за нејзина распределба и реакциите на водата со околината и обратно, т.е односот на средината кој е даден со географско-физичките карактеристики на течењето.

Не постои општо прифатлива поделба на хидрологијата како научна дисциплина, затоа таа условно ја делам на 5 дисциплини:

- а) хидро-метеорологија, наука за водата во атмосферата (која се занимава со проблемите поврзани со хидрологијата и метеорологијата);
- б) хидрографија (потамологија), наука за површинските текови на водата;
- в) лимнологија, наука за водите во езерата;
- г) криологија, наука за водите кои се појавуваат во форма на лед и снег;
- д) хидрогеологија, наука која се занимава со подземните води или со движењето на водата и појавите на вода во литосферата.

Невозможно е во тие поделби да се одреди јасна граница, неа ја нема, бидејќи хидролошките појави и проблеми не се ограничени. Проблемите се испреплетуваат, но погрешно ќе биде мислењето дека испреплетувањето на проблемите се случува, внатре, во претходно набројаните гранки на хидрологијата. Со оглед на природата на хидролошките појави чест е случајот решенијата да се бараат на научно интердисциплинарно ниво. Во контекст на тоа посебен допринос во хидрологијата даваат науките како што се: геофизика, математика, статистика, геологија, географија, физика, хемија, механика на флуиди, геофизика, педологија со земјоделство, шумарство, екологија, социологија, економија, компјутерска техника која се користи за обработка на податоците за хидролошките процеси.

V.1. Историјат и развој на хидролошките истражувања

Хидрологијата како издвоена дисциплина е една од поновите науки. Таа констатација е потврдена со формирањето на Меѓународната асоцијација за хидрологија (IASH) основана во 1922 година, во Рим, за време на заседанието на Меѓународната унија за геофизика и геодезија (IUGG).

Големите хидротехнички зафати на старите цивилизации ни даваат до знаење дека и тогаш имало познавање за одредени хидролошки процеси и закони. Изградбата на системите за наводнување во Месопотамија, Египет и Кина, римските водоводи, објектите за снабдување на вода во Арабија, одводните системи во Индија, објектите за наводнување и заштита од ерозија во Либискиот басен и многу други работи зборуваат во прилог на тоа дека и тие проекти од пред 2500 години барале огромно стручно познавање.

Хидрологијата во историскиот развој нема постојана еволуција, бидејќи со изумирањето на старите цивилизации се губат и достигнувањата.

Почетокот на хидрологијата како наука се поврзува со ренесансниот период. На база на набљудувањата од страна на Леонардо Да Винчи (1452-1519), кој ја напишал книгата “Движење и мерење на водата” и Бернар Палиси кој ја напишал книгата “Прекрасен разговор за природата на водата и изворите” (Париз, 1580), се поставени точни гледишта за хидролошкото кружење на водата во природата, пред се на инфилтрацијата на врнежите и враќањето на површинската вода преку изворите.

Уште во 17 век Перо и Мериот ги мереле врнежите, испарувањата, капиларноста во подрачјето на река Сена кај Париз. Во 17 век голем подем имала хидрауликата поради големиот број на експериментални откритија, кои имале квантитативен одраз на хидролошките проучувања: Бернулиевиот пиезометар, Питова цевка, Волтмановите крила, Бордова цевка. Тогаш Бернули го поставил основниот закон за хидродинамика, а Чези ја дал основната формула за хидраулика.

18 век е период на силни друштвени и економски процеси, кои секако, се отсликуваат во стопанството. Зголемувањето на прометот на стоки го актуелизира секаде прашањето за водниот транспорт, бидејќи патниот сообраќај сеуште не бил развиен. Се зголемил интересот за пловење по големите реки.

19 век донесува посебно силен развој на геологијата, што неможе да остане без влијание врз развојот на хидрологијата во целина. Таа епоха ни ги дава Hagen-Poiseuille-вата равенка, Darcy-евиот закон, Dupuit-Thiem-овата формула и други. Тогаш се појавуваат плеада на научници кои се темел на модерната хидрологија. Податоците од експерименталната анализа овозможува дефинирање на Cheszy-евиот коефициент, според Ganguillet и Kutter (1869) и Manning-овата формула (1889). Самиот крај на 19 и почетокот на 20 век за хидрологијата претставува период на емпиризмот. Се појавуваат стотина нумерички формули, кои за разни параметри, им се лесно достапни на практичарите и имаат за цел да ги дефинираат хидролошките параметри.

Секако значајна е 1932 година кога се појавува Sherman-овиот хистограм. тоа е еден од првите обиди на премин од емпиризмот на рационална анализа, во случајот силни врнежи - истекување. Развојот на математичката дисциплина за пресметка на веројатноста и математичката статистика и појавите на комјутерите во поново време даваат јак поттик за нивна примена во хидрологијата. Овде пред сè се мисли на несиметричната крива на фреквенцијата (Galton, Gumbel, Pearson и други) кај одредувањето на екстремните истекувања или општо на хидролошките појави.

Во последните 50 години постојат тенденции за намалување на пренагласениот степен на емпиризмот, со што би се дала предност на теоријата. Но, јас мислам дека овие “струи” во хидрологијата долго ќе се задржат, а теоретски анализи постепено ќе го зголемуваат своето присуство. Таа претпоставка ја базирам на комплексноста на хидролошките проблеми и недостатокот од квалитетни хидролошки истражни работи.

Краткиот историски приказ ни дава јасна слика дека развојот на хидрологијата продолжува во нагорна линија. Тоа ни го покажува и интервалот на набљудување, кој секаде е продолжен, статистичките материјали се подобри квалитетни и имаме поквалитетни заклучоци. Веројатно, уште долго време најглавниот проблем ќе остане утврдувањето на односите на врнежите со истекувањето со толерантна точност. Таа точност во заклучоците ќе биде голема, бидејќи водата од ден на ден станува се поскапа суровина, чија вредност и денес тешко реално се оценува. Потрошувачката на вода е голема. Таа се движи по

човек од 100 до 350 l дневно. Во индустријата на пример се троши на секој тон челик околу 20 m^3 , на секој тон синтетички бензин околу 80 m^3 , на секој тон вештачка свила до 800 m^3 . Во земјоделството за одгледување на 1 kg растителна маса потребно е околу 500 kg вода. Со раст на стандардот растат и потребите на вода, при што не треба да се заборава и огормниот пораст на населението. Значи, потрошувачката на вода, пред се во земјоделството, нагло ќе се зголеми, затоа што таа претставува темел за добивање високи приноси. Од тука се добива вистинската слика на потребата од хидрологијата и економската оправданост за нејзин понатамошен развој.

V.2. Актуелни задачи

Општо може да се определат две главни подрачја на хидролошка дејност:

- собирање и обработка на хидролошките податоци (набљудување, мерење);
- систематско анализирање на тие податоци со едно max. можно искористување на теоретските достигнувања, а со нагласена тенденција резултатите на тие истражувања да сè формираат на начин кој ќе одговара на практичните потреби;

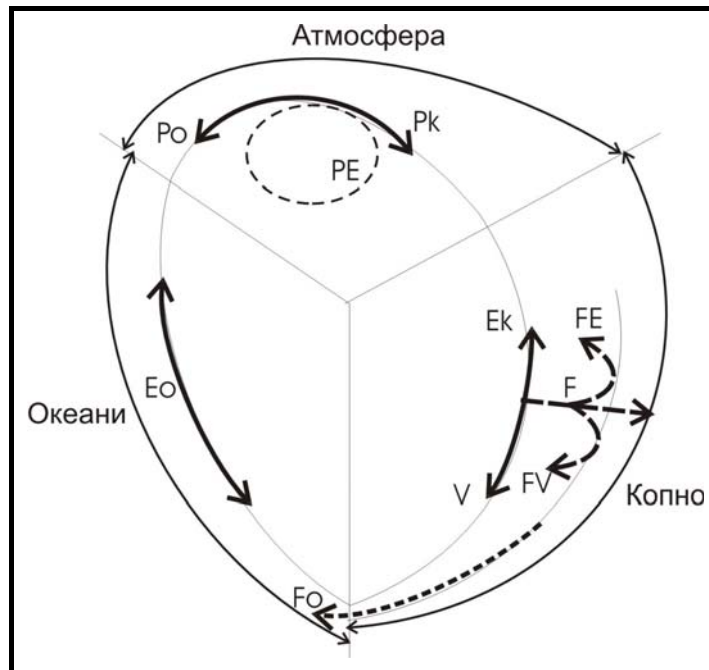
Хидрологијата дава основи за решавање на водостопанските и други проблеми. Тие проблеми со време стануваат се по комплексни, а со тоа и соодветните хидролошки решенија се комплексни. До денес, општо може да се земе, дека во пракса водостопанските прашања се симплифицирано поставени и решени, пред сè ако се работи за хидротехнички системи, кои дејствувале еднонаменски (хидроенергетски) и биле изолирани во просторот.

Денешните потреби на водостопанството се базирани на интензивното користење на водените ресурси, со што имаме поквалитетни барања од хидрологијата. Водостопанските системи стануваат повеќенаменски, а нивната повеќекратна функционалност се карактеризираат со меѓусебна поврзаност, што од хидролошки аспект подразбира квантитет и квалитет базиран на комплексна анализа на хидролошките процеси во време и простор. Секако, при тоа не е безначајно да се спомне дека компјутерската техника овозможува ефикасна обработка на основите и побрзо решавање на сложените математички равенки за хидролошка анализа. Од друга страна, користењето на оперативната хидрологија овозможува податоци за решавање на најсложени хидротехнички системи, во смисла на барање на нивна оптимизација без оглед дали тие системи (пример акомулации) се користат во активното или пасивното водостопанство или се со повеќекратна функционалност во најширока смисла на зборот.

V.3. Хидролошки циклус

Дејството на сончевата топлотна енергија врши постојано испарување на водата од површината на океаните, морињата, езерата, реки, од површината на копното, при што се врши испарување потпомогнато и од транспирација на вегетациониот покривач. Целата таа маса, во вид на параа оди во атмосферата, каде под одредени услови кондензира во течна состојба, за да потоа како дожд се враќа на земјината површина. Така поедноставно е претставено кружењето на водата во природата, чии ефекти се: испарување на водата, понирање под површината и сите манифестации на површински и подземен тек. На сл. V-1 е дадена шема на кружно движење на водата во природата, сепак за подобро набљудување треба да се дефинираат симболите со еден краток коментар. Водената пара со евапорација E_0 се дига во атмосферата, од каде еден дел P_0 се враќа директно во форма на дожд во океаните, додека друг дел P_k паѓа на копно.

Меѓутоа, еден одреден дел PE не пристигнува на земјата, бидејќи кондензира во облаците и пак испарува. Тој дел врши т.н. скратена циркулација. Врнежите кои пристигнуваат на копното P_k , под влијание на разни трансформации во дотокот, повторно се враќаат во почетната точка на кружење на водата во природата. Еден дел на E_k се враќа во атмосферата, друг дел V тече со површинските текови, додека остатокот F се инфилтрира во земјата.



Сл. V-1. Шема на кружно движење на водата во природата

Од тие филтрациони количини помал дел се губи привремено во длабоките подземни хоризонти, а друг дел ги збогатува површинските текови или директно влегува во океаните F_o преку извори или филтрација под површината. Трет дел на инфилтрирани количества на вода се враќа во атмосферата FE по пат на транспирација или со најобично испарување на водните маси од тлото.

Вкупната количина на водните маси на Земјата при таква циркулација практично не се менува. Нови количества на вода се добиваат од внатрешноста на земјата преку вулкани, гејзери, познати како јувелирни води, кои настануваат со физички или хемиски процеси. Благодарение на овие води може да се прифати дека количеството на вода е постојано (const.).

За квантитативно претставување на кружниот процес на водата во природата ќе го искористиме процесот на билансирање (метода на биланс). Билансирањето се прави за подолг временски период, се со цел да се избегне пресметката на затекнатите резерви на почетокот и крајот од периодот. Според тоа, ако се напише дека: P се врнежи (дожд), E е испарување и V е истекување од копно, ако се направи биланс за трите средини: океани M , копно K и атмосфера A и ако се обележат со симболи појавите со индекси на средината во која се случуваат, тогаш јасно е дека билансот ќе биде:

$$\text{за океани: } P_M + V_k = E_M; \quad \text{V-1}$$

$$\text{за атмосфера: } E_M + E_k = P_M + P_k; \quad \text{V-2}$$

$$\text{за копно: } P_k = V_k + E_M; \quad \text{V-3}$$

каде: P_M се врнежи во океаните, P_k се врнежи на копното, V_k е истекување на водата од копното во морињата и океаните, E_M е испарување од големите водени површини и E_k е испарување од копното.

Како што се гледа во тие равенства нема инфилтрирано количество F , кои се манифестираат во литосферата, од едноставна причина што тие големини на одложено истекување не можат да најдат место во периодот на балансирањето кој е доволно долг за да ретардирачките ефекти се значајни. Со поврзување на првото и третото равенство се добива второто од кое следи дека во просечна хидролошка година сумата на врнежите кои паѓаат на земјата е еднаква на вкупната евапорација од копно и море во склоп на таа година.

Нумеричките податоци кои разни автори ги даваат за параметрите кои учествуваат во кружното движење на водата не се совпаѓаат во целост. Според Meinardus, Великанов, Leetau и Budykou се смета дека адаптиран биланс (најблизок со вистинскиот) е дадениот во табела V-1.

Табела V-1. Големина на хидролошкиот циклус

Област	Површина (100 km ²)	Количина на вода (km ³)			Просек (mm)		
		врнежи P	ипарување E	истекување V	врнежи P	ипарување E	истекување V
Океани	361	412	448	-36	1140	1240	-100
Хумидна зона	117	89	53	+36	761	453	+308
Копно							
Аридна зона	32	10	10	-	1313	313	-
Земја-Вкупно	510	511	511	-	1000	1000	0

“Негативно истекување” кај океаните (-100 mm) е резултат на истекувањето од копното во склоп на балансирањето. Интересни се податоците за водениот биланс на континентите одделно. Тој биланс повикувајќи се на М. Ј. Лвович даден е во табела V-2.

Табела V-2. Воден биланс на континентите

Континенти	Врнежи (mm)	Истекување (mm)			Коефициент на истекување (%)	Испарување (mm)
		Површинско	Подземно	Вкупно		
Африка	686	91	48	139	20	547
Азија	726	217	76	293	40	433
Австралија	736	172	84	226	30	510
Европа	734	210	109	319	43	415
С. Америка	670	203	84	298	43	383
Ј. Америка	1648	373	210	583	35	1065

Од табелата V-2 се гледа дека постои голема разлика помеѓу водната издашност на континентите. Сигурно регионалните разлики се далеку поголеми. Водните количества кои се изнесени во табела V-1 се маси кои учествуваат во годишниот хидролошки циклус, значи тоа се параметри кои се обновуваат. Постојат големи разлики кај годишните врнежи на територијата на Р. Македонија и дистрибуцијата на истекувањето во склоп на годината, која воглавно не се поклопува со потребите на нашата економија. Инаку резервите на вода се многу поголеми. Во нашата земја нивото на годишни врнежи е околу 730 mm од каде што може да се каже дека немаме проблеми со водата. Тоа не е сосема точно затоа што на територијата на нашата држава има големи разлики во распоредот на врнежите во време и простор. Врнежите се движат од 400 mm во централните и источните делови на Републиката, до 1400 mm во западниот дел кои воглавно се јавуваат од март до мај и од октомври до декември. Околу 75 % од земјава се класифицира како полу суво подрачје кое во предходната деценија, освен 1995 година, беше погодено со суши.

Според Насеи распоредот на водата во природата е следен (табела V-3):

Табела V-3. Резерви на вода на Земјата

Резерви на вода	Количина на вода (10^3m^3)	Од вкупните резерви (%)
Атмосфера (А) Пареа како еквивалент на водата	13,0	0,001
Хидросфера (Н) Океани	1350400,0	97,583
Копно реки слатководни езера солени езера влага во тлото вода во биомасата ледници, глечери	26431,7 1,7 125,0 105,0 150,0 50,0 26000,0	1,910
Литосфера (L) Подземна вода	7000,0	0,506
Вкупно на Земјата	1383844,7	100,00

Од табела V-3 приближно може да се пресмета дека водените маси од хидросферата Н, литосферата L и атмосферата А се наоѓаат во меѓусебен сооднос:

$$H : L : A \equiv 100000 : 500 : 1 \quad \text{V-4}$$

Кога би овие големи резерви на вода би ја покриле целата земјина површина би се добил слој на вода дебел 240 m. За жал голем дел од тие резерви на вода не може да се искористат (Табела V-3), затоа што 97,6 % на резервите на вода припаѓа на солената вода. Вкупната количина на слатка вода е проценета на $33,3 \cdot 10^6 \text{ km}^3$ која е поделена на 78 % поларен лед и глечери и 21% на подземната вода. Сосема незначајни количества (1 %) припаѓаат на влагата во тлото (0,5 %) и на слатководните езера (0,4 %).

За споредба е фактот дека во атмосферата има $13 \cdot 10^3 \text{ km}^3$ вода како еквивалент на водената пареа, додека испарувањето во склоп на една година е $511 \cdot 10^3 \text{ km}^3$, значи 39 пати поголемо. Од тука се заклучува дека на секој девет дена водените маси во атмосферата се менуваат.

Како заклучокот на овој дел од магистерската работа треба да се подвлече дека резервите на вода на планетата земја се енорни, меѓутоа количината на годишното протекување т.е. количеството на вода која се вклопува во хидролошкиот циклус и се обновува изнесува само 36000 km^3 . (Табела V-3).

Тоа всушност го претпоставува оној дел на водената маса кое за животот на човекот има преферентно значење. Ако се земе во предвид дека потрошувачката на вода на крајот на оваа деценија ќе изнесува 5500 km^3 ќе се види дека ќе нема проблем, бидејќи потребата за вода изнесува околу 15 % од количеството кое годишно се создава или обновува.

Сепак, проблеми постојат поради регионалната хетерогеност на климатските фактори. Во иднина секако ќе се заостри прашањето за потреба на вода со оглед на растот на бројот на населението. Во нашата земја и пошироко постојат големи резерви на вода кои се обновуваат. Сега тие резерви по глава на жител се околу 6000 m^3 , но покрај примерот што е спомнат се очекува поригорозна контрола во потрошувачката на вода, односно изедначување на режимот на истекување, во склоп на една година, дури и меѓурегионално изедначување на потребите за вода.

VI. Хидролошки процеси

Во оваа магистерска работа се анализираат податоците добиени со набљудување и мерење на следните хидролошки појави (Сл. VI-1):

- врнежи;
- температури (min, max. и средни) ;
- брзина на ветарот;
- облачност;
- сончев сјај;
- релативна влажност;
- евапорација;
- проток на вода;
- инфилтрација на вода во земјиното тло;
- истекување и коефициент на истекување.



Сл. VI-1. Хидролошки појави

Сите овие процеси се набљудуваат и детектираат во мерни станици рамномерно распоредени по сливното подрачје на река Брегалница.

Хидролошките процеси се следат со т.н набљудувачки систем, кој е поделен на:

- хидро-метеоролошки станици;
- хидролошки станици.

VI.1. Набљудувачки систем

VI.1.1. Хидро-метеоролошки станици

Набљудувачкиот систем на Република Македонија ги опфаќа сите хидро-метеоролошки станици и е дел од Светскиот глобален набљудувачки систем. Тие вршат набљудување и мерење на сите хидролошки процеси, со строго дефинирани програми за работа, размена на информации и основна обработка на податоците.

Набљудувања и мерења, приемот на податоци и нивната понатамошна обработка се организирани од Управата за хидро-метеоролошки работи - УХМР. Во хидро-метеоролошките станиците се вршат мерења според прописите на Светската Метеоролошка Организација. Мерната мрежа на хидро-метеоролошки станици работи со определени прекини во зависност од местоположбата на станиците и мерните инструменти.

Мрежата на хидро-метеоролошки станици во сливното подрачје на река Брегалница ја сочинуваат следните видови на станици:

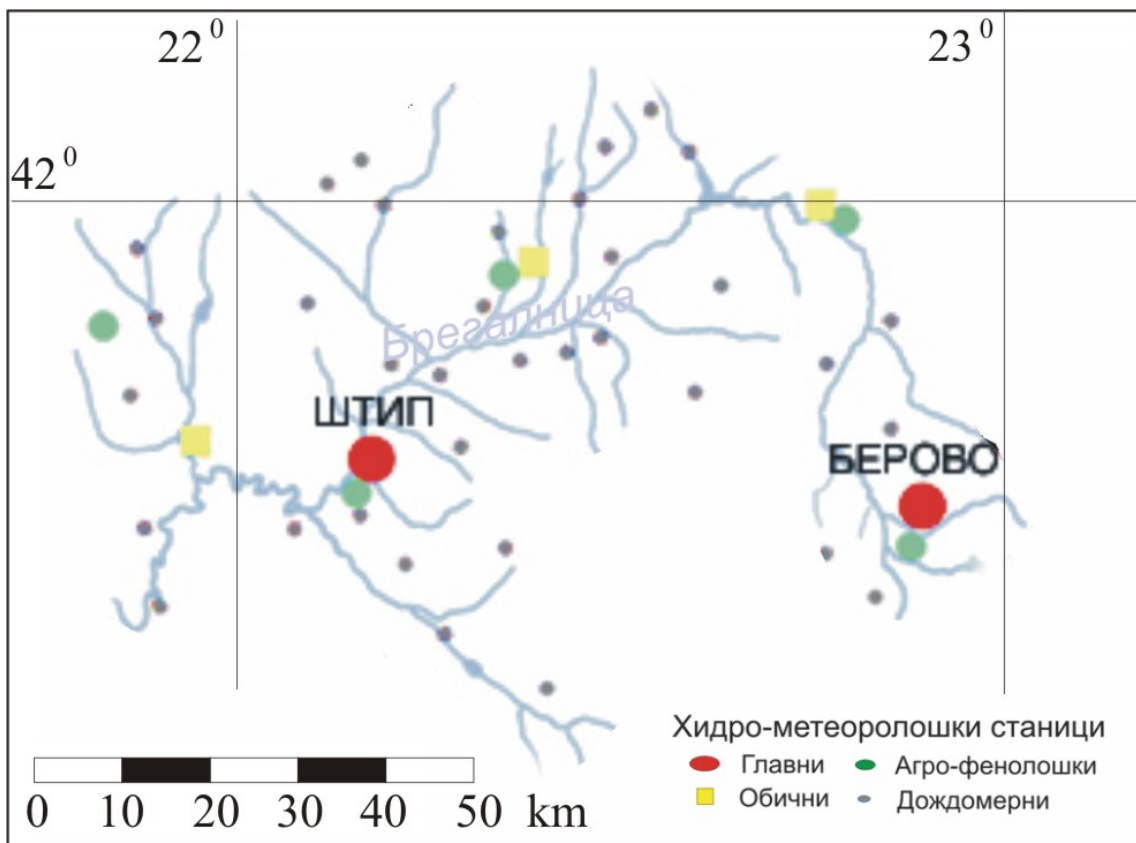
- Главни хидро-метеоролошки станици (Берово и Штип);
- Обични климатолошки станици (Кочани и Делчево);
- Дождомерни станици (Св. Николе, Винаца, Пробиштип, Лесново, Злетово, Пуздерци, Нивичани, Соколарци, Ерцелија, Горно Трогерци, Долни Балван, Уларци, Теранци, Радање, Зрновци, Ново Село, Долани, Драгоево, Шашаварлија, Лакавица, Косбунар, Кошево, Парналија, Пиперово, Дедино, Истибања, Грљани, Град, Блатец, Лаки, Разловци, Митрашинци, Пехчево, Владимирово, Радање и Миравци).

Според програмите за работа хидро-метеоролошките станици се делат на:

- Главна синоптичка станица;
- Главна климатолошка станица;
- Главна агро-метеоролошка станица;
- Станици за квалитет на воздухот;
- Специјални станици - воздухопловна и др.

Хидро-метеоролошките станици вршат набљудување и мерење на:

- Сегашно време и минато време;
- Атмосферски притисок;
- Тенденција на притисокот и нејзината карактеристика;
- Минимални и максимални температури;
- Температура на воздухот;
- Минимална температура на 5 cm;
- Влажност на воздухот и земјиштето;
- Правец, брзина и јачина на ветарот;
- Облачност - количина, вид и висина на базата на облакот;
- Видливост;
- Состојба на тлото;
- Траење на сончевиот сјај;
- Температура на тлото на разни длабочини: 2,5,10,20,30,50 и 100 cm;
- Испарување од слободна водена површина и испарување од земјата;
- Интензитет, траење и количина на врнежите;
- Висина на снежниот покривач;
- Фенолошки набљудувања;
- Специјални појави.



Сл. VI-2. Хидро-метеоролошки станици во сливното подрачје на река Брегалница

VI.1.2. Хидролошка мрежа на станици

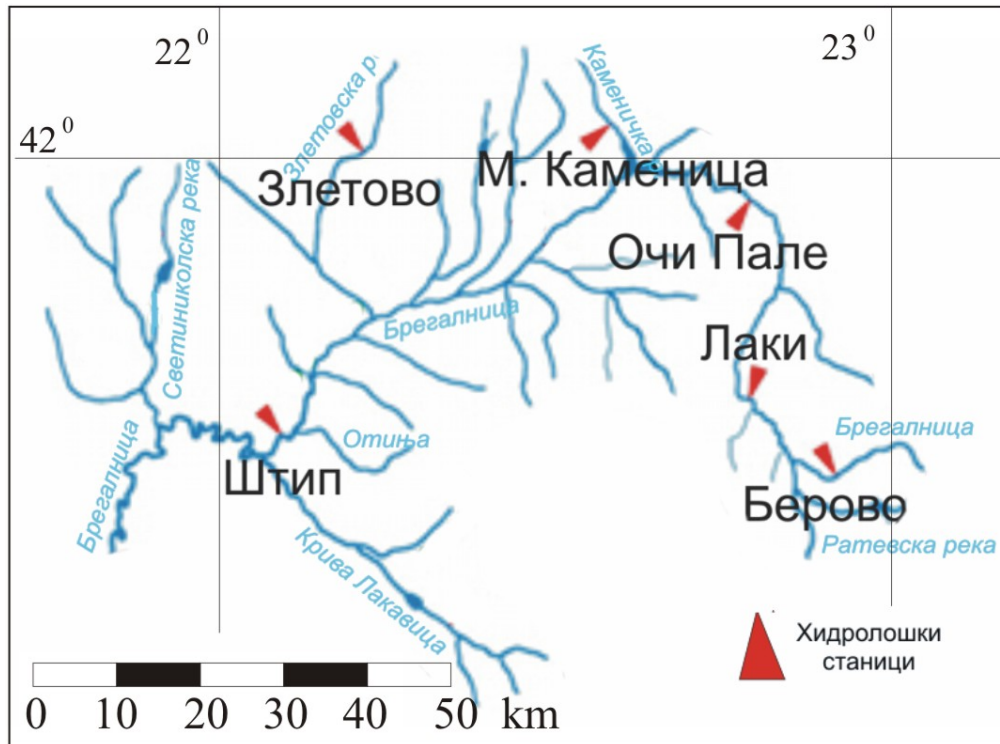
Дефинирањето на хидролошките процеси се врши во мрежа од неколку хидролошки станици, дефинирани согласно светските методологии. Државната мрежа со својот конечен облик и бројот на станици е дефинирана во почетокот на 50-те години кога е започнато со изградба на хидролошки станици на водотеците во Република Македонија. Од тогаш па наваму успешно се следат: протокот на површинските води и осцилациите на подземните води. Неопходно е да се нагласи и тоа дека голем број од овие хидролошки станици се изградени и функционираше со извесни прекини во своето работење од 1923 година. Тие станици се поставени само на поглавните водотеци на територијата на Република Македонија.

Во периодот од 1947 година, голем број на хидролошки станици го губеле својот идентитет и примена, тоа било причина за нивно згаснување, но и формирање на нови станици во околината на постоечките. Исто така голем број станици добиле дополнителни значења со изградбата на нови хидротехнички објекти на водотеците, односно со зголемена урбанизација на мелиоративните подрачја може да дојде до уништување на хидролошките станици.

Согласно функцијата, мрежата на хидролошки станици е поделена на:

- мрежа на хидролошки станици за површински води
- мрежа на хидролошки станици на подземни води.

Хидролошката мрежа за следење на протокот на вода и водостојот на површинските води во сливното подрачје на река Брегалница се состои од 6 хидролошки станици распоредени на: река Брегалница (Лаки, Очи Пале и Штип), Каменичка река (Македонска Каменица) и Злетовска река (Злетово).



Сл. VI-3. Хидролошки станици во сливното подрачје на река Брегалница

VI.2. Врнежи

VI.2.1. Теорија на врнежите, влажните воздушни маси и фронтови

Врнежите настануваат од водената пара, која во атмосферата се наоѓа како гас во различни количества. Генезата на врнежите е поврзана со кондензација или сублимација на водена пара т.е. станува збор за презаситен воздух со водена пара, чиј притисок зависи од температурата. Доколку тој е над мах. вредност се формираат врнежи. За спомнување е фактот дека за кондензација на водената пара во воздухот се потребни аероколоиди. Тие се многу ситни честички кои служат како хидроскопни кондензаторски јадра и преставуваат молекули на гасови или тврди делчиња настанати со согорување на одредени продукти на Земјата. Исто така, ситните делови на морската сол можат да бидат кондензациони јадра. Тие се донесени со делување на ветровите од површината на океаните кон атмосферата.

Количеството вода P кое може да се акумулира во воздушниот столб помеѓу единичниот пресек z и z_0 , при потполна кондензација ќе биде:

$$P = \int_{z_0}^z \rho \cdot dz \quad \text{VI-1}$$

каде ρ е густина на воздухот ($\rho = \rho_a + \rho_v$).

Со оглед дека атмосферата приближно е во хидростатска рамнотежа се добива:

$$-dp = \rho \cdot g \cdot dz \quad \text{VI-2}$$

каде g е земјино забрзување.

Од изразите VI-1 и VI-2 се добива:

$$P = \frac{1}{g} \int_p^{p_0} s \cdot dp = \frac{1}{g} (p_0 - p) \bar{s} \quad \text{VI-3}$$

при што p и p_0 се притисоци на врвот и дното од воздушниот столб, а s и \bar{s} се специфичната влажност и нејзината средна вредност.

За $p = 0$ т.е. до врвот на атмосферата столбот ќе ја содржи следнава количина на вода:

$$P = \frac{1}{g} p_0 \cdot \bar{s} \quad \text{VI-4}$$

Водената пареа од атмосферата е на висината до 5500 метри. Секако, количеството се намалува со пораст на надморската висина, па се смета дека под 2000 m се наоѓа повеќе од 50 % од вкупната влажност во атмосферата. За да се добие претстава за просечната влажност на атмосферата над хумидните области ќе го изнесам фактот, дека доколку во моментот целата вода падне на земјата ќе се добијат врнежи со интезитет од 25 mm.

Настанувањето на врнежите е поврзано со ладењето на воздухот до точка на росење, при што настанува сублимација или кондензација. Како резултат на тоа разликуваме некои основни процеси и нивни комбинации, поврзани со генезата на врнежите:

Конвективните врнежи настануваат со адијабатско ширење и ладење на воздухот, под температурата на росење. Сочевото зрачење го загрева незаситениот воздух од земјината површина тој се шири и се подига во атмосферата. Кај активниот конвективен процес несатурираниот воздух се подига според т.н. сув адијабатски градиент на ладење, се додека неговата температура не се спушти до точка на росење, односно до ниво на кондензација. Овој сув адијабатски градиент на ладење е околу 1°C на секој 100 m и се толкува со следното термодинамичко разгледување:

$$dH = c_v \cdot dT + p \quad \text{VI-5}$$

каде dT е количество топлина која се добива од единица маса на воздух, c_v е специфична топлина на воздухот при константен волумен ($V = \text{const.}$), додека p е специфичен волумен.

Користејќи ја равенката на рамнотежа:

$$P = RT \cdot \rho \quad \text{VI-6}$$

позната уште како $PV = RT$ каде R е специфична гасовита константа на воздухот. Равенката VI-6 може да се напише на следниот начин:

$$dH = c_p \cdot dT + \alpha \cdot dp \quad \text{VI-7}$$

,каде c_p е специфична топлина на воздухот при константен притисок.

Во корелација со равенката VI-2 со оглед дека притисокот се менува во вертикална положба, dp може да се замени со dz (бидејќи $dp = \rho g dz$), па се добива:

$$dH = c_p \cdot dT + g \cdot dz \quad \text{VI-8}$$

Ако го разгледуваме адијабатскиот процес како конвективен процес на незаситен воздух, може да се прифати $dH = 0$ (бидејќи топлината ниту се создава, ниту се губи), па сувиот адијабатски градиент ќе биде:

$$\gamma_{сув} = - \left(\frac{dT}{dz} \right)_{сув} = \frac{g}{C_p} \quad \text{VI-9}$$

Доколку конвективниот процес продолжува над нивото на кондензација настанува облак со течна или цврста сублимација. Ако при тој процес се ослободува одредена количина на латентна топлина, со што адијабатскиот градиент се намалува, тогаш температурата на влезниот воздух не се намалува за $\gamma_{сув} \approx 1^{\circ}C/100m$, туку $\gamma_{сатуриран} < \gamma_{сув}$.

Оваа латентна, ослободена топлина е Ldr , каде L е латентна топлина на испарувањето, а dr е промена во насока на мешање на водената пара и сувиот воздух ($dr < 0$) до која се доаѓа со самата кондензација. Во поедноставна постапка може да се занемари топлината на кондензираната вода, па претпоставувајќи дека $dH = -L dr$, равенката VI-8 ја има следната форма:

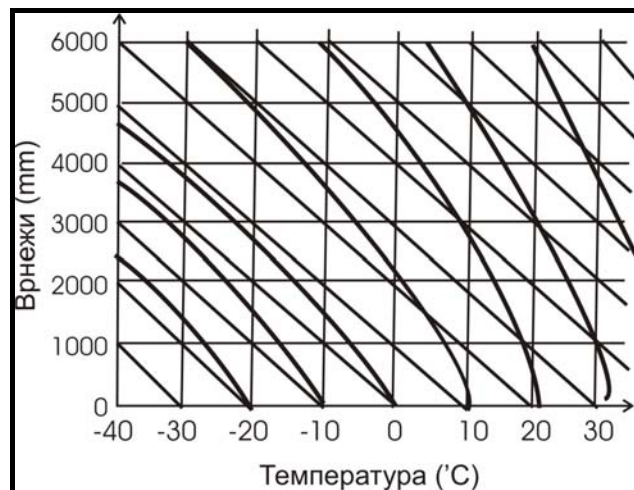
$$\gamma_{сатуриран} = -\left(\frac{dT}{dz}\right)_{сатуриран} = \gamma_d \frac{Ldr}{C_p dz} \quad \text{VI-10}$$

Бидејќи $dr < 0$, заситениот адијабатски градиент мора да е помал од сувиот. Додека $\gamma_{сув}$ според изразот VI-21 има константна големина, а $\gamma_{сатуриран}$ не.

Според формулата VI-10 се гледа дека $\gamma_{сатуриран}$ зависи од температурата, т.е. со нејзин пораст $\gamma_{сатуриран}$ се намалува (Сл. VI-2).

Треба да се спомне дека појавата на силните олујни врнежи проследени со громотевици е поврзана со конвективниот процес.

Процесот на ладење и кондензација настанува во случај кога влажните ветрови, кои обично дуваат од море ги подигаат воздушните маси под влијание на планинските масиви. Така се формираат орографски врнежи. Кондензацијата се појавува и при допир на влажните воздушни маси со ладните површини на планинските масиви.



Сл. VI-4. Дијаграм на температурата висина со сув (тенка линија) и влажен (темна линија) адијабатски процес

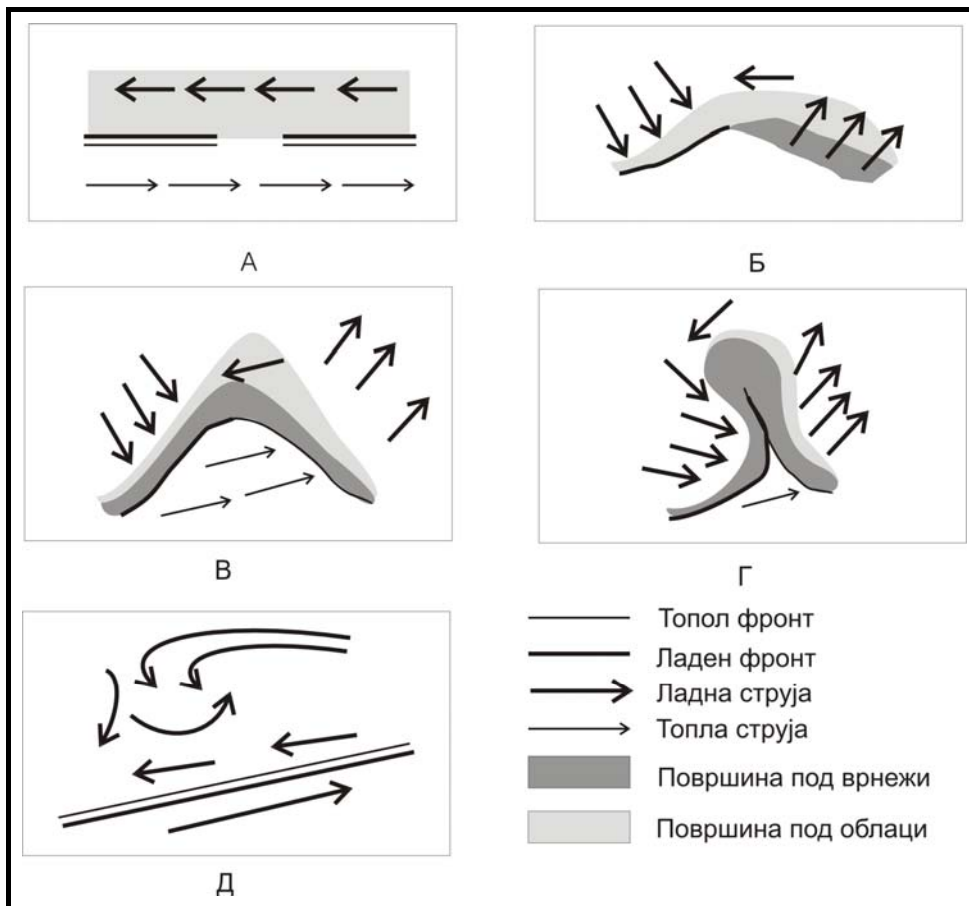
Фронталните и циклонските врнежи се формираат како резултат на контактот кој се појавува помеѓу воздушни маси со различна температура и различна содржина на влага. Овде настанува адијабатско ладење на воздушните маси или клин од ладен воздух, кои под дејство на ладниот воздух се движат по висина, овозможувајќи кондензација и појава на врнежи.

При среќавање на топли и ладни воздушни маси нема нивно мешање, туку се содава дисконтинуитет, чиј пресек со површината на Земјата се нарекува фронт.



Сл. VI-5. Ладен фронт

Разликуваме два вида на фронтови, ладен и топол. Ваквата поделба зависи од јачината со која ладните или топлите воздушни маси вршат струење на земјината површина. Според скицата на Сл. VI-5 доколку се работи за ладни воздушни маси полесно ќе дојде до придвижување на фронталната површина на десно, таквиот фронт е ладен. Обратно, доколку струењето на топлиот воздух е посилено, фронталната површина ќе се придвижи на лево, а тоа се нарекува топол фронт. Поделбата според карактерот на движењето на фронтите може да се надополни и со стационарен фронт, кој ќе ги дели ладните и топлите воздушни маси. Овие фронтони уште се нарекуваат и прости, бидејќи раздвојуваат само две различни воздушни маси. Постои и сложен фронт на затварање кој дели три или повеќе нехомогени воздушни маси. Тоа најдобро е прикажано на Сл. VI-6, но претходно е потребно да се даде дефиниција за два главни изобарски видови, депресија и антициклон.



Сл. VI-6. Ситуација и развој на циклон

Депресијата (циклонот) претставува подрачје со низок атмосферски притисок, понизок од 760 mm Hg, односно 1013 mbar. Ако сакаме да ја диференцираме депресијата од циклонот најдобро е да се започне од нивната генеза. Депресијата или низок циклон уште се дефинира како циклон надвор од трпоскиот појас. Формиран е од ладна поларна маса со потекло од север и тропски воздух од југ, а се јавува во не тропски области за разлика од циклоните кои се среќаваат во одредени области т.е. трпоските предели. Во оваа група ги вбројуваме: тајфуните, ураганите кои настануваат над океаните во екваторијалниот појас. Генезата на циклонот е условена од силата на девијацијата на земјината ротација. Погрешен заклучок се добива ако се помисли дека ќе има големи разлики во брзината на циклоните надвор од тропскиот појас, бидејќи и циклоните надвор од тропскиот појас достигнуваат брзини поголеми од 1000 km на ден. Генезата, еволуцијата и дејството на циклоните надвор од тропскиот појас (депресиите) може да се претстави со дијаграмите од Сл. VI-6.

На Сл. VI-6 А, е даден квазистационарен фронт кој ги одвојува ладните и топлиите воздушни маси кои се паралелни, но се на спротивните страни. Во дијаграмот В на истите слики веќе ги забележуваме пречките дадени со фронт чија контура е брановита, додека нејзината амплитуда со текот на времето расте - скица С, предизвикувајќи наоблачување и врнежи. Во понатамошниот развој и пораст на амплитудата - скица Д, ладниот фронт го прекрива топлиот, па во конечната состојба - дијаграм Е фронтите се распаѓаат со влијанието на депресиите.

Депресиите се движат неправилно, во сите можни правци. Сепак во поголем број на случаи тие имаат правец од запад кон исток, додека во Европа повеќето од нив доаѓаат од Атлантскиот Океан. Со набљудување на циклоните, нивните правци во одреден временски период и статистичка обработка на податоците можат да се одредат најфреквентните патеки на движење. Пример за таквите движења над Европа дале Weichmann и Van Vebber (Сл. VI-7).

За Балканскиот Полуостров значајна е патеката означена со V и VI, посебно оние кои доаѓаат од Бискајскиот залив, преку Франција и од западниот дел на Средоземното Море. Од Кварнерскиот залив како од јазол се разделуваат патеките V^b, V^c и V^d.

Циклонот од патека V^d се движи источно од Алпите, преку Унгарија кон Балтичкиот залив, при што со појасот на врнежи ги зафаќа и западните делови на Балканскиот Полуостров. Почесто се појавува на преминот од топлиот во ладниот дел на годината и обратно, значи во есен и пролет. Циклонот од патека V^b се движи од северниот дел на Јадранското Море, преку областа помеѓу реките Сава и Драва, се движи по течението на реката Дунав се до Црно Море. Најчеста појава има на пролет и почетокот на летото кога на подрачјето над кое доминира се создава главен или секундарен максимум на врнежите. Патеката V^d е паралелна со Јадранското Море, во правец на Егејското Море, воглавно во крајбрежјето на Јадранското Море, Црна Гора и јужниот дел на Република Македонија, се јавува во есен и зима. Слично влијание во тие подрачја има и циклонот V^e иако е оддалечен сепак делува со своите секундарни чинители. Депресиите V^c и V^d се нарекуваат медитерански циклони, значи циклони кои го формираат плувиометрискиот режим. Тоа се циклони со максимални врнежи во октомври и ноември. На крај ќе ја спомнеме депресијата IV која влијае во северно-западните делови на Балканскиот Полуостров. Таа со силен интензитет доминира во летниот и есенскиот период, оставајќи белег на плувиометрискиот режим во тие подрачја.



Сл. VI-7 Циклонска состојба над Европа и Средоземното Море, според Weichmann и Van Beber

Антициклон е област со висок притисок - повисок од 760 mm/Hg, односно 1013 mbar. Во средината на антициклонот овој притисок е најголем (обично изнесува 1030 mbar, односно 772,5 mm/Hg), а кон периферијата се намалува, струење на воздухот има од центарот кон краевите. Притоа треба да се спомне дека струењето е во вид на вртлози и дека секоја област со висок притисок може да се замисли како круг кој се врти. Антициклоните се движат со помала брзина и неправилно во однос на циклоните. Движењето е во сите насоки, но сепак може да се каже дека антициклоните над Европа, воглавно, се движат во насока исток и југоисток.

На Балканскиот Полуостров периодот на антициклоните е најдолг во лето и во зима. Преку летото, антициклоните се појаси со висок притисок кои ја зафаќаат цела средна и југоисточна Европа, додека преку зима деловите на Балканскиот Полуостров се зафатени со антициклони формирани во средна и североисточна Европа.

Во предходниот текст се запознавме со принципите за настанување на врнежите кои се јавуваат во разни форми: дожд, снег, мраз, роса, град. Се претставуваат сумарно со висината на столб вода изразен во mm за одреден временски период. Тој временски период обично е: година, месец, декада, ден или уште пократок период. Изборот на временската единица зависи од задачите кои се решаваат: воден биланс, максимален проток на мали и големи сливови, сушни периоди и слично. Значи, природата на информацијата како форма за претставување зависи од актуелните хидролошки задачи.

VI.2.2. Мерење на врнежите

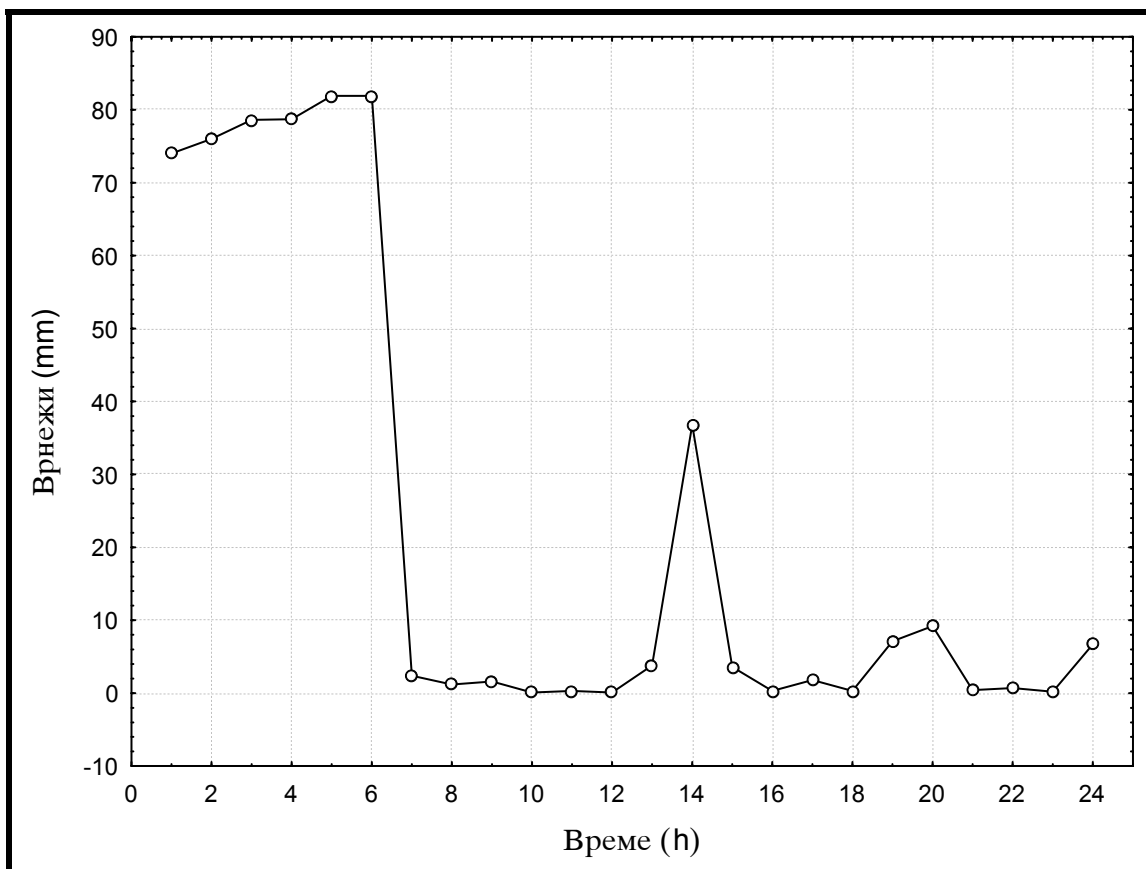
Постојат два вида инструменти за мерење на врнежите: плувиометар и плувиограф.

Плувиометарот, врши мерење на вкупните врнежи во некоја дождомерна станица за одредено време, обично во траење од еден ден или 24 часа со стандардизиран рок на набљудување. Се работи за едноставни инструменти кои се составени од цилиндрични садови чиј волумен е поголем од големината на дневните врнежи. Површината на садот (која не е нормирана на интернационално ниво) е во форма на левак со прстен и капацитет од 200 cm² врнежи. Инструментот се прицврстува на столб со што површината за прифаќање на врнежите треба да е хоризонтална и на висина од 1,5 m од земјата. Се бара инструментот за мерење да е на доволна одалеченост од објектот, бидејќи може да влијае на резултатите. Соодносот на одалеченоста и висината на објектите треба да е 1:2, т.е. одалеченоста не треба да е помала од двојната висината на тие објекти.

Плувиометрите (дождомерите) имаат мензури градирани за 1/10 mm дожд. Со тие инструменти дисконтинуирано се мерат врнежите. Резултатите се земаат еднаш дневно, понекогаш и два пати. Постојат случаи кога, поради непристапност до некоја станица поставена на висока кота или од други причини, мерењата се вршат на подолги временски периоди, неколку месеци или на година. Овде се поставуваат садови чии капацитет се зголемува, а таквата слободна површина, со 2 mm слој од масло, се заштитува од евапорација. Таков инструмент се нарекува плувиометар тотализатор.

Плувиографот, овозможува анализа и распределба на дождот во зависност од времето, бидејќи континуирано се следи тој феномен. Ги има разни видови, кои се составени од исти основни делови: сад за прифаќање на врнежите како кај омброметарот, временски механизам со апарат за регистрација, пловен знак и цифон за празнење на садот. Потребата за подетално познавање на механизмот на плувиографот и другите инструменти за мерење е дел на применетата хидрологија, а овде на скроман начин правам дескрипција на инструментите, нагласувајќи ги нивните можности. Треба да се спомне дека плувиографите во функција со времето ја даваат кривата на врнежи, т.н. плувиограм. Извод на таа крива е хиетограм кој го претставува интезитетот на врнежите. Постојат плувиографи кои овозможуваат директен извод од кривата на врнежите.

Во табела VI-1 нумерички се претставени врнежите за одреден временски интервал. Од дијаграмот на слика VI-8 се гледа дека врнежи со најголем интензитет во сливното подрачје на река Брегалница се регистрирани во Штип на 08.10.1937 година (обработена е целокупната база со податоци).



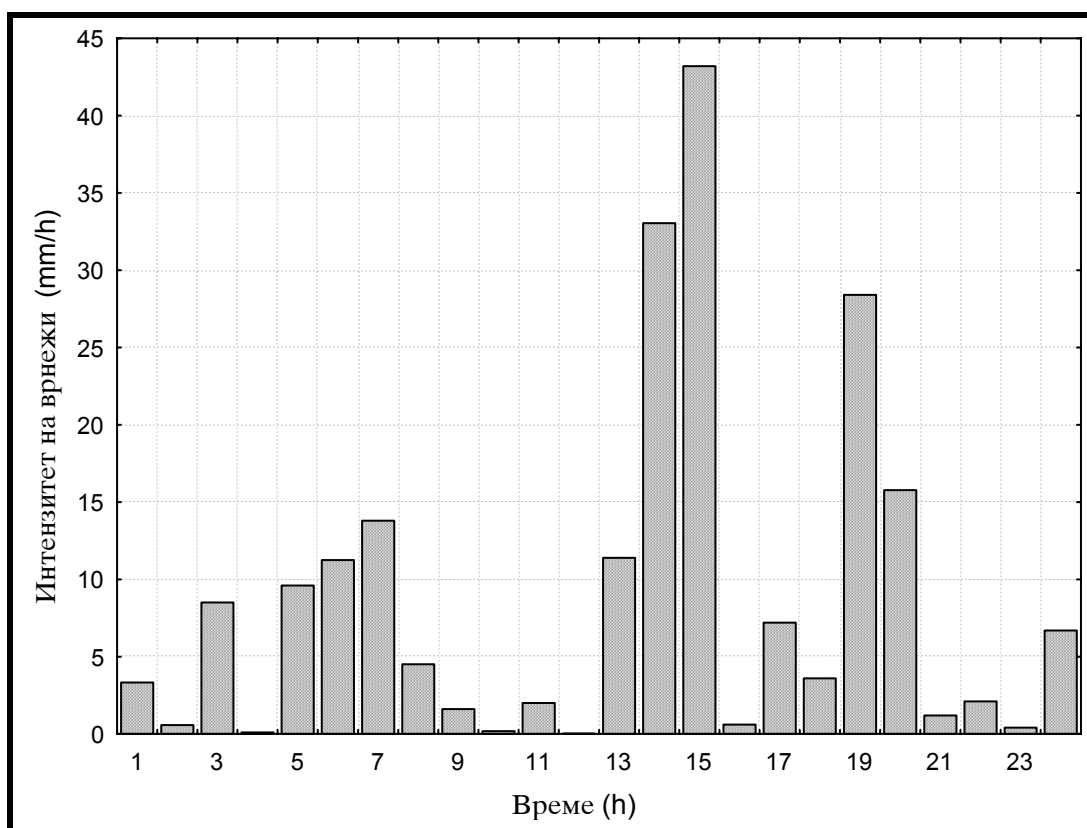
Сл. VI-8. Плувиограм на силен дожд во Штип, 08.10.1937 година

На табела VI-1 е дадено членување:

Табела VI-1. Врнежи и интензитет на врнежи Штип, 08.10.1937 година

Час	Врнежи (mm)	Интезитет на врнежи (mm/h)	Час	Врнежи (mm)	Интезитет на врнежи (mm/h)
1	74	13,8	13	3,8	28,4
2	76	4,5	14	36,8	15,77
3	78,6	1,6	15	3,6	1,2
4	78,7	0,18	16	0,3	2,1
5	81,9	2	17	1,8	0,4
6	81,9	0,02	18	0,3	6,69
7	2,4	11,4	19	7,1	3,33
8	1,2	33,04	20	9,2	0,57
9	1,6	43,2	21	0,4	8,5
10	0,1	0,6	22	0,7	0,09
11	0,3	7,2	23	0,2	9,6
12	0,1	3,6	24	6,69	11,25

На Сл. VI-9 е даден конечниот хиетограм на врнежите:



Сл. VI-9. Хиетограм на силни врнежи во Штип (08.10.1937 година)

VI.2.3. Движење на врнежите во просторот. Плувиометриски режим.

Големината на врнежите зависи од многу фактори. Доколку нашиот интерес за тој феномен се насочи на нашата држава или само на дел од нејзината територија, ќе дојдеме до заклучок дека врнежите се тесно поврзани со географскиот фактор. Тој аспект е многу важен, бидејќи кај нас врнежите се движат од 450 до 5000 mm на годишно ниво. Меѓутоа, нас не не интересираат само некои сознанија за просторната распределба на тие параметри, кои како што гледаме се наоѓаат во широк распон. Ништо помалку интересна, за нас, не е ни распределбата на годишните врнежи во зависност од сезоните во годината или месецот. Таа распределба се нарекува чекор на годишните врнежи.

VI.2.4. Интензитет на врнежите во зависност од географскиот фактор

Годишните врнежи опаѓаат на земјината површина почнувајќи од екваторот кон половите. Одстапувањето од таа законитост зависи пред се од распоредот на континентите, оддалеченоста од големите водени површини (на пример морињата) кои се главен извор на влажниот воздух, од правецот на ветровите, влијанието на планинските системи и од надморската височина. Во сливното подрачје на река Брегалница се повторуваат сите спомнати влијанија, меѓу кои и огромната разлика во просечните годишни врнежи. Тие влијанија и нивното значење при формирањето на годишните врнежи тешко се диференцираат, поради тоа им се даваат квантитативни параметри. Пресметката на равенствата базирани на основите од сливното подрачје на реката Брегалница и северниот крајбрежен појас на Егејското Море приближно го дава односот:

$$H = 0.75A + 4900 - 4020(\Delta\varphi - 0.7)^{\frac{1}{10}}$$

или

$$H = 4900 - 4020(\Delta\varphi - 0.7)^{\frac{1}{10}} \quad (\text{VI-11})$$

каде H ги претставува годишните врнежи за повеќегодишен период, а A е апсолутната висина на точката на мерење (во метри).

$$\Delta\varphi = \varphi - \varphi_* = \varphi - 55 + 0.75 \cdot \lambda$$

при што φ и λ се географски координати на местото.

$\Delta\varphi$ е оддалеченоста на местото (по меридијанот) од морето, ако се усвои дека протегањето на крајбрежната линија е дадено со $\varphi_* = 55 + 0.7 \cdot \lambda$

Тоа конкретно значи дека сливовите кои гравитираат кон морето на секои 100 m се зголемува надморската висина со што се очекува раст на годишните врнежи за околу 75 mm. Секако ова е многу тенденциозен заклучок од аспект на точноста. Односот VI-11 ги дава движењата на годишните врнежи во набљудуваниот простор. Поради големата количина на влага која ја носат западните ветрови кои дуваат од море кон копното, најголемите врнежи се лоцираат во крајбрежните области и тоа на линијата $\Delta\varphi = 0,7$ која е нешто придвижена кон копното. Тоа е резултат на орографскиот фактор, бидејќи под влијание на крајбрежните планински ланци се интензивира процесот на ладење на влажните воздушни маси и настанува кондензација. Во двете насоки од $\Delta\varphi = 0,7$ има намалување на годишните врнежи и тие промени може да се дефинираат со извод на равенката VI-11:

$$\frac{dH}{d(\Delta\varphi)} = -402 \cdot (\Delta\varphi - 0.7)^{-0.9} \quad (\text{VI-12})$$

Ако се земе дека во нашите краеве должината на лакот на степенот на меридијанот 111.200 m, може да констатираме дека намалувањето на годишните врнежи ќе биде од 1,2 mm/km до 15,3 mm/km.

Како што гледаме таа хоризонтална распределба на годишните врнежи е за 20-700 пати помала од вертикалната. Секако со оддалечување од морето се намалува и големината на тие промени.

Со оглед на фактот дека апсолутната висина и одалеченоста од морето не се единствени фактори за формирање на годишните врнежи, разбирливо е отстапувањето од добиениот однос VI-11. Според студијата на Polkes, Lugeon, Mathiasa и други автори се добива дека влијанието на релјефот многу тешко се дефинира, бидејќи за формирање на врнежите од тие аспекти покрај апсолутната висина, важен фактор е и аголот на косината на планинските региони и нивната ориентација во однос на влажните воздушни маси. Обично на самиот врв на планинските маси нема најголеми врнежи, но местата кои се непосредно до планинските венци имаат max. врнежи, кои екстремно паѓаат во “дождовна сенка”. Кога издвоено се набљудуваат и анализираат големините на годишните врнежи H за таквите области се добива следниот однос:

$$H = 0.75A + 200 \cdot (1 - \log \Delta\varphi)^{-2.5} + 200 \quad (\text{VI-13})$$

Овој однос е многу близу анвелопата на min. од годишните врнежи.

VI.3. Врнежи во сливното подрачје на река Брегалница

Врнежите претставуваат еден од главните елементи кои ги детерминираат, како климатскиот, така и хидролошкиот режим. Како и на целата територија Република Македонија, така и во сливното подрачје на река Брегалница големо влијание имаат: медитеранските и континенталните климатски карактеристики, промените во интензитетот на врнежите и други хидролошки процеси. Воглавно, врнежите се карактеристични за два периоди во годината: пролет – есен и лето – зима. Врнежите преку зимскиот период се последица на циклонската активност (депресии) од Медитеранот, додека влијанието на антициклоните е типично за целиот Балкански Полуостров, Република Македонија и сливното подрачје на реката Брегалница, особено преку летниот период. Како резултат на овој феномен големи врнежи има за време на мај и јуни, по кои следат долги, суви и топли лета без врнежи, карактеристични за сливното подрачје на река Брегалница.

Сливното подрачје на река Брегалница кое се наоѓа во источниот дел на државата се карактеризира со помали врнежи, кои на годишно ниво изнесуваат 545,3 mm.

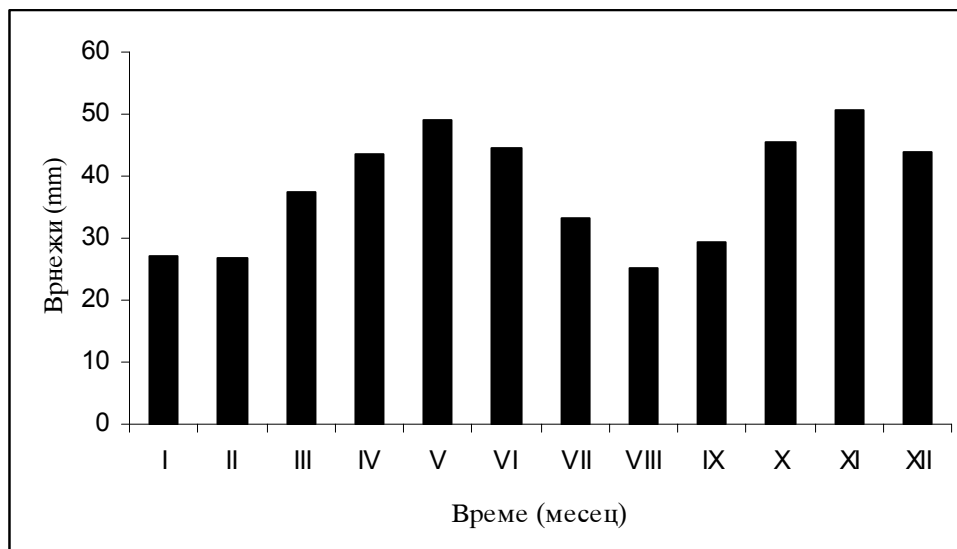
Во сливното подрачје на река Брегалница врнежите се набљудуваат и мерат во 40 дождемерни станици. Тие се рамномерно распоредени на целата територија при што даваат релевантни податоци. На следната табела се претставени податоците за средномесечните врнежи (mm) измерени во дождемерните станици од сливното подрачје на река Брегалница.

Табела VI-2. Табела со средномесечни врнежи (mm) во сливното подрачје на река Брегалница измерени во дождемерните станици (1961 - 1996 година).

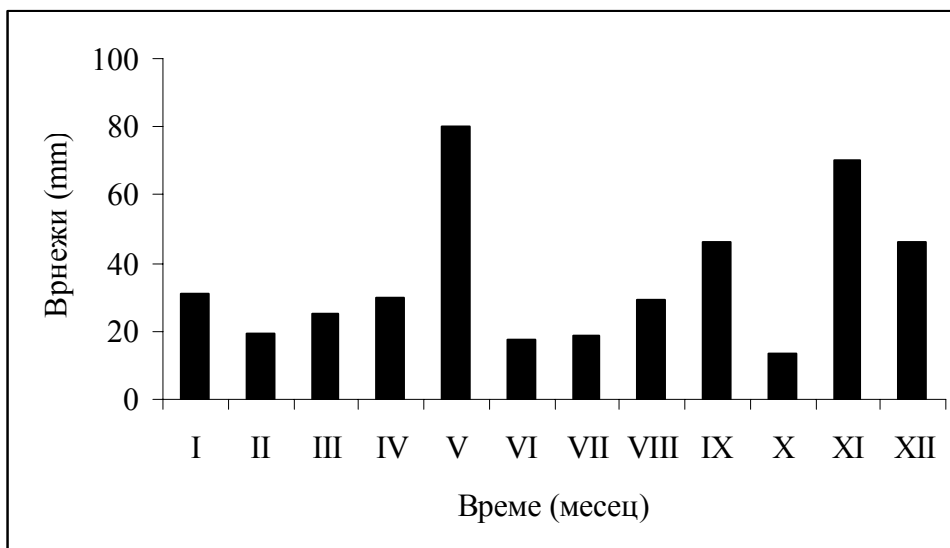
Станица	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Св. Николе	27,1	26,9	37,3	43,6	49,0	44,4	33,3	25,1	29,3	45,6	50,6	43,8
Штип	21,9	47,0	117,6	42,1	22,9	69,9	13,2	19,4	19,7	62,6	117,1	87,6
Кочани	35,9	35,5	37,5	44,7	55,5	47,8	45,1	36,4	30,9	43,5	58,0	46,8
Виница	20,7	21,4	25,7	29,5	41,2	33,2	26,5	23,7	22,1	31,6	41,9	29,2
Делчево	31,1	35,4	36,8	47,0	62,8	54,8	49,0	43,4	37,5	49,5	54,6	44,7
Берово	39,3	41,3	42,6	49,3	69,4	58,6	50,2	45,2	38,9	45,4	61,2	55,1
Пробиштип	43,5	41,8	47,9	57,0	62,7	50,1	56,0	47,2	39,8	58,2	61,1	57,8
Лесново	46,2	47,2	46,0	58,7	73,3	54,0	66,3	53,4	43,0	52,9	65,5	64,0
Злетово	38,3	43,6	45,3	48,5	58,9	46,8	51,5	50,0	36,3	48,9	59,8	48,0
Пуздерци	56,1	49,1	48,6	47,8	70,6	37,4	54,9	35,0	34,9	53,5	47,8	50,9
Нивичани	50,5	53,6	54,2	67,4	89,9	71,1	68,6	64,4	54,6	76,6	72,4	59,9
Соколарци	38,4	37,0	41,2	44,0	63,1	38,4	44,1	41,1	34,0	49,9	66,1	50,4
Ерцелија	27,9	25,6	32,4	44,0	50,0	38,7	39,2	31,3	31,8	38,7	38,1	44,2
Горно Трогерци	39,9	38,4	44,4	42,3	60,6	45,7	60,1	41,3	29,7	59,7	52,3	48,0
Долни Балван	28,9	29,4	30,8	46,2	55,9	42,9	38,0	38,4	29,0	47,4	51,4	41,6
Уларци	34,3	34,9	36,8	44,1	56,9	42,3	45,9	39,3	32,1	44,3	56,8	45,7
Теранци	33,2	32,3	34,8	42,7	57,4	44,0	37,9	35,2	30,1	40,0	53,3	45,5
Радање	35,9	34,3	33,4	40,6	49,6	45,1	46,7	32,9	26,6	43,7	54,1	50,5
Зрновци	37,7	37,4	41,8	55,6	63,8	56,6	48,1	34,6	32,6	41,6	62,9	52,8
Ново Село	35,3	32,6	34,8	43,6	57,6	43,9	46,3	32,0	30,6	44,7	55,0	46,9
Долани	37,7	30,8	38,7	43,6	52,1	44,7	39,5	32,5	31,3	38,8	53,2	49,2
Драгоєво	40,7	36,0	36,7	42,6	45,3	36,2	38,3	26,5	27,4	38,5	38,8	47,8

Станица	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Шашаварлија	40,8	31,4	42,1	42,8	62,3	46,9	36,5	35,5	30,8	35,4	50,4	41,2
Лакавица	30,5	25,0	32,4	39,9	47,4	48,1	43,4	27,5	28,4	45,9	48,0	43,1
Косбунар	48,5	51,7	55,6	73,4	82,0	72,8	57,5	41,5	37,3	62,2	73,8	69,5
Кошево	41,0	41,5	48,2	82,6	64,8	53,8	40,8	28,0	35,3	49,1	64,7	59,5
Парналија	40,2	48,6	57,2	48,4	77,5	67,7	56,1	37,7	37,1	56,0	59,0	56,0
Пиперово	30,0	27,3	34,4	39,9	55,8	32,4	32,9	18,7	30,8	34,9	52,8	44,4
Дедино	49,1	53,4	59,7	46,7	66,3	58,7	52,3	40,1	40,5	58,8	71,2	61,9
Истибања	28,8	29,8	33,1	46,6	54,0	39,3	40,5	40,4	33,4	45,9	50,4	42,9
Грљани	32,9	32,5	38,5	40,0	55,6	43,9	34,2	39,3	30,4	44,3	42,2	43,8
Град	30,9	30,2	39,9	56,5	69,2	51,5	59,2	47,9	36,9	52,5	55,9	50,0
Блатец	55,2	52,0	46,4	63,0	68,0	52,8	56,9	44,8	42,1	64,8	78,9	73,5
Лаки	33,6	37,3	33,1	37,8	46,9	36,9	33,0	33,6	30,0	38,7	40,9	42,9
Разловци	38,5	35,0	37,5	49,3	55,7	49,8	47,3	38,6	33,6	45,6	53,3	44,4
Митрашинци	46,8	49,0	49,2	53,8	72,7	59,7	54,8	42,6	37,4	59,5	67,0	68,1
Пехчево	37,5	41,3	45,2	52,1	60,2	54,5	46,6	47,3	38,1	50,9	62,4	63,0
Владимирово	38,2	37,8	41,2	48,9	61,0	48,6	47,0	38,5	34,1	48,3	56,4	50,9
Ратево	57,0	24,8	24,1	43,0	42,4	32,0	49,1	21,1	33,9	29,2	27,5	59,4
Миравци	50,8	60,5	69,1	52,7	55,9	43,3	30,1	38,2	34,3	60,4	74,4	78,7

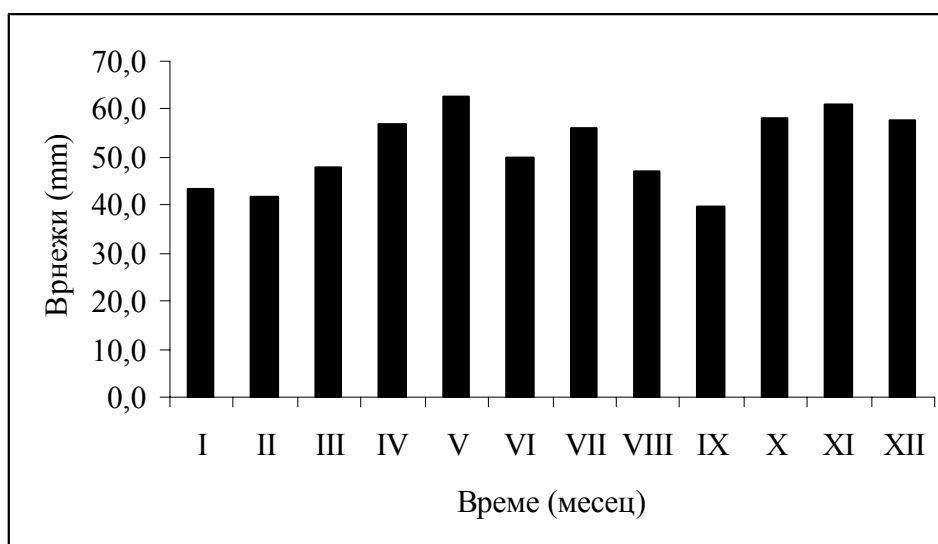
На следниве слики се претставени средномесечните врнежи (mm) измерени во секоја дождомерна станица од сливното подрачје на река Брегалница во периодот од 1961 до 1996 година.



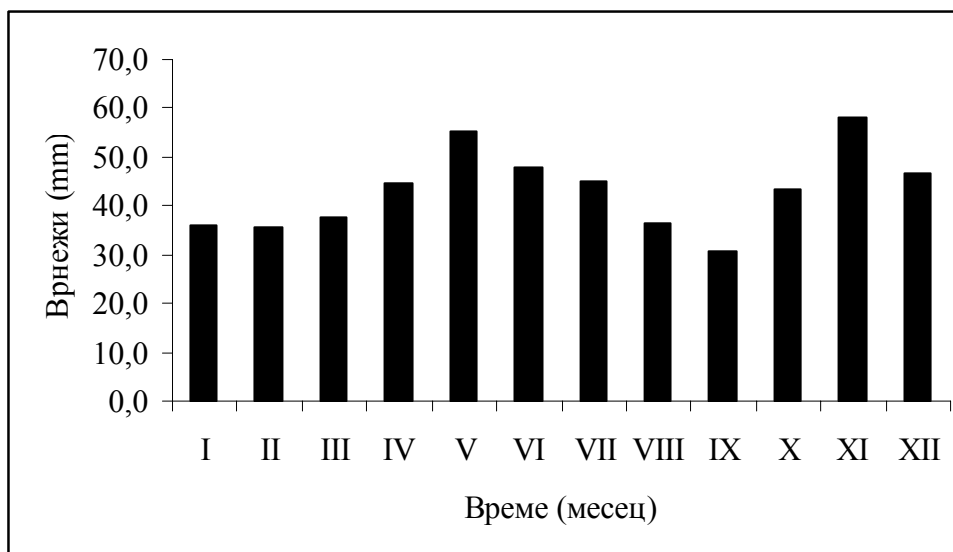
Сл. VI-10. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Свети Николе



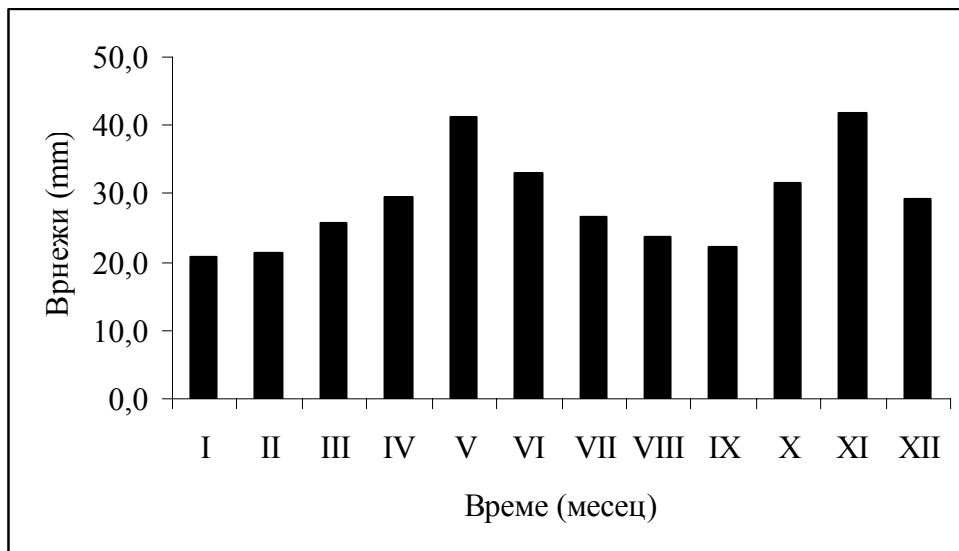
Сл. VI-11. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Штип



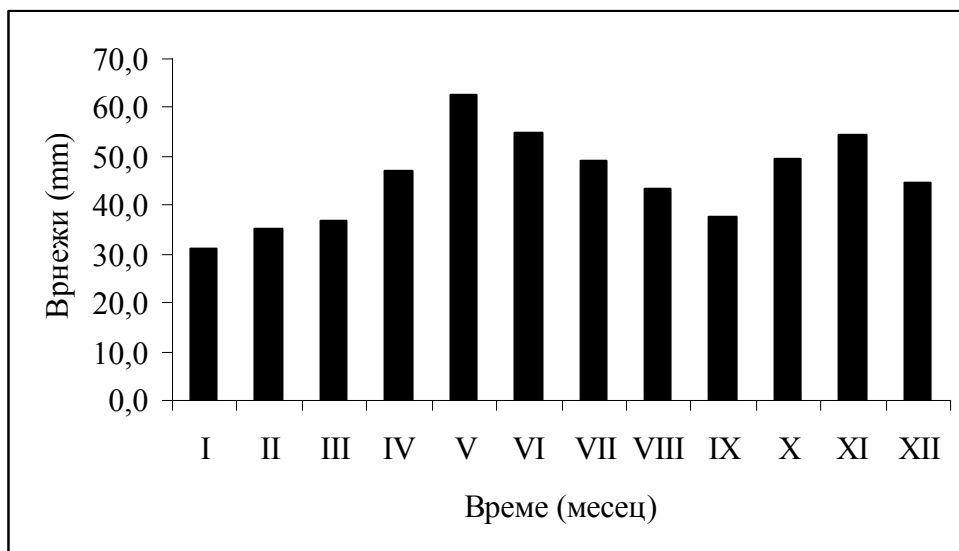
Сл. VI-12. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Пробиштип



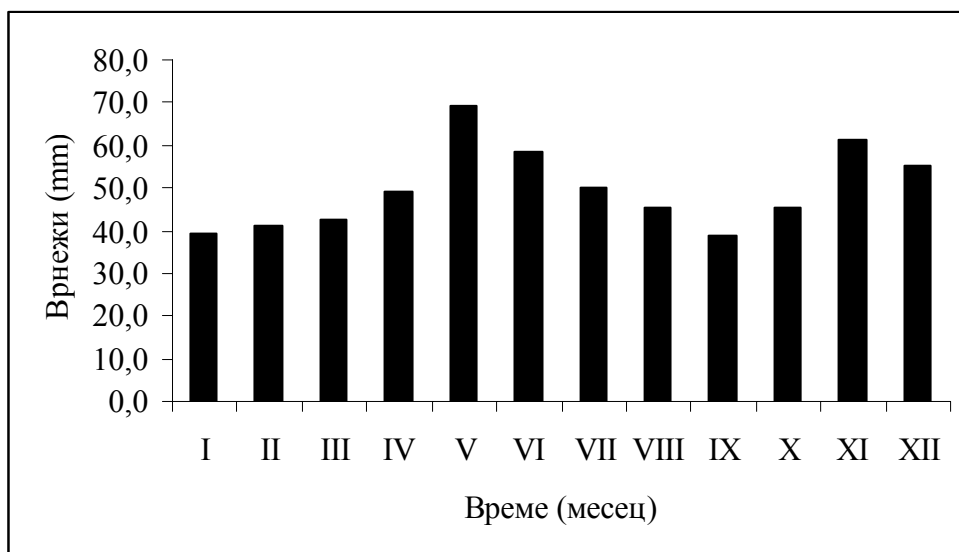
Сл. VI-13. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Кочани



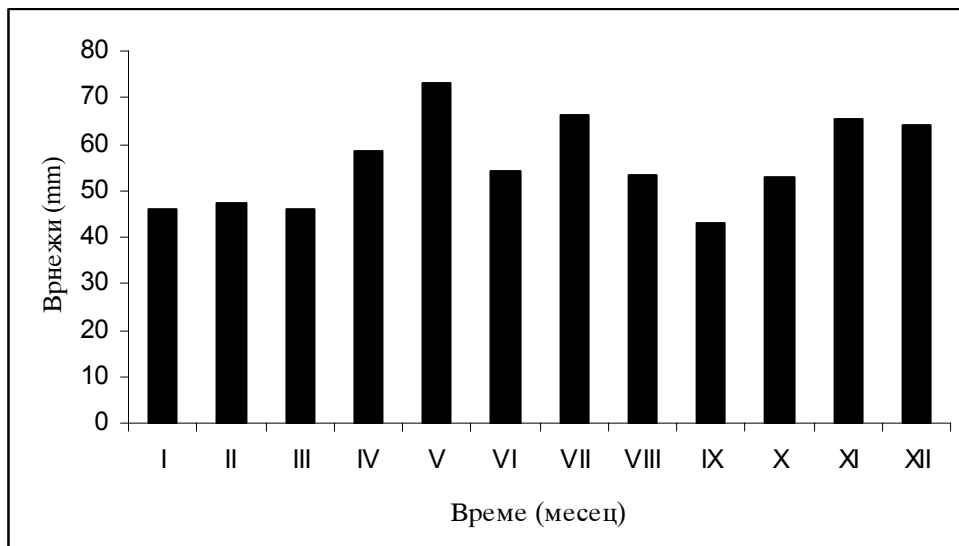
Сл. VI-14. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Виница



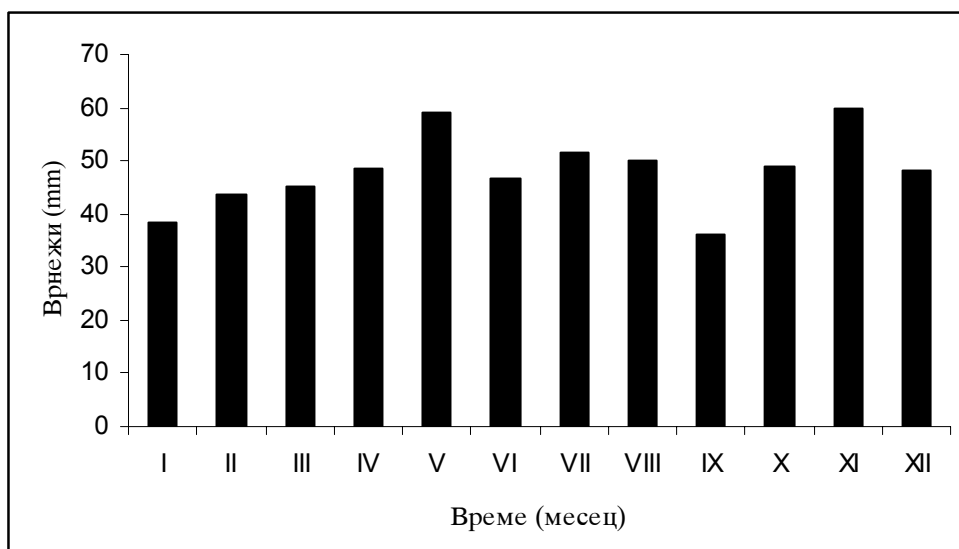
Сл. VI-15. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Делчево



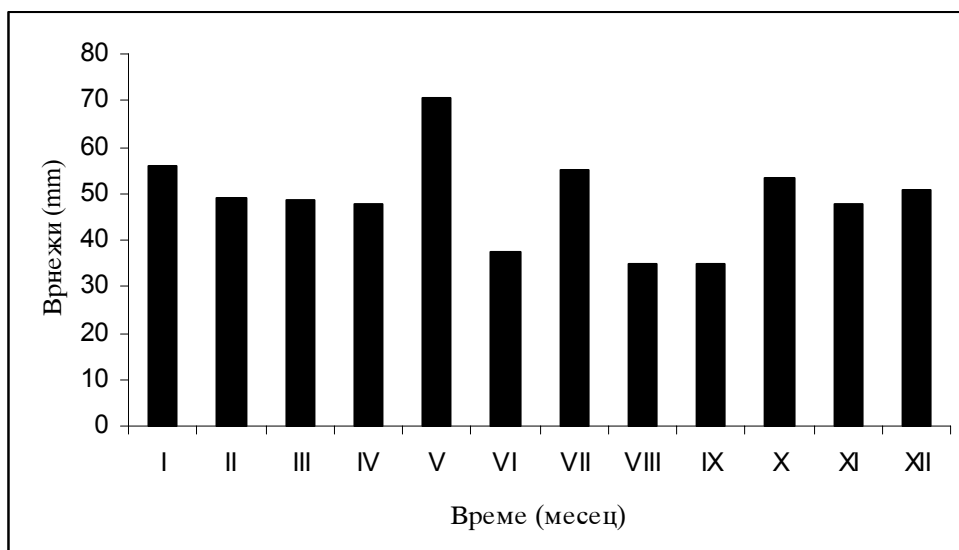
Сл. VI-16. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Берово



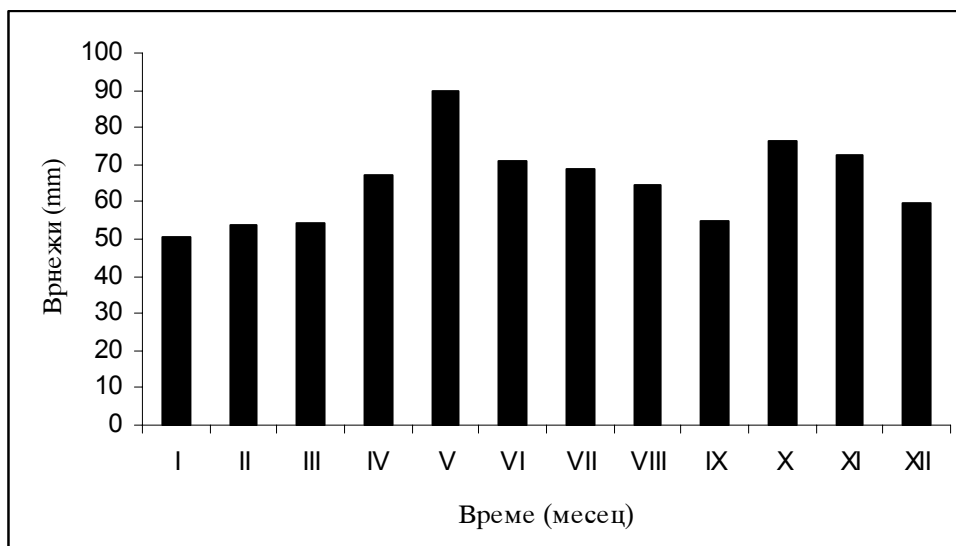
Сл. VI-17. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) –Лесново



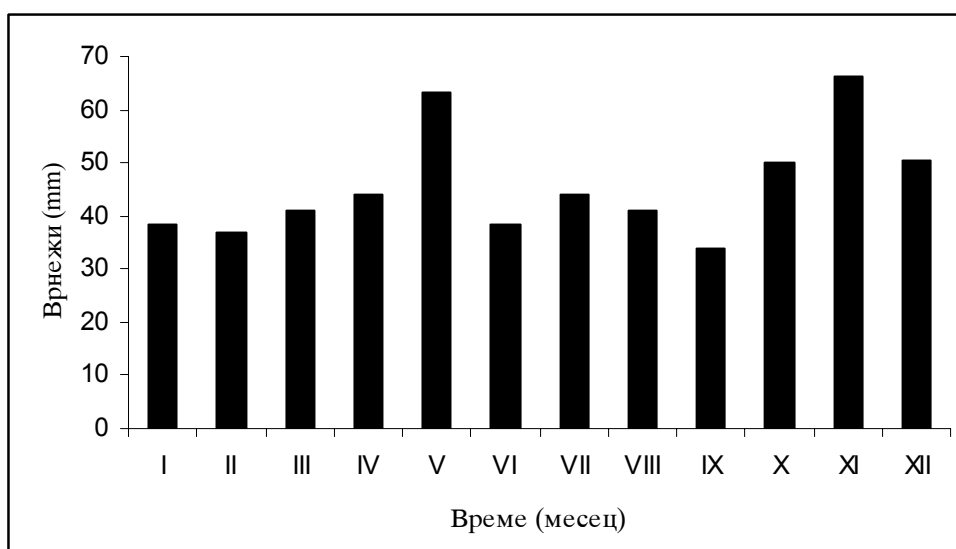
Сл. VI-18. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Злетово



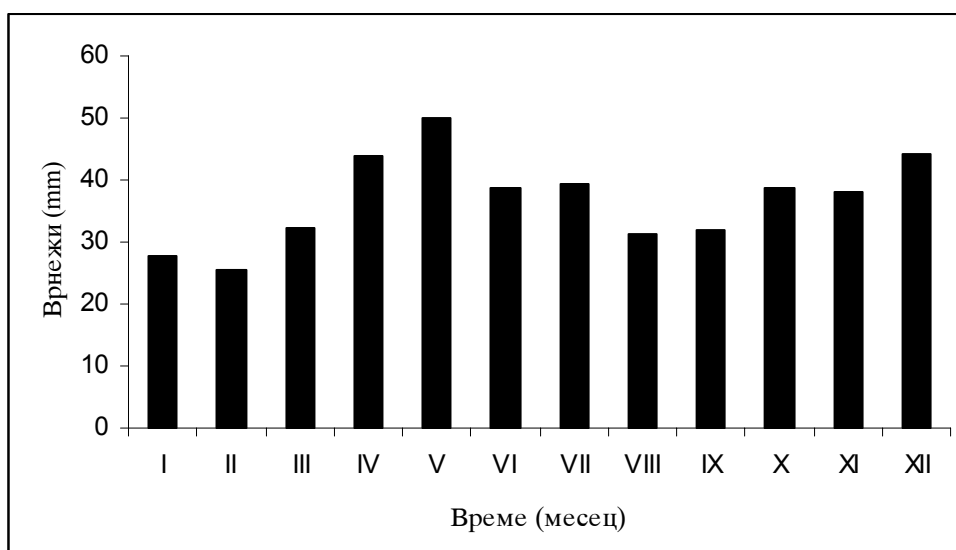
Сл. VI-19. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Пуздерци



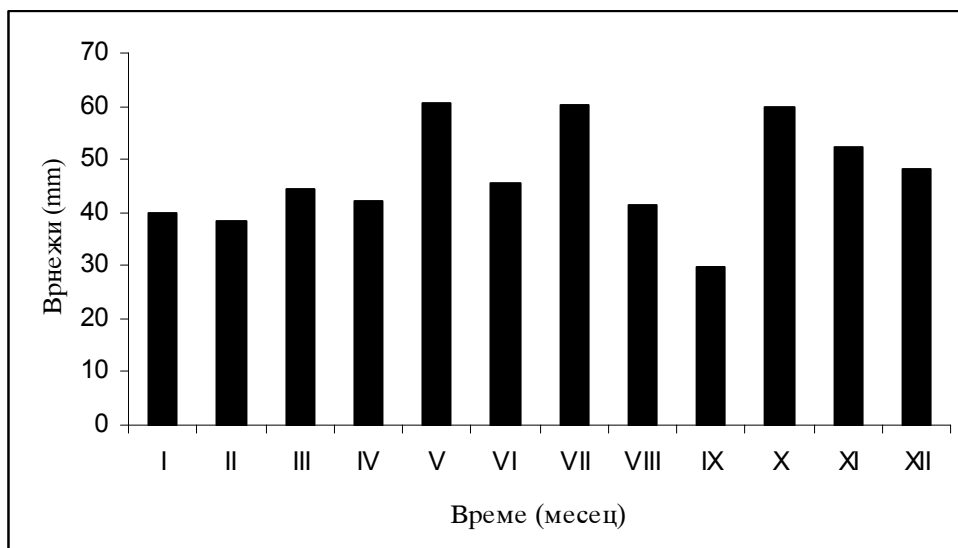
Сл. VI-20. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Нивичани



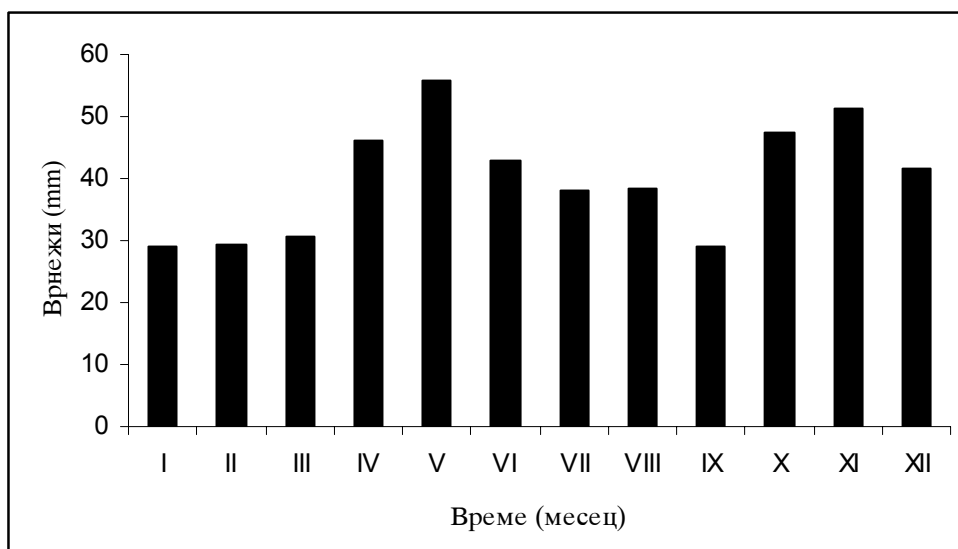
Сл. VI-21. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Соколарци



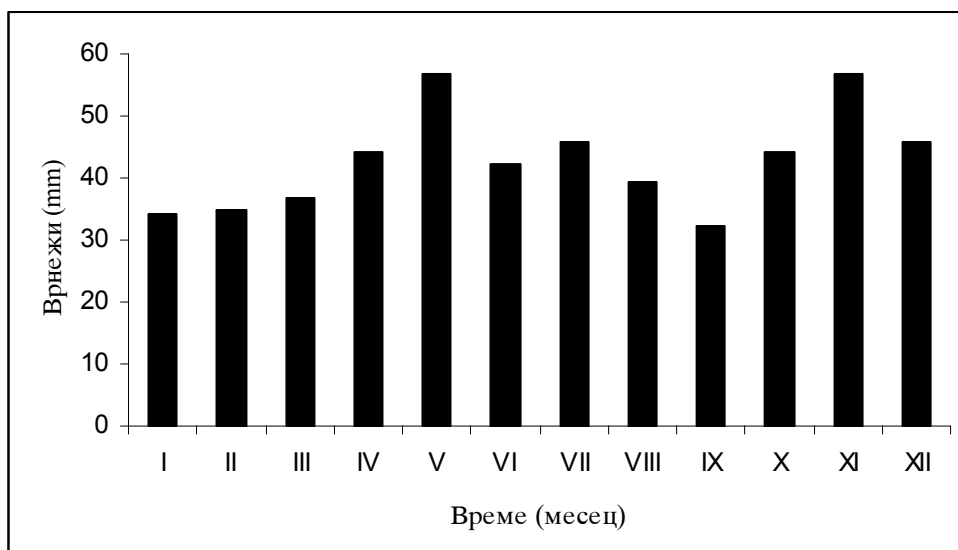
Сл. VI-22. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Ерцелија



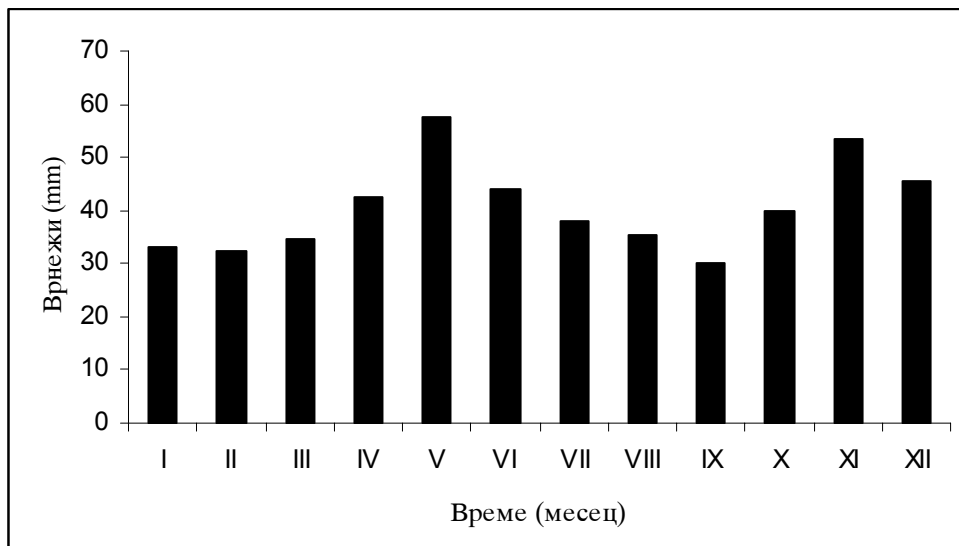
Сл. VI-23. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Г. Трогерци



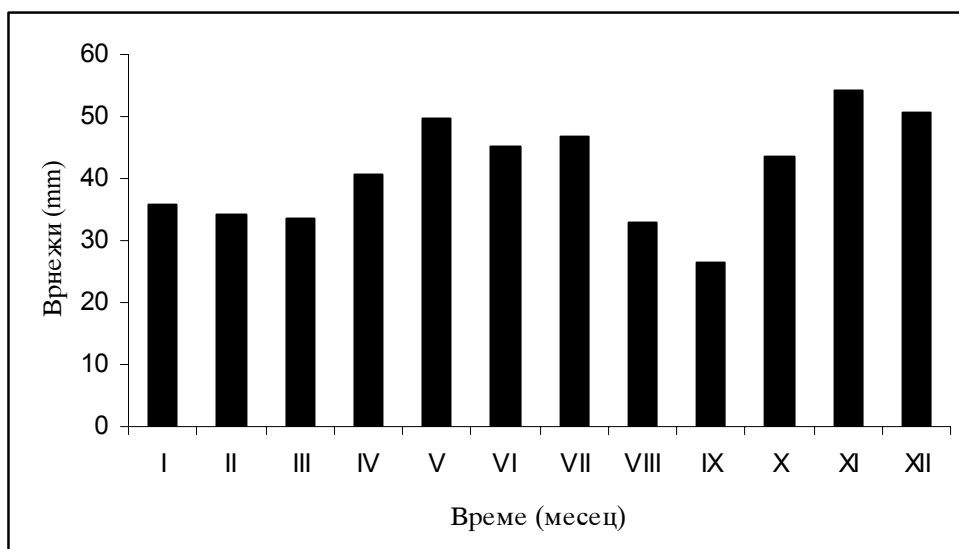
Сл. VI-24. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Д. Балван



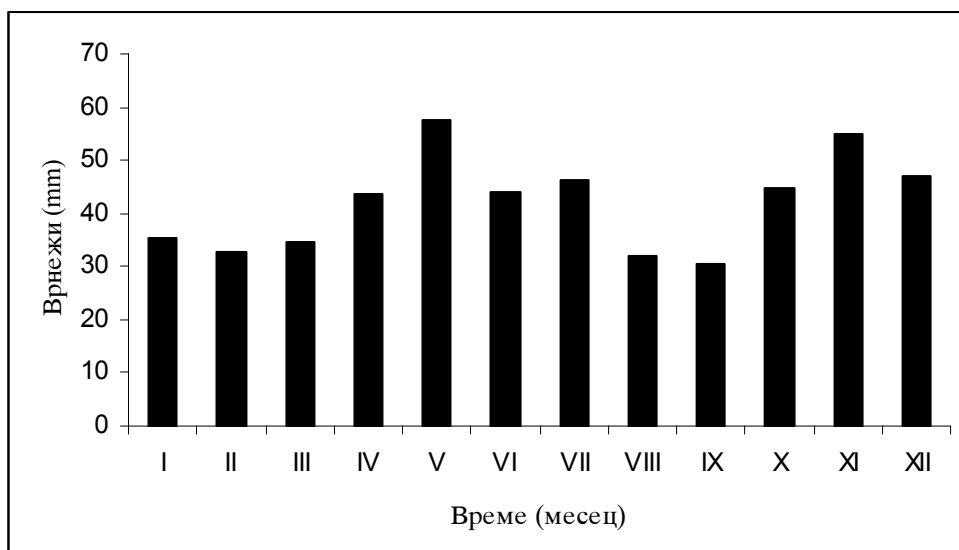
Сл. VI-25. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Уларци



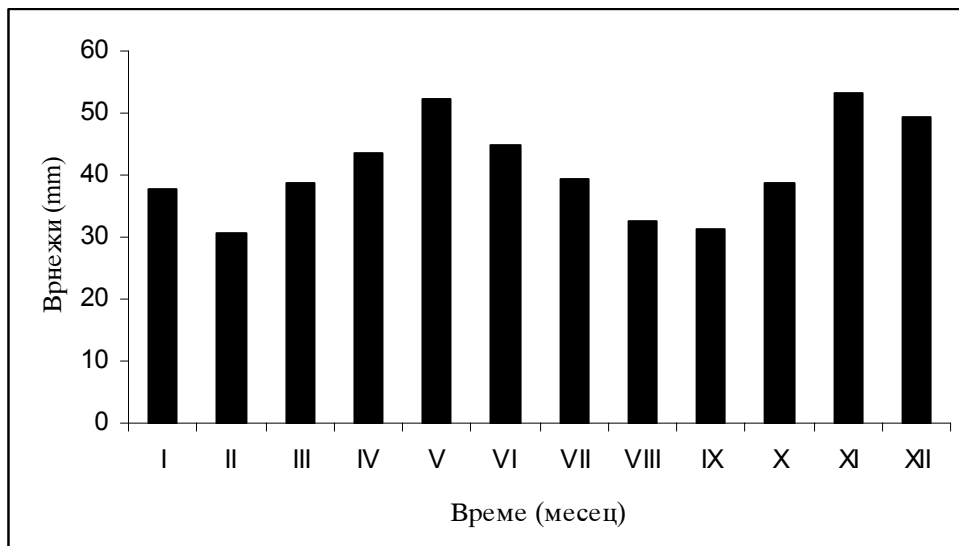
Сл. VI-26. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Теранци



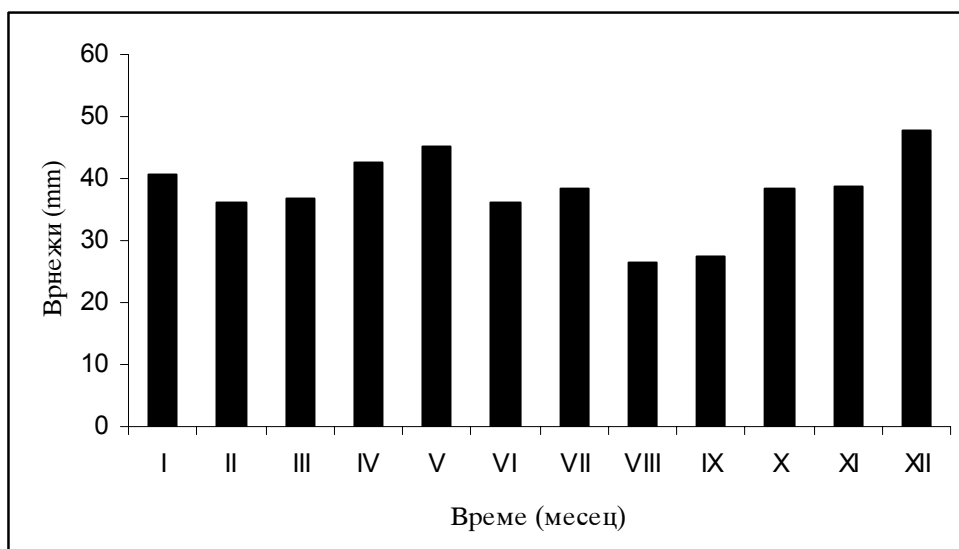
Сл. VI-27. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Зрновци



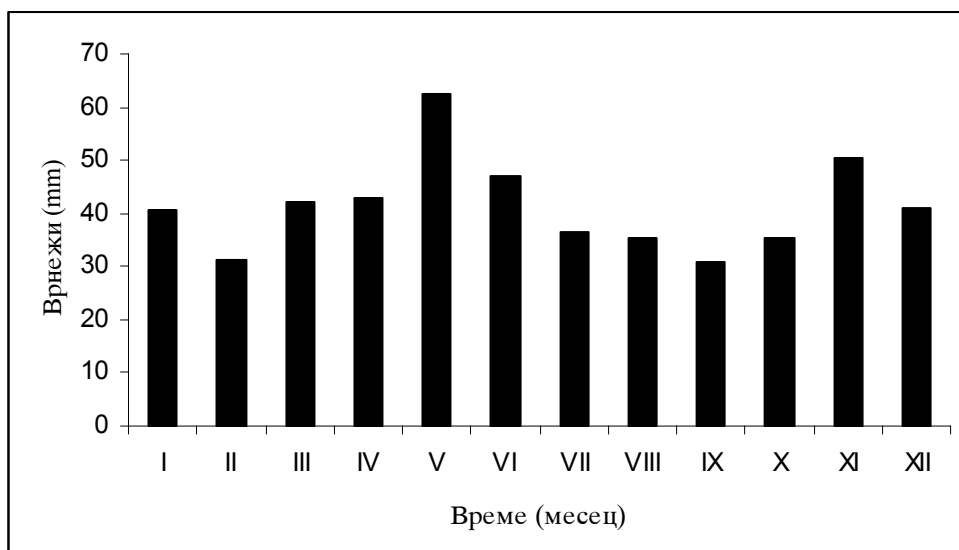
Сл VI-28. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Ново Село



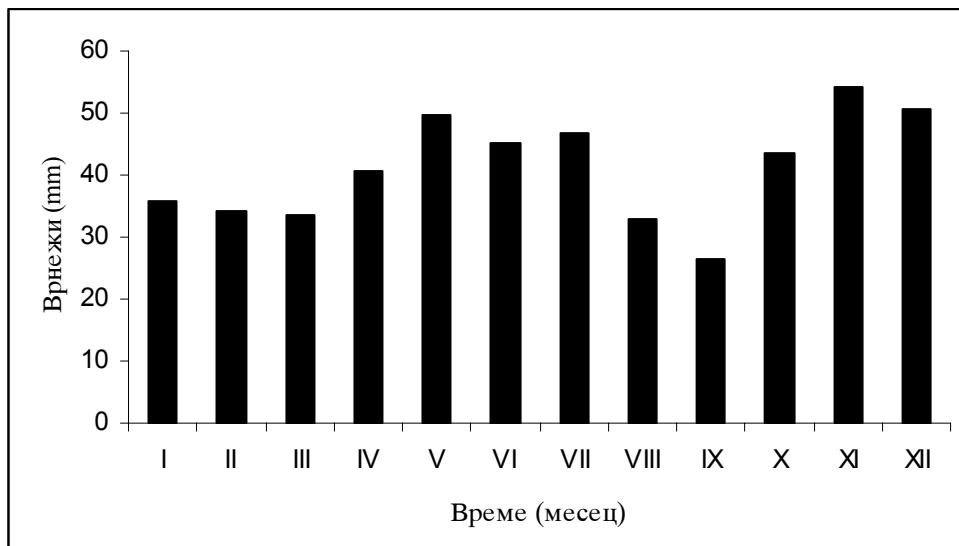
Сл. VI-29. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Долани



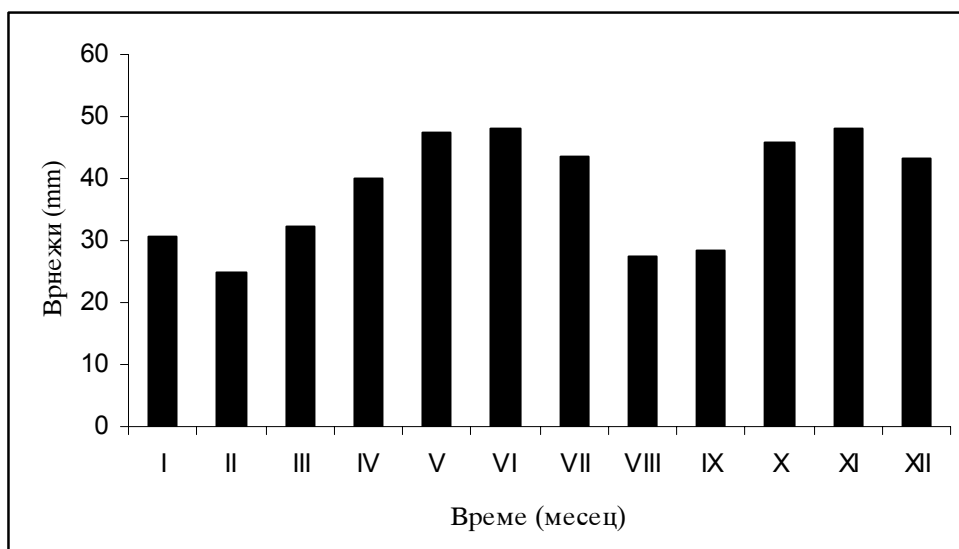
Сл. VI-30. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Драгоево



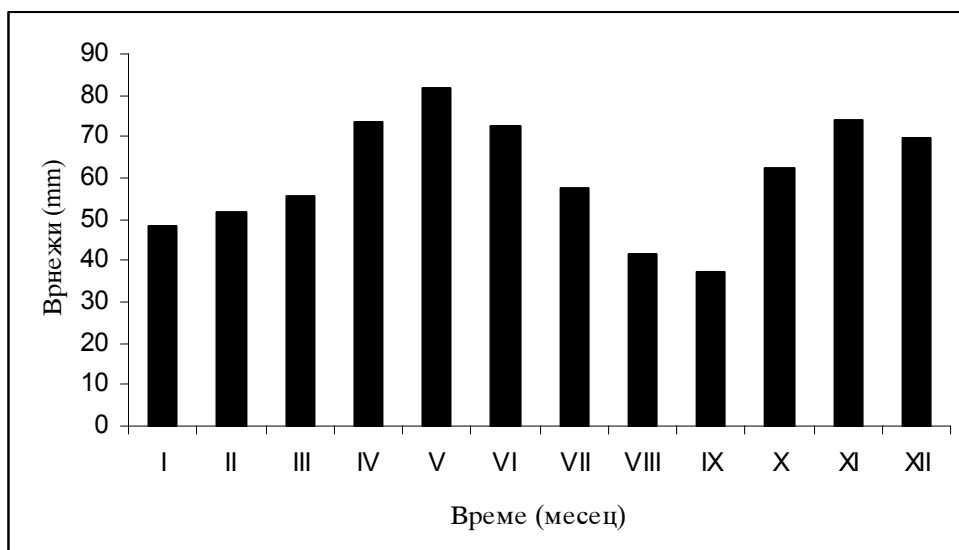
Сл. VI-31. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Шашаварлија



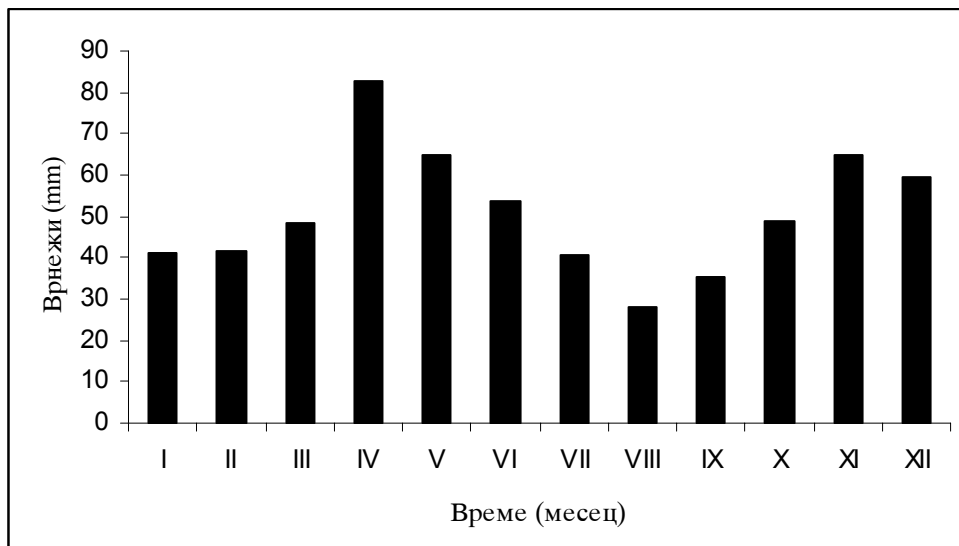
Сл. VI-32. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Радање



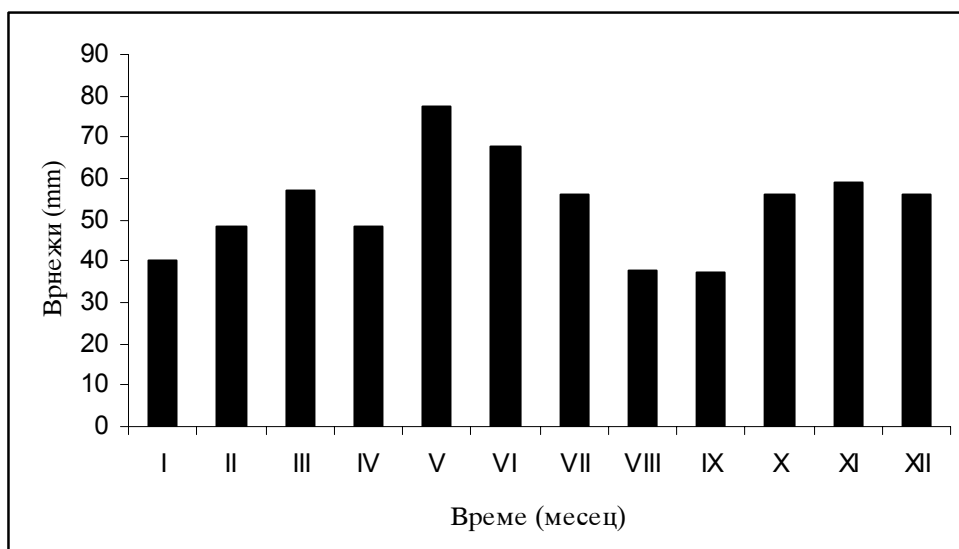
Сл. VI-33. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Лакавица



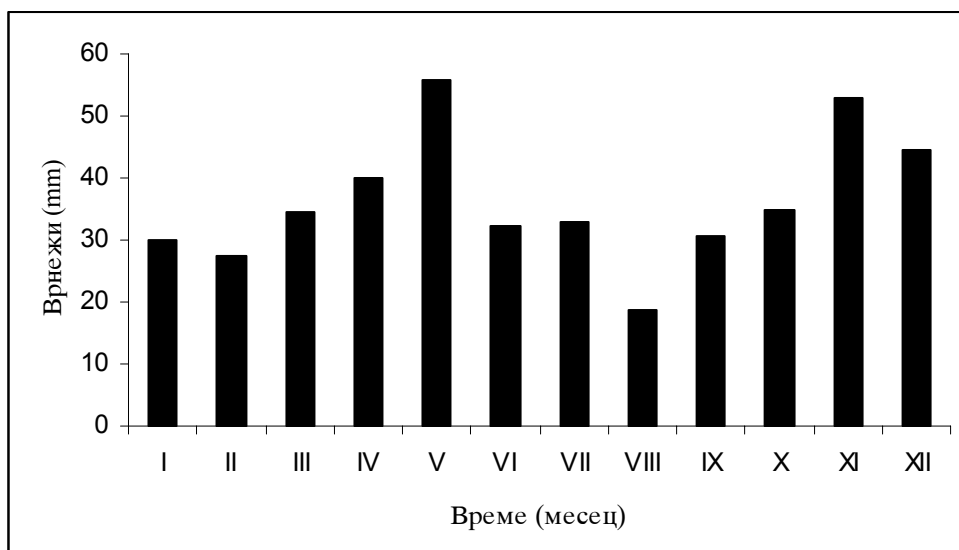
Сл. VI-34. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Косбунар



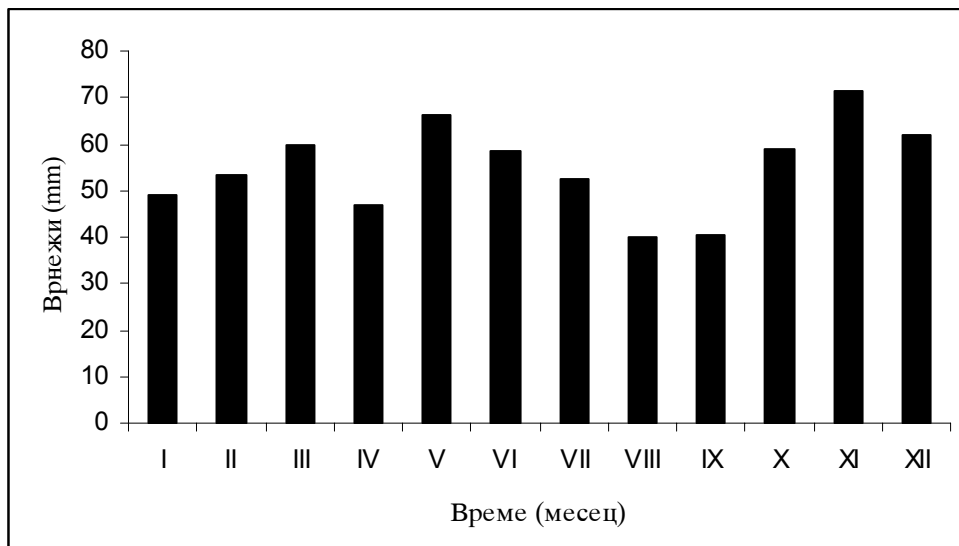
Сл. VI-35. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Кошево



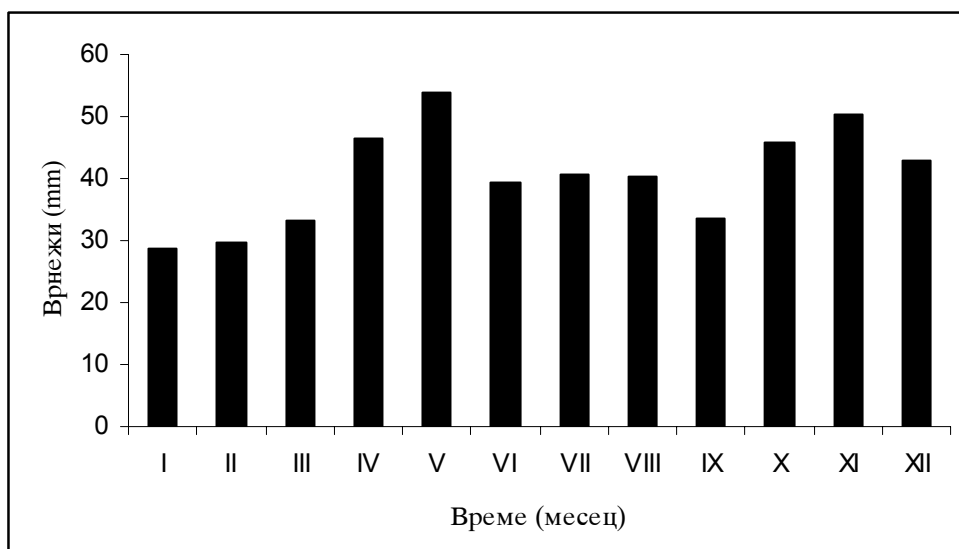
Сл. VI-36. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Парналија



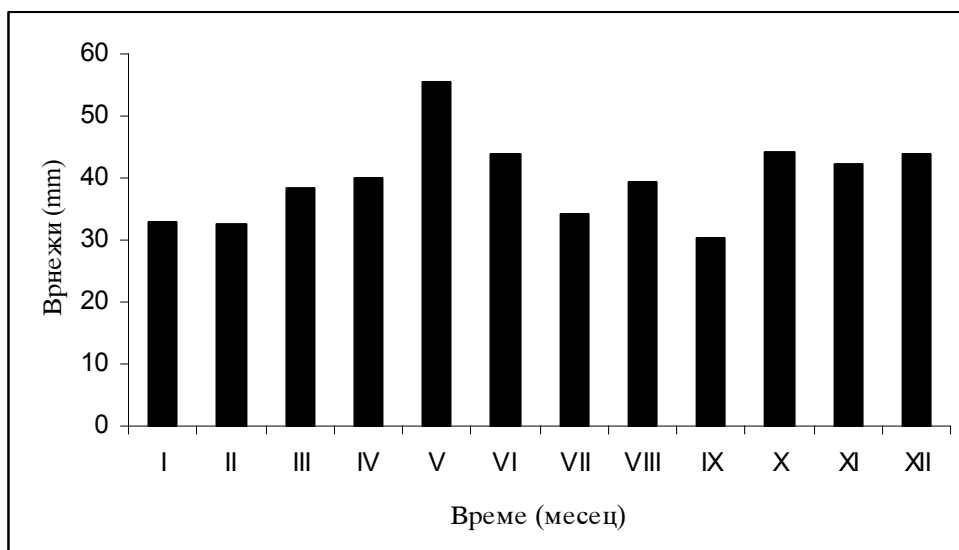
Сл. VI-37. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Пиперово



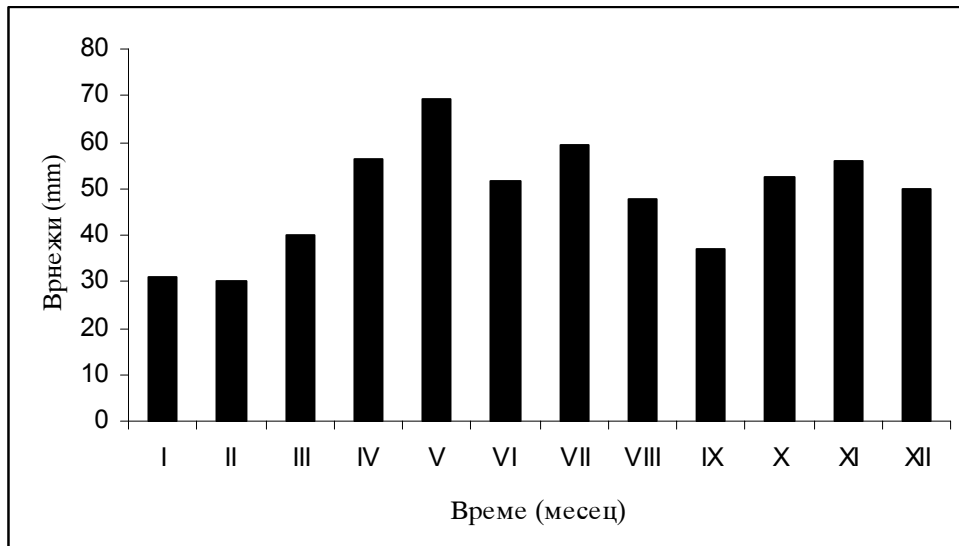
Сл. VI-38. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Дедино



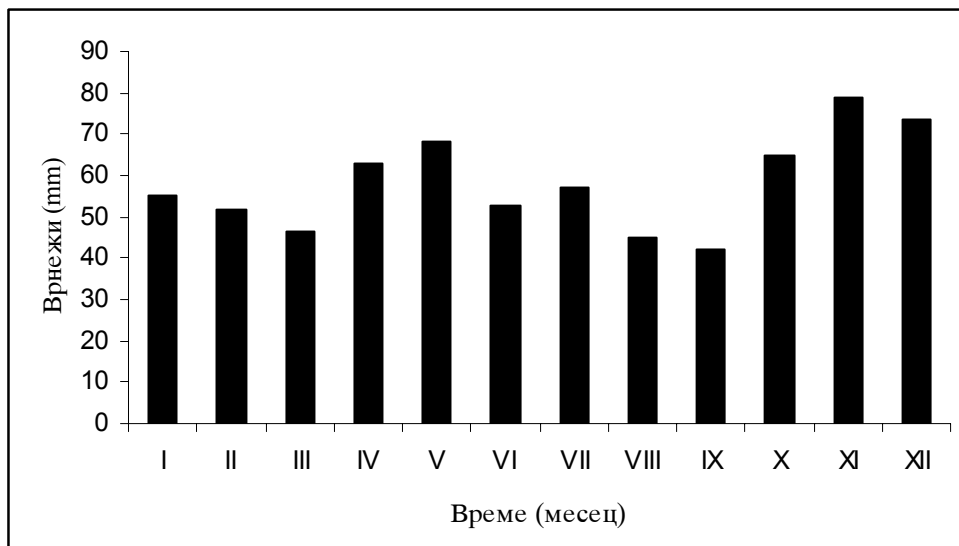
Сл. VI-39. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Истибања



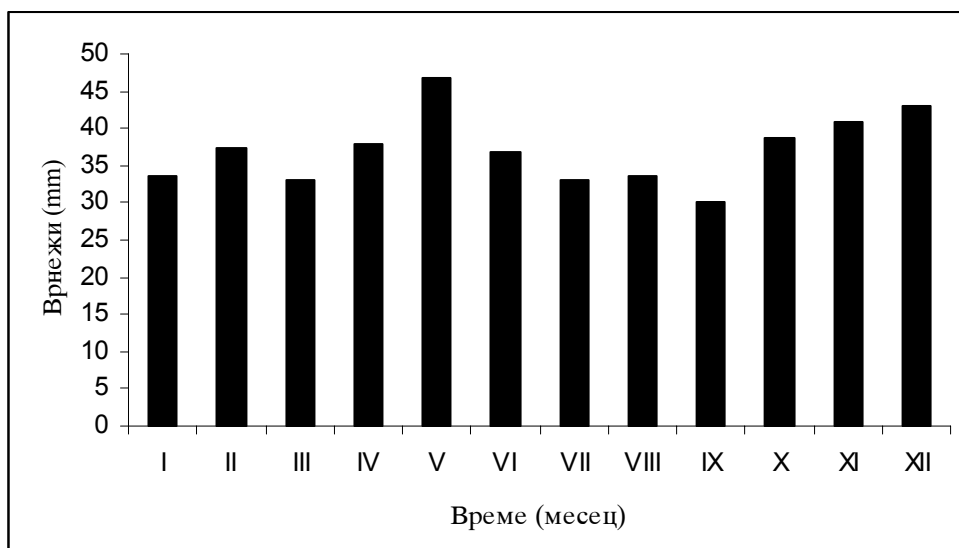
Сл. VI-40. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Грљани



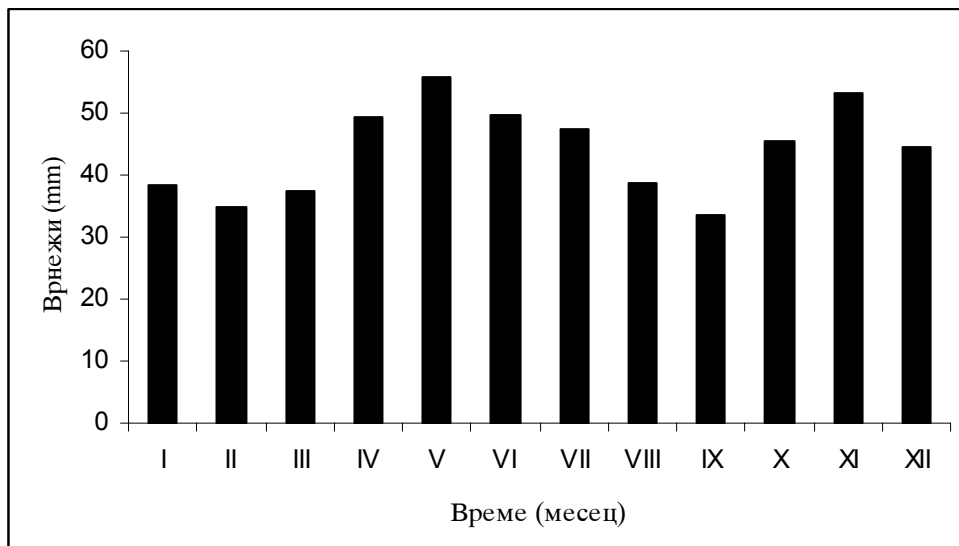
Сл. VI-41. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Град



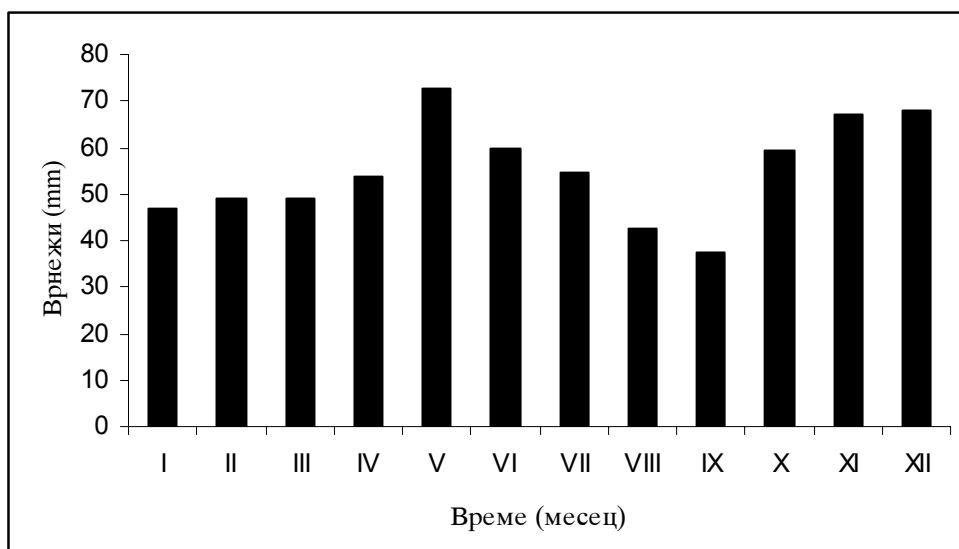
Сл. VI-42. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Блатец



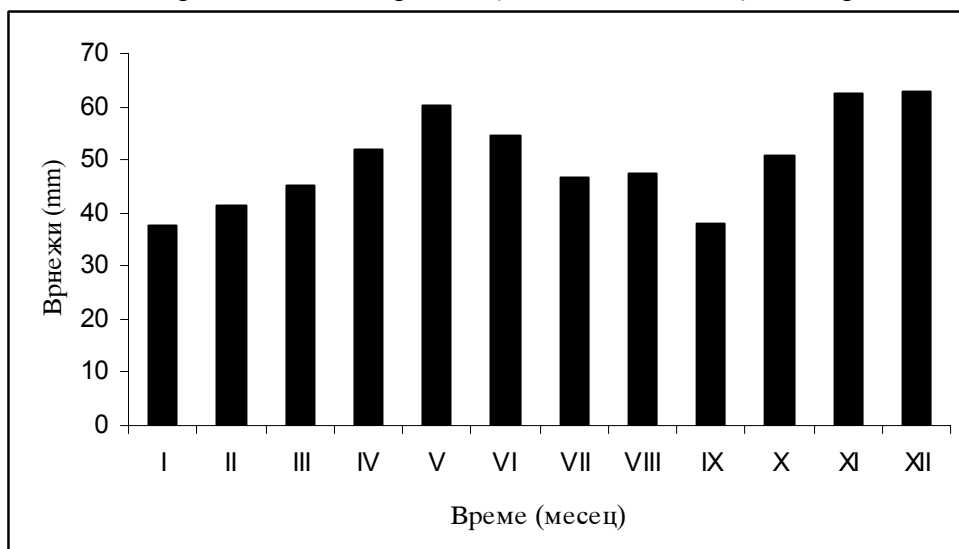
Сл. VI-43. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Лаки



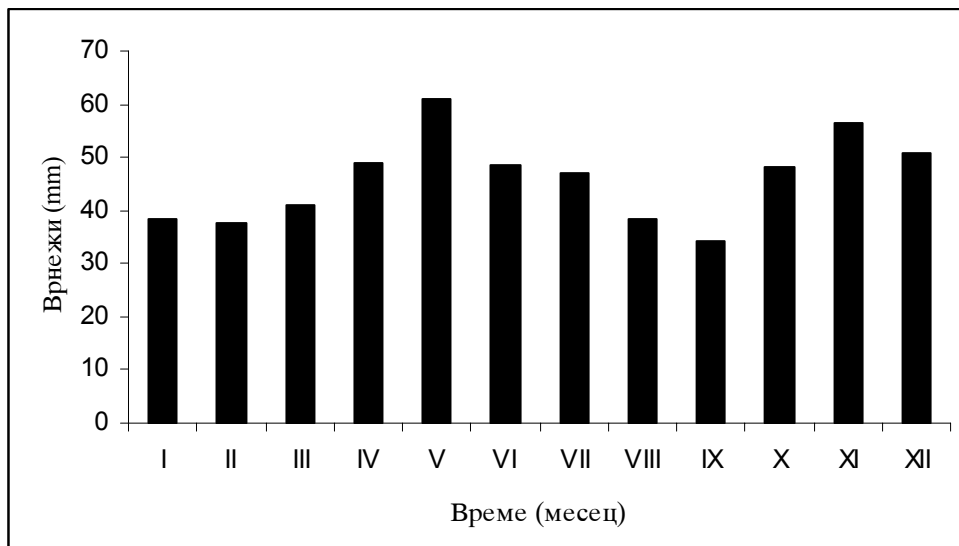
Сл. VI-44. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Разловци



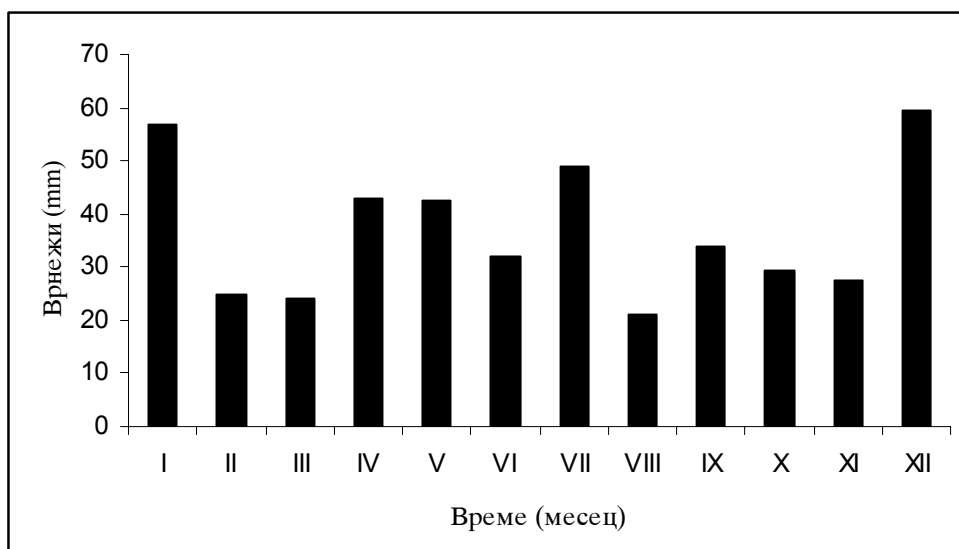
Сл. VI-45. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Митрашинци



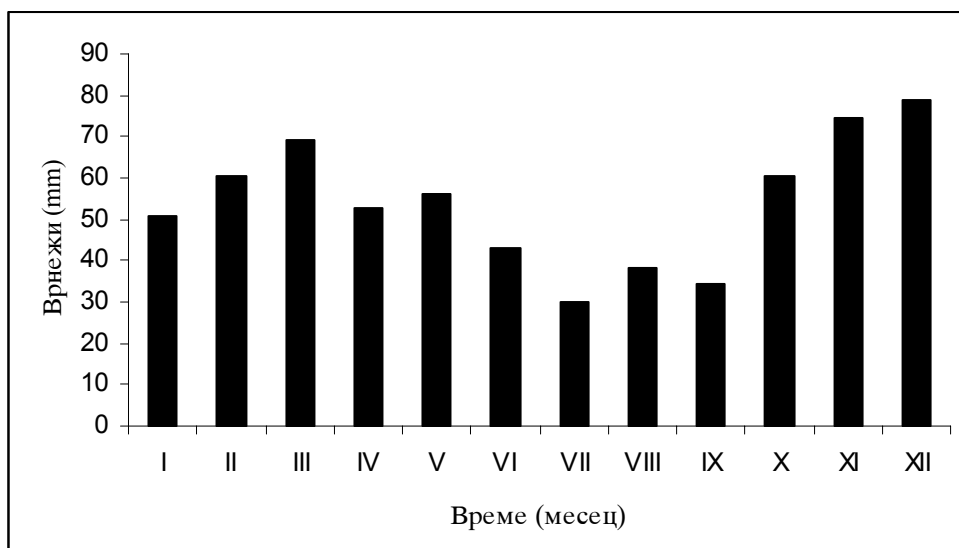
Сл. VI-46. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Пехчево



Сл. VI-47. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Владимирово



Сл. VI-48. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Ратево



Сл. VI-49. Средномесечни врнежи (1961-1996 година) – Миравци

Мах. врнежи во сливното подрачје на река Брегалница се забележани во месеците мај (60,6 mm) и ноември (56,4 mm). Од големо значење за врнежите е нивната споредба со врнежи од други месеци во годината. Мин. врнежи се забележани во летните месеци и почетокот на есента (јули, август и септември).

Податоците добиени од хидро-метеоролошките станици во Кочани и Делчево и податоците добиени од дождомерните станици во Свети Николе и Винаца покажуваат дека мах. врнежи во овие подрачја, за разлика од просекот на целото сливно подрачје, има во есенскиот период (ноември).

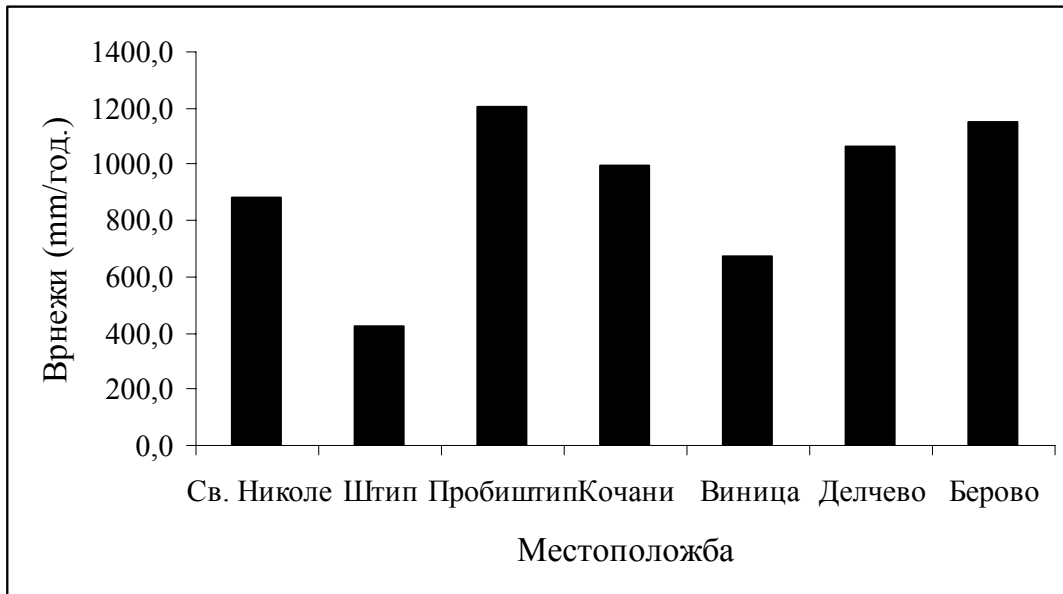
Кога зборуваме за врнежите од несомнено значење се и средногодишните врнежи (mm/год.). Од главните хидро-метеоролошки и дождомерни станици во сливното подрачје на река Брегалница се добиени следните резултати.

Табела VI-3. Средногодишни врнежи измерени во хидро-метеоролошките и дождомерни станици - сливно подрачје на река Брегалница (1961-1996 година)

Станица	Годишни врнежи (mm/год.)	Станица	Годишни врнежи (mm/год.)
Св. Николе	884,4	Долани	946,5
Штип	1260,1	Драгоево	869,0
Кочани	998,8	Шашаварлија	951,4
Винаца	672,7	Лакавица	888,3
Делчево	1062,1	Косбунар	1403,0
Берово	1153,6	Кошево	1177,3
Пробиштип	1203,1	Парналија	1243,0
Лесново	1294,7	Пиперово	838,3
Злетово	1113,6	Дедино	1268,3
Пуздерци	1117,1	Истибања	941,3
Нивичани	1516,0	Грљани	922,0
Соколарци	1056,9	Град	1130,3
Ерцелија	855,6	Блатец	1341,6
Горно Трогерци	1085,1	Лаки	856,0
Долни Балван	930,9	Разловци	1018,8
Уларци	992,5	Митрашинци	1274,3
Теранци	939,7	Пехчево	1161,0
Радање	950,8	Владимирово	1063,9
Зрновци	1093,4	Ратеве	830,3
Ново Село	971,3	Миравци	1246,2

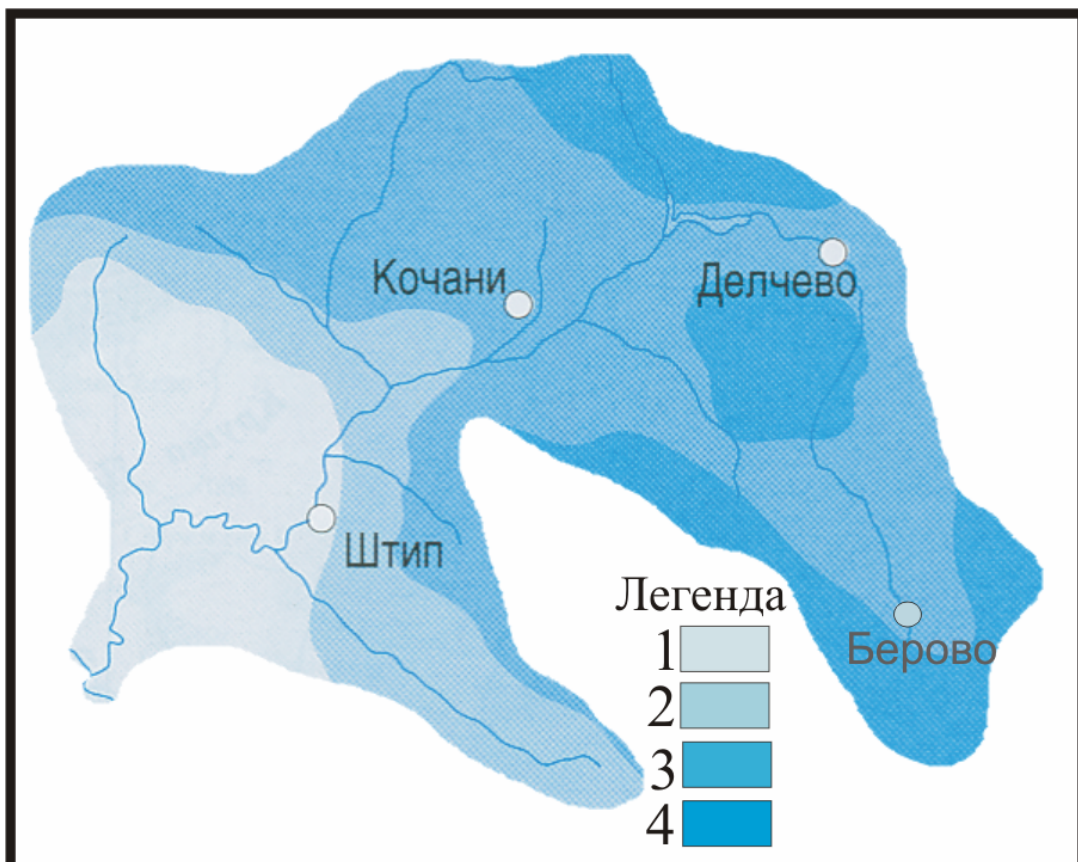
На слика V-50 е претставен дијаграм со кој ќе ги споредиме годишните врнежи измерени во главните хидро-метеоролошки станици од сливното подрачје на река Брегалница. Со податоците добиени од нив ја добиваме реалната слика за годишните врнежи (mm) на набљудуваниот терен.

Од приложените податоци на годишно ниво се гледа дека најмали количества на врнежи се регистрирани во Штип (427 mm/год.) и Винаца (672,5 mm/год.), а најголеми количества на врнежи има во Пробиштип (1203 mm/год.) и Берово (1153 mm/год.). За презентираниите податоци треба да нагласам дека тие се однесуваат за просторот околу поголемите реки во сливното подрачје на река Брегалница: Брегалница, Злетовска река, Светиниколска река и други.. Инаку има податоци од други дождомерни станици каде измерени поголеми количества врнежи, но тие податоци се однесуваат на годишните врнежи во и околу планините (Нивичани 1516 mm/год, Косбунар 1403 mm/год, Митрашинци 1274 mm/год, Дедино 1268 mm/год.).



Сл. VI-50. Годишни врнежи во поделни делови на сливното подрачје на река Брегалница

Преку добиените податоци за периодот од 1961 до 1996 година добиени од 40 дождемерни станици, може да ги претставиме средногодишните врнежи (mm) во сливното подрачје на река Брегалница.



Сл. VI-51. Средногодишни врнежи во сливното подрачје на река Брегалница
1. < 500 mm/m³, 2. 500 – 600 mm/m³, 3. 600 – 800 mm/m³, 4. 800 -1200 mm/m³

VI.4. Средномесечна, сезонска и средногодишна температура на воздухот во сливното подрачје на река Брегалница

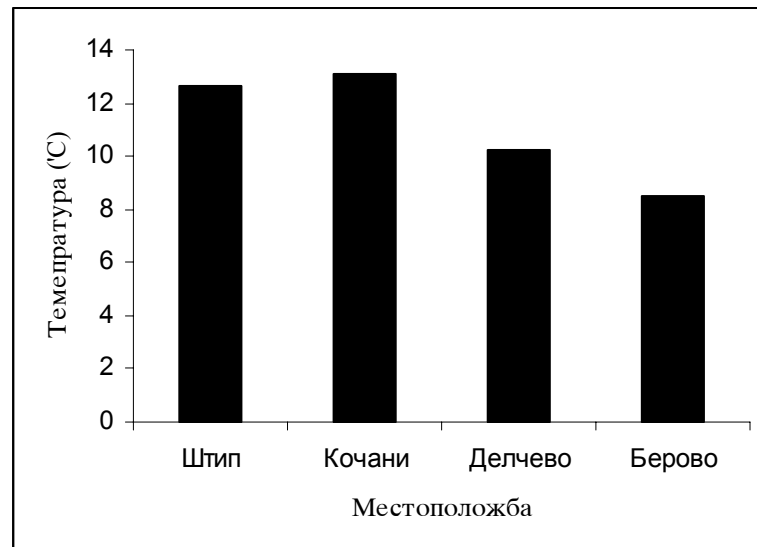
Температурата на воздухот се вбројува во поважните климатски елементи и таа го претставува топлинскиот биланс во различни географски подрачја. Од тука влијанието на факторите од кои зависи климата во сливното подрачје на река Брегалница се со различен предзнак.

Средната температура на воздухот за низа години во сливното подрачје на река Брегалница е $11,3^{\circ}\text{C}$. Тоа се должи на фактот што температурата за разлика од другите сливни подрачја е поголема за неколку степени, со исклучок на реката Вардар чија средногодишна температура во неговото сливно подрачје е околу $12,4^{\circ}\text{C}$. Ова и не некој добар показател затоа што не ја отсликува реалната состојба на теренот, затоа што сливното подрачје на река Брегалница, зафаќајќи простор од околу 4320 km^2 е поделено на подрачја кои имаат различни средногодишни температури (Табела VI-4):

Табела. VI-4. Средногодишни температури во сливното подрачје на река Брегалница измерени во главните хидро-метеоролошки станици Штип, Берово, Кочани и Делчево.

Станица	Средногодишна температура ($^{\circ}\text{C}$)
Штип	12,62
Кочани	13,07
Делчево	10,23
Берово	8,54
Сливно подрачје	11,11

Добиените податоци се претставени на слика VI-52:



Сл. VI-52. Средногодишни температури во сливното подрачје на река Брегалница

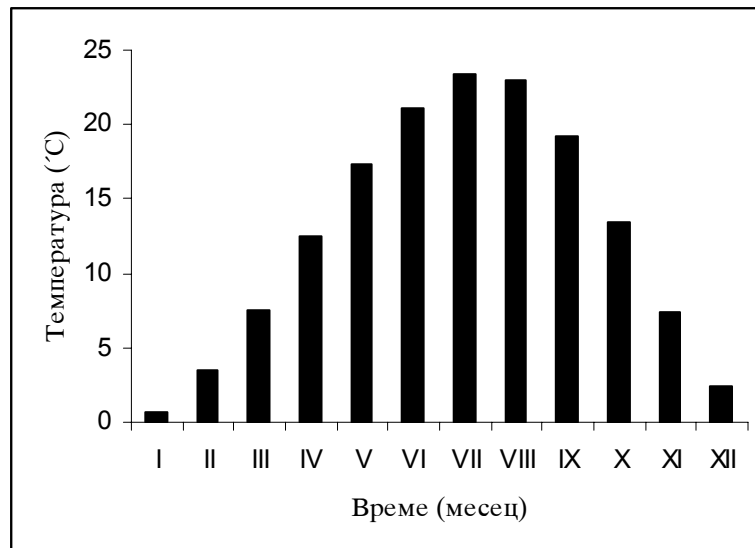
Исто така со промена на надморската висина се чувствуваат високо температурни промени. Така на пример, на местата со поголема надморска висина средногодишната температура изнесува (Табела VI-4): $8,54^{\circ}\text{C}$ во Беровскиот крај и $10,23^{\circ}\text{C}$ во подрачјето на Делчево.

За определување на термичкиот режим во сливното подрачје на река Брегалница во табела VI-5 се прикажани месечните варијации на температурата на воздухот (Штип, Кочани, Делчево и Берово):

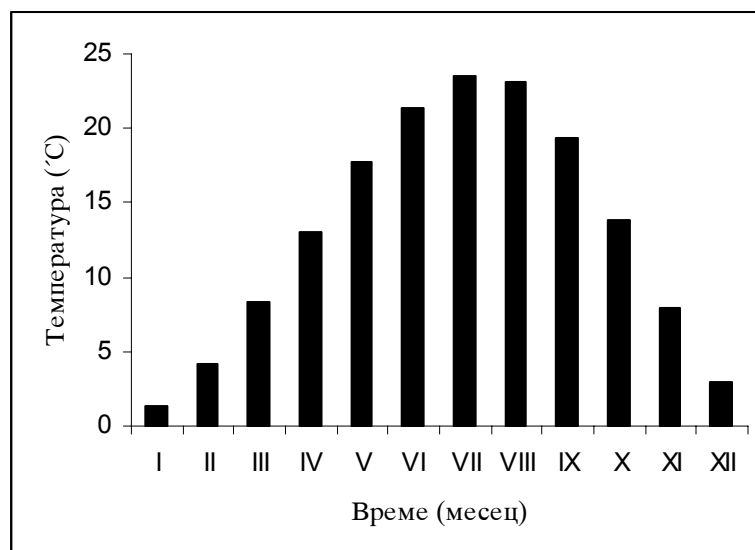
Табела VI-5. Средномесечни температури на воздухот во сливното подрачје на река Брегалница.

Станица	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Штип	0,70	3,50	7,50	12,50	17,30	21,10	23,40	23,00	19,20	13,40	7,40	2,40
Кочани	1,40	4,10	8,30	13,10	17,80	21,40	23,50	23,10	19,40	13,90	7,90	2,90
Делчево	-0,50	1,60	5,30	10,30	15,00	18,30	20,30	19,80	16,00	10,20	5,30	1,20
Берово	-1,50	0,20	3,60	8,10	13,00	16,30	18,20	17,60	13,90	8,60	4,20	0,30

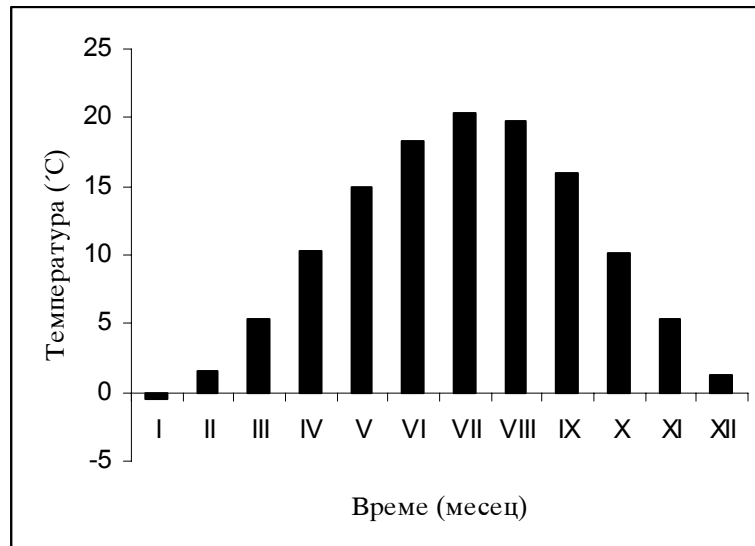
На следните слики се претставени дијаграми со средномесечните температури измерени во хидро-метеоролошките станици: Штип, Кочани, Делчево и Берово (161-1990):



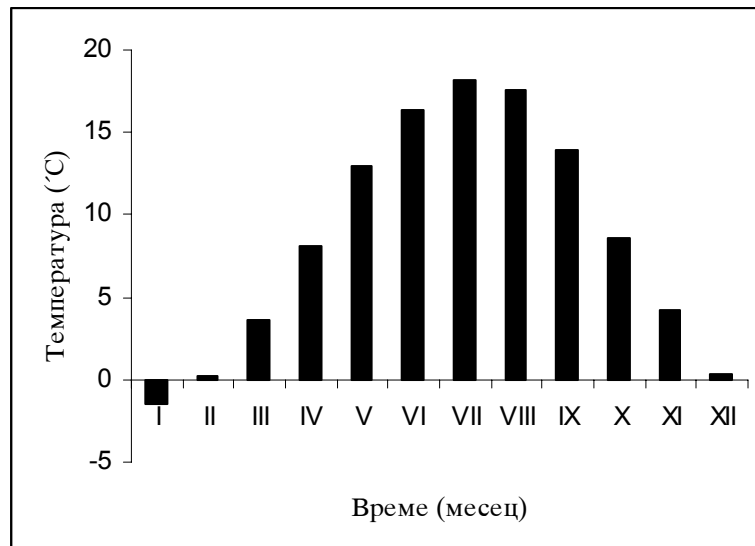
Сл. VI-53. Средномесечни температури во Штип



Сл. VI-54. Средномесечни температури во Кочани



Сл. VI-55. Средномесечни температури во Делчево



Сл. VI-56. Средномесечни температури во Берово

Од табелата VI-5 и приложените дијаграми се гледа дека месец со највисоки температури е јули каде средномесечната температура има вредност од $18,2^{\circ}\text{C}$ во Беровскиот до $23,5^{\circ}\text{C}$ во Кочанскиот дел на сливното подрачје.

Врз основа на обработените податоци од пролетните и есенските средномесечни температури се гледа дека во сливното подрачје на река Брегалница имаме повисоки температури за време на есента, а сето тоа се должи на медитеранското влијание на климата врз термичкиот режим на воздухот.

Средните min. и max. температури на воздухот се една од карактеристичните хидролошки параметри во сливното подрачје на река Брегалница. Тие се пресметуваат врз основа на апсолутните дневни min, односно max. температури на воздухот, а се мерат еднаш во текот на секој ден (Табела VI-6 и табела VI-7):

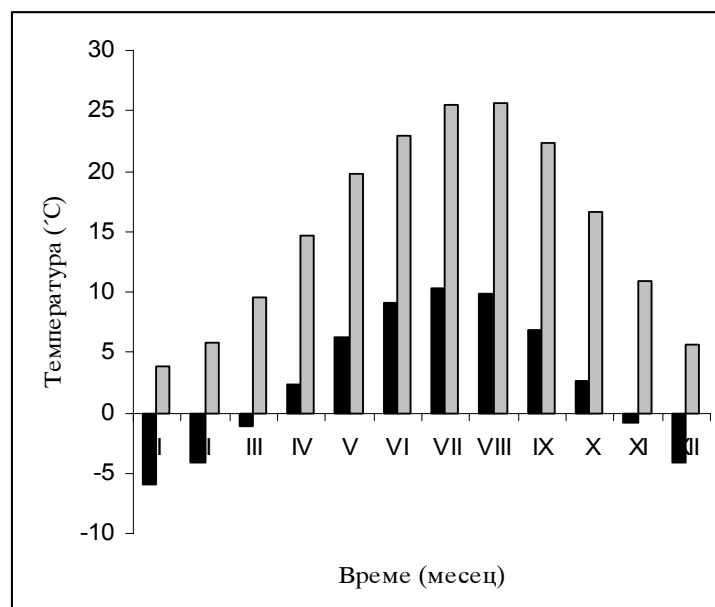
Табела VI-6. Min. средномесечни температури на воздухот измерени од хидро-метеоролошките станици во сливното подрачје на река Брегалница во периодот од 1961 до 1990 година.

Станица/Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Берово	-5,9	-4,2	-1,2	2,3	6,3	9,1	10,3	9,9	6,9	2,6	-0,8	-4,2
Делчево	-5,4	-5,8	-0,1	4,3	7,3	10,6	12,2	11,9	8,1	5,2	3,5	-3,6
Кочани	-5,4	-5,8	-0,1	4,3	7,3	10,6	12,2	11,9	8,1	5,2	3,5	-3,6
Штип	-2,8	-0,5	2,6	6,6	11,1	14,4	16,1	15,9	12,5	7,6	2,9	-0,8

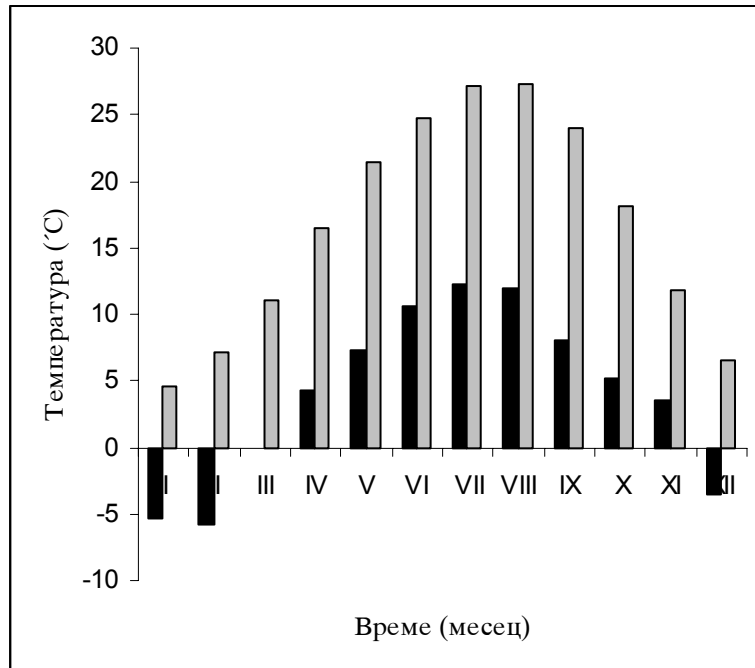
Табела VI-7. Max. средномесечни температури на воздухот измерени од хидро-метеоролошките станици во сливното подрачје на река Брегалница во периодот од 1961 до 1990 година.

Станица/Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Берово	3,9	5,8	9,6	14,7	19,7	23,0	25,5	25,6	22,4	16,6	10,9	5,7
Делчево	4,6	7,1	11,1	16,4	21,5	24,8	27,2	27,3	24,0	18,1	11,8	6,5
Кочани	5,3	9,0	13,6	18,7	23,7	27,5	29,9	29,7	26,4	20,3	12,6	7,1
Штип	4,5	8,1	12,6	18,0	23,2	27,3	30,1	29,9	26,2	19,4	11,8	6,1

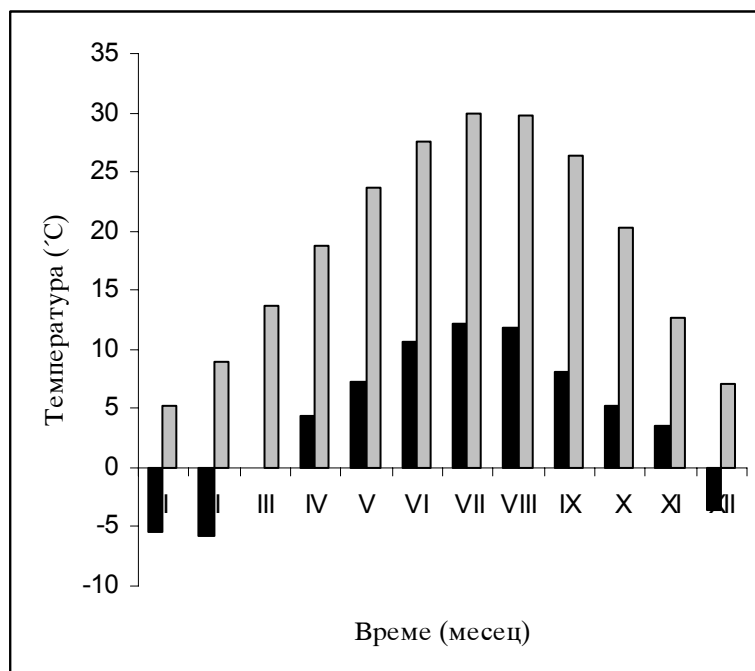
На следните дијаграми се преставени max. и min. температури измерени од хидро-метеоролошките станици во сливното подрачје на река Брегалница



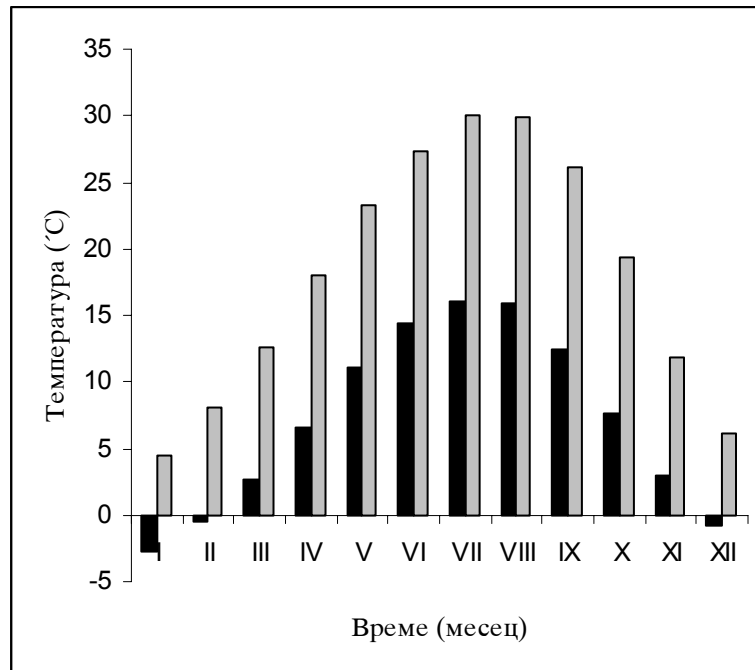
Сл. VI-57. Max. и min. месечни температури во Берово



Сл. VI-58. Мах. и min. месечни температури во Делчево



Сл. VI-59. Мах. и min. месечни температури во Кочани



Сл. VI-60. Мах. и min. месечни температури во Штип

Средните минимални температури на воздухот во сливното подрачје на река Брегалница варираат од $-4,9^{\circ}\text{C}$ во месец јануари, 1964 година (хидро-метеоролошка станица Берово) до $12,8^{\circ}\text{C}$ во месец март, 1990 година (хидро-метеоролошка станица Кочани). Ова не е случај во последната декада од XX век, бидејќи min. температури постепено се зголемуваат.

Min. средногодишна температура на воздухот е измерена во Берово во 1973 година и изнесувала само $7,7^{\circ}\text{C}$. Мах. средногодишна температура на воздухот во сливното подрачје на река Брегалница е измерена во Кочанско и знесува $14,3^{\circ}\text{C}$.

Податоците за мах. и min. дневните температури се добиени со мерење на температурата од страна на сите хидро-метеоролошки станици со автоматски термометри. Врз основа на добиените податоци средномесечните температури се движат од $-1,5^{\circ}\text{C}$ во Беровско за време на зимскиот период (јануари), до $23,5^{\circ}\text{C}$ во Кочанско преку летниот период (јули). Средногодишната температура која се детектира од хидро-метеоролошките станици во сливното подрачје на река Брегалница, за период од 1961 година до денес се движи од $8,5^{\circ}\text{C}$ во Беровскиот крај до $13,0^{\circ}\text{C}$ во Кочанскиот крај.

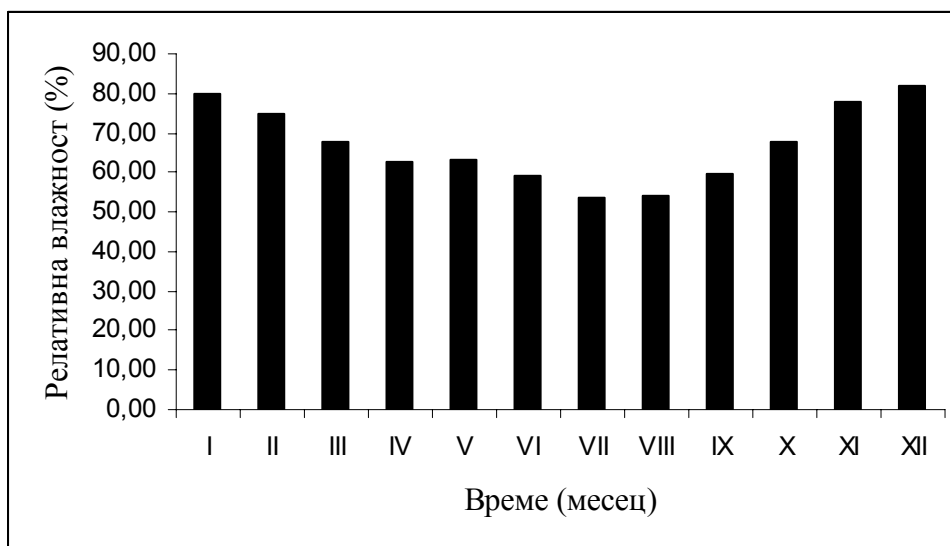
VI.5. Релативна влажност

Релативната влажност има силно влијание врз водниот режим во било која средина. Во понатамошниот текст е прикажана средномесечната релативна влажност (%) во сливното подрачје на река Брегалница.

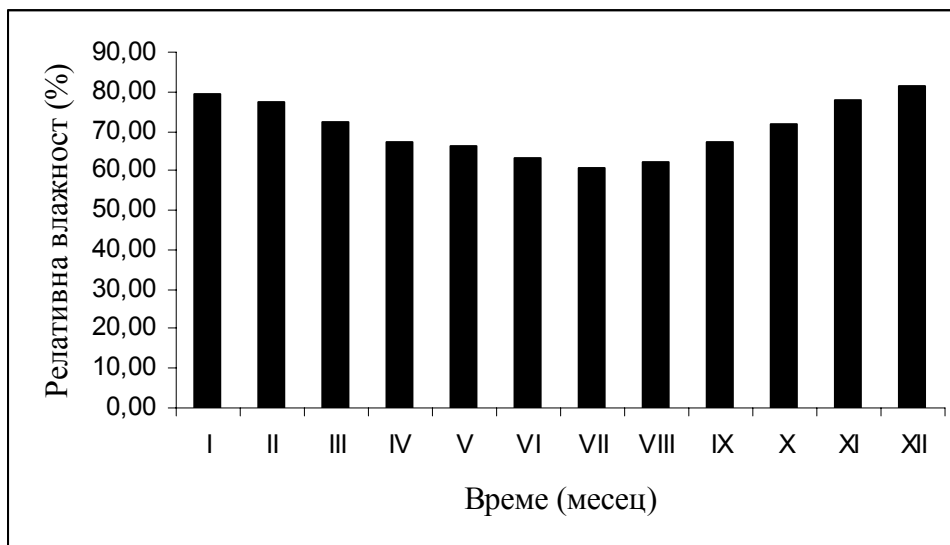
Табела VI-8. Средномесечна релативна влажност во сливното подрачје на река Брегалница (%).

Станица	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Штип	80,00	74,90	67,70	62,73	63,40	58,97	53,40	54,30	59,43	67,57	77,83	82,00
Кочани	79,39	77,25	72,14	67,29	66,11	63,39	60,46	62,14	67,19	71,79	77,68	81,46
Делчево	81,17	80,17	76,30	71,28	71,64	71,07	66,97	68,17	71,72	76,28	80,34	81,89
Берово	81,23	79,57	75,70	71,30	72,23	70,70	66,43	67,87	72,17	76,07	80,10	82,67

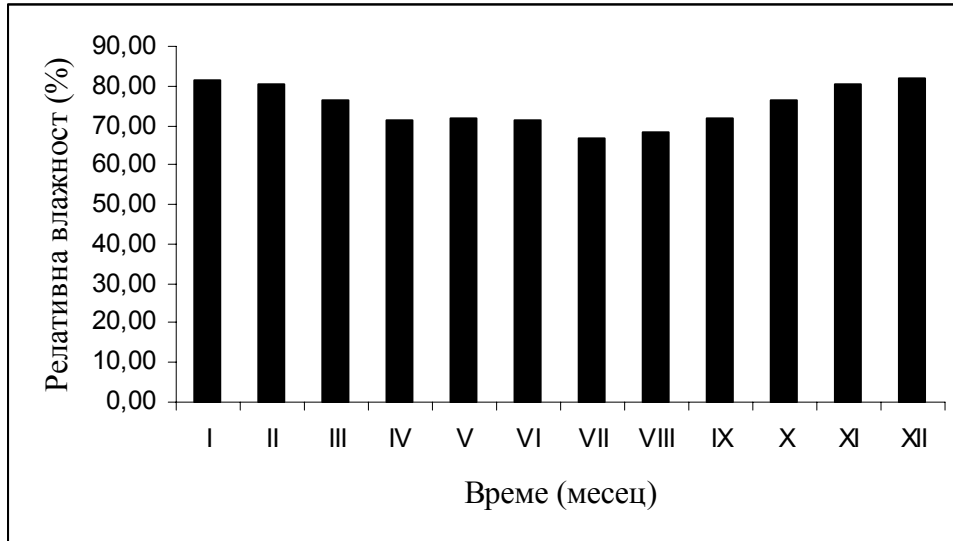
Презентираните податоци од предходната табела, добиени од хидрометеоролошките станици во Штип, Кочани, Делчево и Берово, ќе ги претставиме графички на следниве слики:



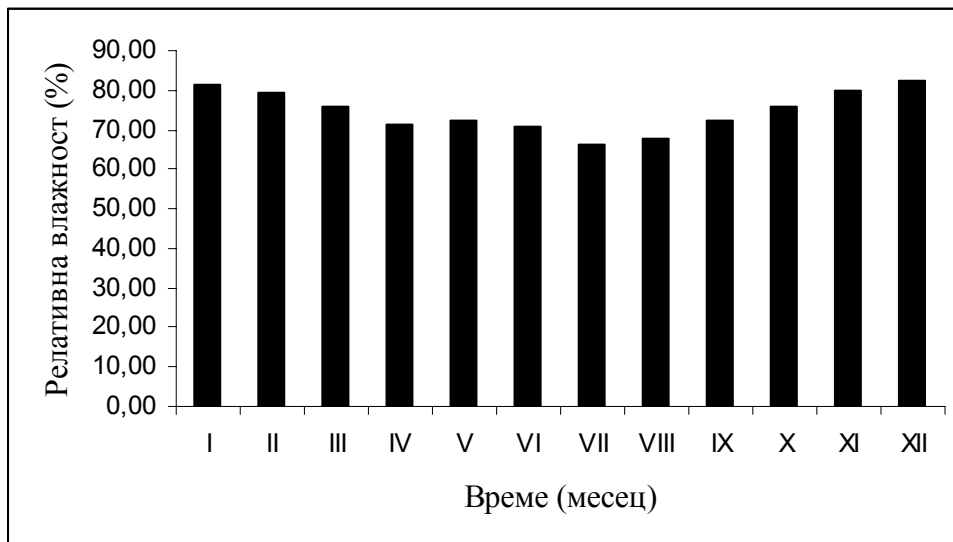
Сл. VI-61. Релативна влажност во Штип (%)



Сл. VI-62. Релативна влажност во Кочани (%)



Сл. VI-63. Релативна влажност во Делчево (%)

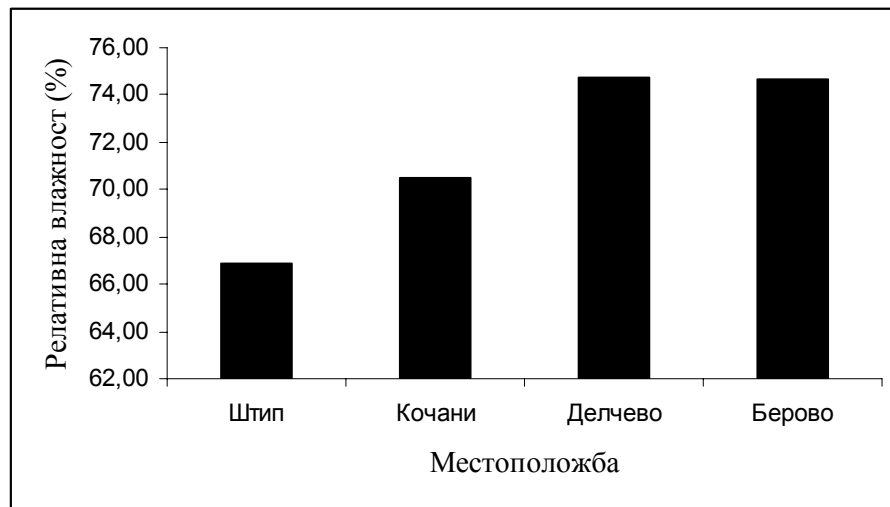


Сл. VI-64. Релативна влажност во Берово (%)

Од аспект на дефицитот на истекување, за нас од голема важност е нејзината месечна вредност, според која се воочува чекорот на релативната влажност. Од претставените граfiци се гледа дека релативната влажност зависи од периодот во годината. Најмали вредности се забележани преку летниот период. Во последните месеци од годината влажноста се зголемува, месеци со најголема влажност ќе ги издвоиме декември и јануари. Исто така, од претставените дијаграми забележуваме дека во месец мај на територијата на целото сливно подрачје на река Брегалница има зголемување на релативната влажност во однос на соседните месеци (април и јуни). Тоа се должи на обемните врнежи кои се карактеристични за овој период од годината.

Од овие вредности може да добиеме појасна слика за големината на дефицитот на влажноста, т.е со зголемување на дефицитот на влажноста се зголемува и испарувањето (на одредена температура), а со тоа и дефицитот на истекувањето.

Според тоа, чекорот на релативна влажност и нејзината распределба даваат индикации за промените во дефицитот на истекување, но тоа не овозможува потполна нумеричка интерпретација.



Сл. VI-65. Споредба на средногодишната релативна влажност во сливното подрачје на река Брегалница во периодот од 1970 до 1990 година

Од претставените графици се гледа дека има разлика кога се компарираат податоците за релативната влажност во различни делови на сливното подрачје на река Брегалница. Во горниот тек на реката Брегалница просечната годишна релативна влажност е околу 74,5 % (Берово и Делчево), кон запад просечната годишна релативната влажност се намалува (70,5 % во Кочанско), додека min. вредности на влажноста (66,8 %) се регистрирани во Овче Поле и Штип. Во средишниот и долен тек на реката Брегалница постојат поголеми отстапувања. На пример, релативните влажности во Штип и Кочани меѓусебе доста се разликуваат во споредба со релативна влажност за Берово и Делчево кои се скоро идентични. Тоа се должи на фактот што вредноста на средногодишната релативна влажност во Кочанско е најблиска со просечната годишна влажност за сливното подрачје на река Брегалница, која изнесува 71,7 %.

VI.6. Облачност

Затоплувањето на земјата и атмосферата, промената на температурата и уште некои други климатски фактори се во тесна врска со облачноста. Ако ведрото време се означи со 0, а наоблачувањето со 10, месечната и годишната облачност во сливното подрачје на река Брегалница се преставува табеларно:

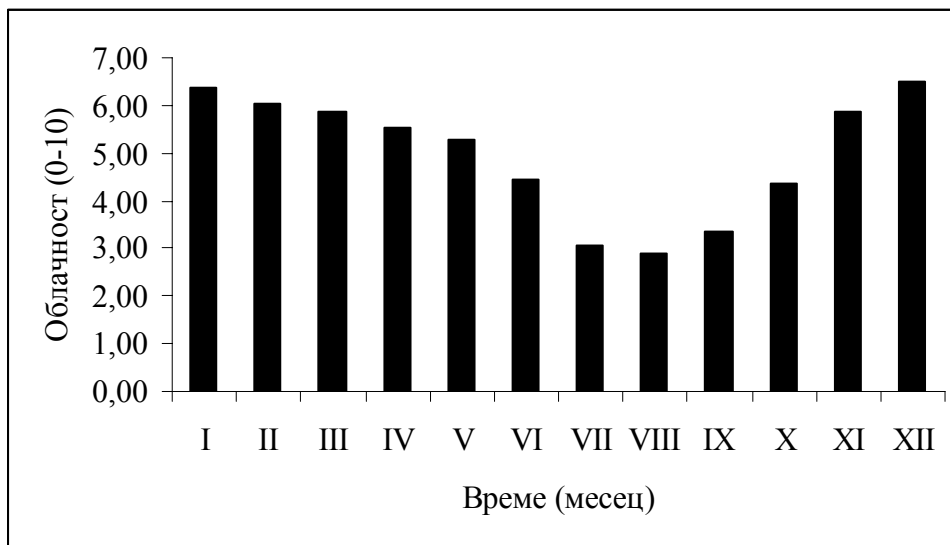
Табела VI-9. Табела со средномесечни вредности за облачноста во сливното подрачје на река Брегалница

Станица	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Штип	6,36	6,03	5,88	5,55	5,29	4,44	3,06	2,89	3,35	4,36	5,87	6,49
Кочани	6,43	6,02	5,95	5,65	5,38	4,58	3,38	3,24	3,61	4,37	5,82	6,62
Делчево	5,88	5,65	5,62	5,20	5,11	4,33	3,21	2,90	3,27	3,98	5,29	6,02
Берово	6,12	6,09	6,07	5,71	5,56	4,66	3,39	3,14	4,64	4,44	5,67	6,17

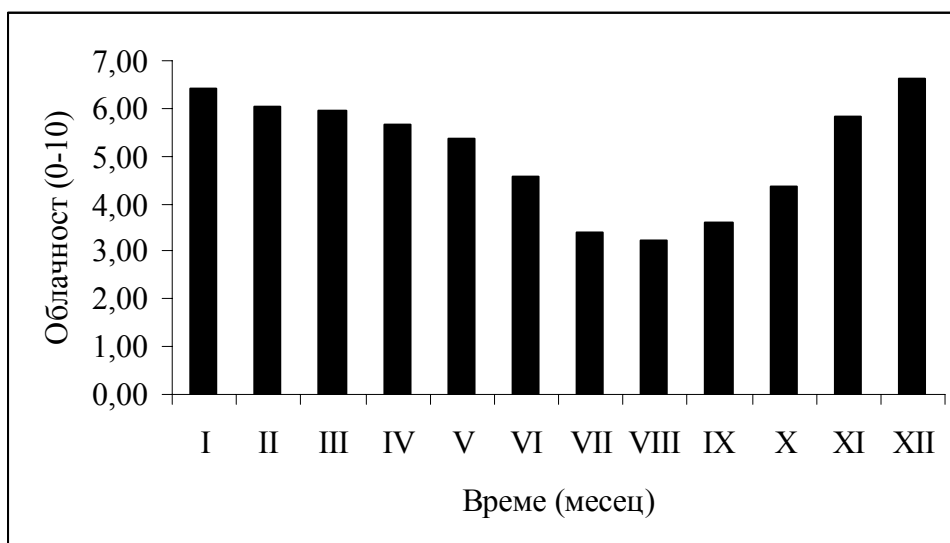
Табела VI-10. Средногодишни вредности на облачноста во сливното подрачје на река Брегалница

Хидро-метеоролошка станица	Средногодишна облачност (0-10)
Штип	4,96
Кочани	5,09
Делчево	4,70
Берово	5,14

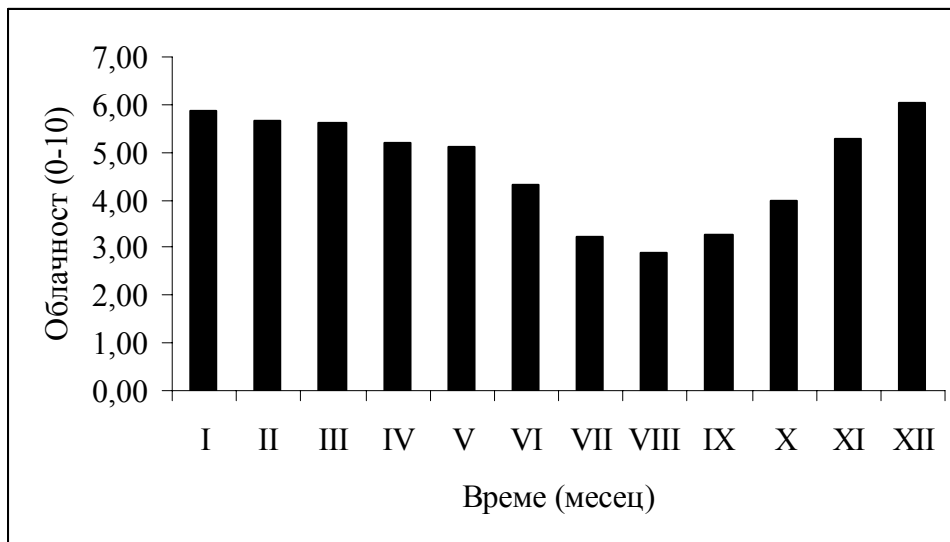
На следните слики графички се претставени податоците за средногодишната облачност во сливното подрачје на река Брегалница, измерени во хидро-метеоролошките станици: Штип, Кочани Делчево и Берово за периодот од 1961 до 1990 година.



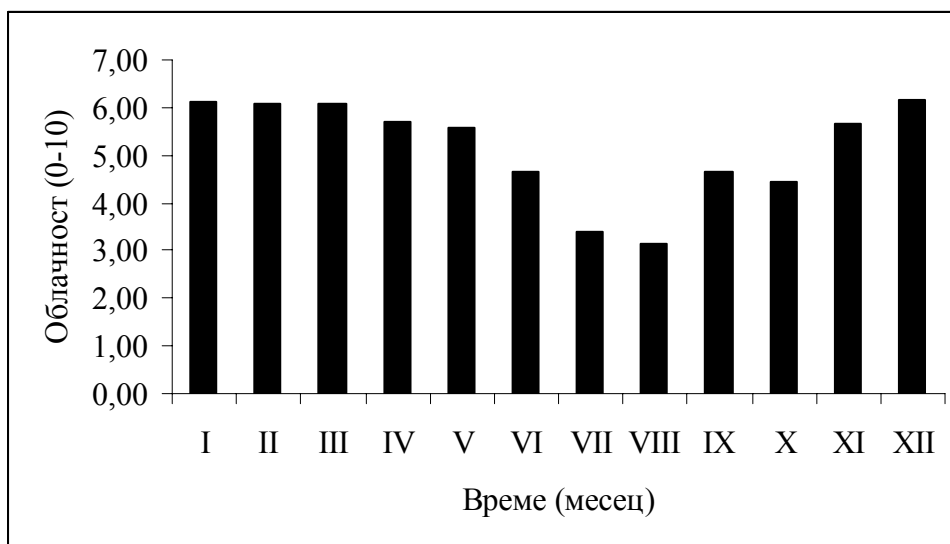
Сл. VI-66. Средномесечна облачност регистрирана во хидро-метеоролошката станица Штип



Сл. VI-67. Средномесечна облачност регистрирана во Кочани



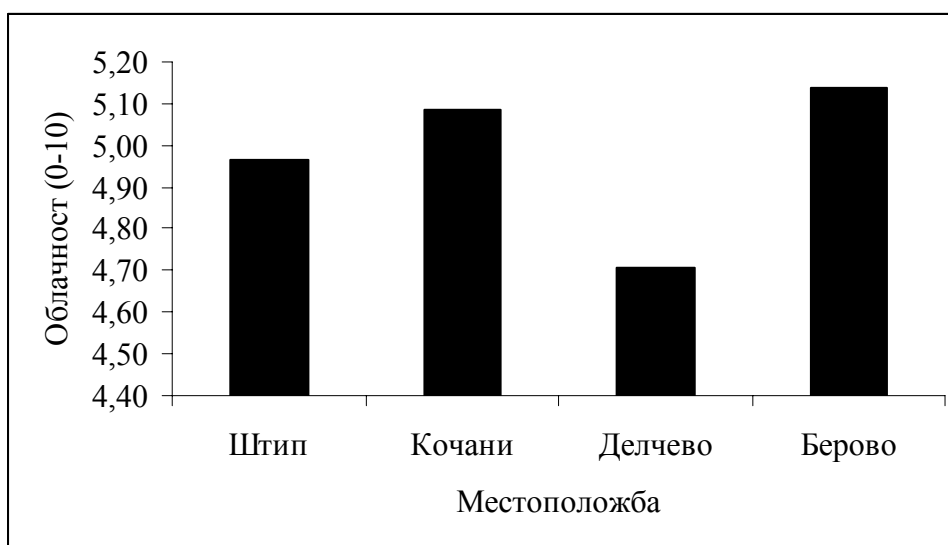
Сл. VI-68. Средномесечна облачност регистрирана во Делчево



Сл. VI-69. Средномесечна облачност регистрирана во Берово

Врз основа на податоците кои се презентирани за месечната облачност во сливното подрачје на Брегалница, може да кажеме дека најголема облачност има за време на зимскиот период: декември, јануари и февруари (5,8 – 6,5), додека најведар месец е август (2,85 – 3,2). Иако летниот период од годината се одликува со голема ведрина, а најголема облачност има после половина година, сепак тах. пораст од 1,3 степени го покажува преминот од октомври-ноември.

Врз основа на податоците, во горниот тек на река Брегалница, многу е тешко да дадеме подетални заклучоци. Сепак, може да се каже дека тах. пораст на облачноста во Беровско за периодот од 1961 и 1990 година е забележан во периодот август-октомври (6,8 - 7,25).



Сл. VI-70. Годишен чекор на облачноста во сливното подрачје на реката Брегалница

При разгледувањето на овие податоци кои се однесуваат за сливното подрачје на реката Брегалница сосема разбирливо е облачноста да се оцени субјективно со одредени забелешки.

Во поделбата на облачноста се забележува дека западниот дел од сливното подрачје на река Брегалница се одликува со голема ведрина. Истото може да се каже за делот од сливното подрачје кај Делчево, затоа што тамошната хидро-метеоролошка станица во периодот од 1961 до 1990 година има регистрирано најмала облачност (4,70).

VI.7. Траење на сончевиот сјај

Траењето на сончевиот сјај во сливното подрачје на река Брегалница е набљудувано во главните хидро-метеоролошки станици: Штип и Берово користејќи автоматски хелиографски инструмент. Врз база на собраните податоци средномесечната вредност на траењето на сончевиот сјај се движи од 2,5 до 10,5 h/ден. Во следните табели се преставени средномесечните и средногодишните вредности на траење на сончевиот сјај добиени со континуирано следење и набљудување на оваа појава во периодот од 1961 до 1990 година.

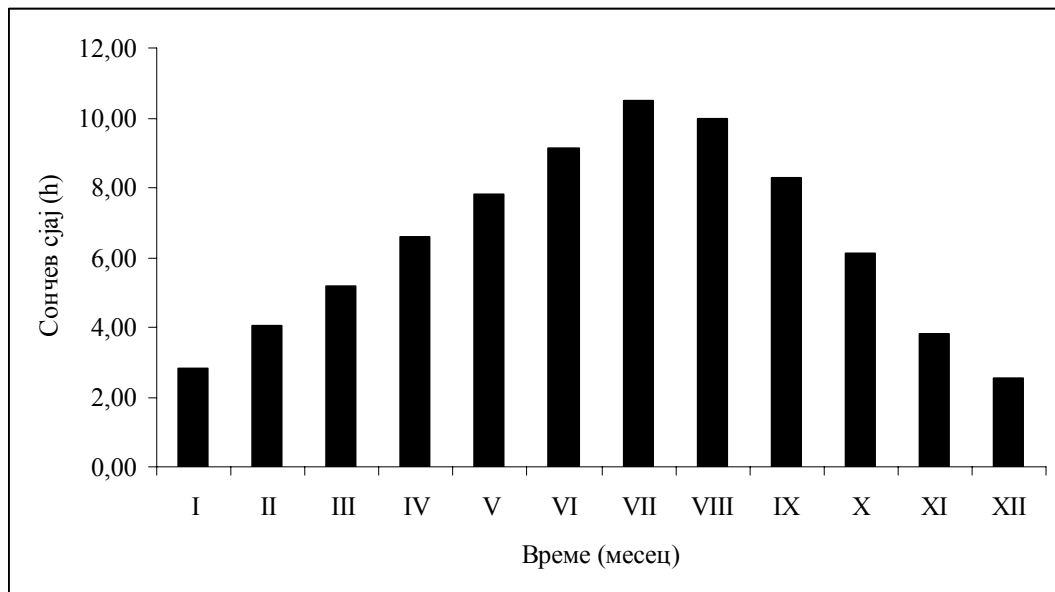
Табела VI-11. Средномесечни вредности на траење на сончевиот сјај (h/ден) во сливното подрачје на река Брегалница

Станица	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Штип	2,84	4,02	5,17	6,60	7,80	9,14	10,49	9,96	8,26	6,09	3,82	2,53
Берово	3,36	4,09	4,95	6,27	7,64	8,81	10,20	9,72	8,04	6,14	4,13	2,98

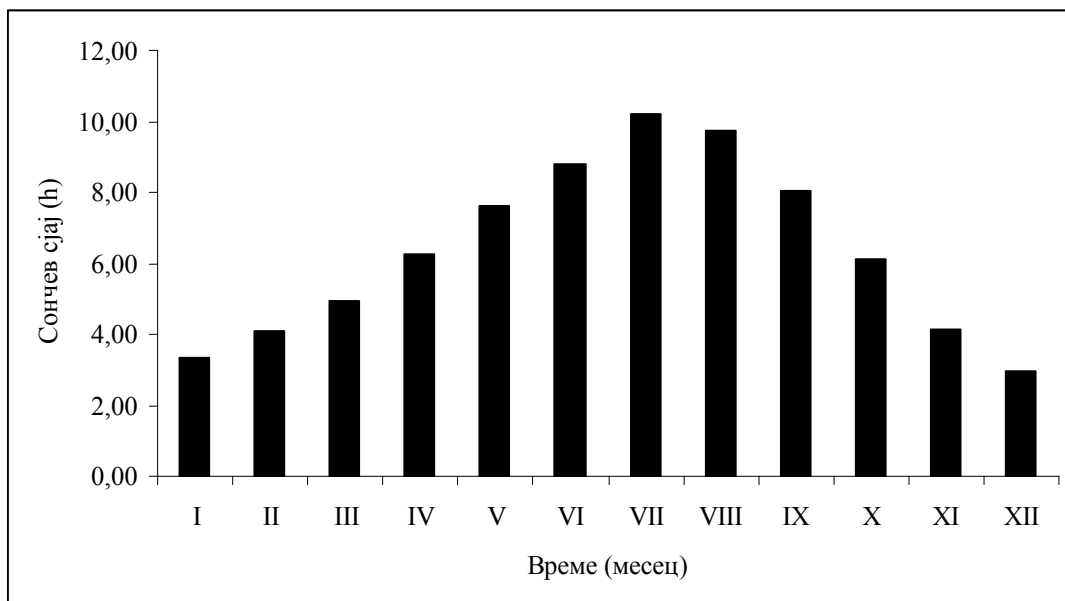
Табела VI-12. Средногодишни вредности на траење на сончевиот сјај (h/ден) во сливното подрачје на река Брегалница

Хидро-метеоролошка станица	Средногодишна вредност (h/ден)
Штип	6,39
Берово	6,36

Врз основа на податоците земени од табелата за средномесечните вредности на траење на сончевиот сјај (h/ден), а измерени во хидро-метеоролошките станици: Штип и Берово се добиени следните дијаграми.



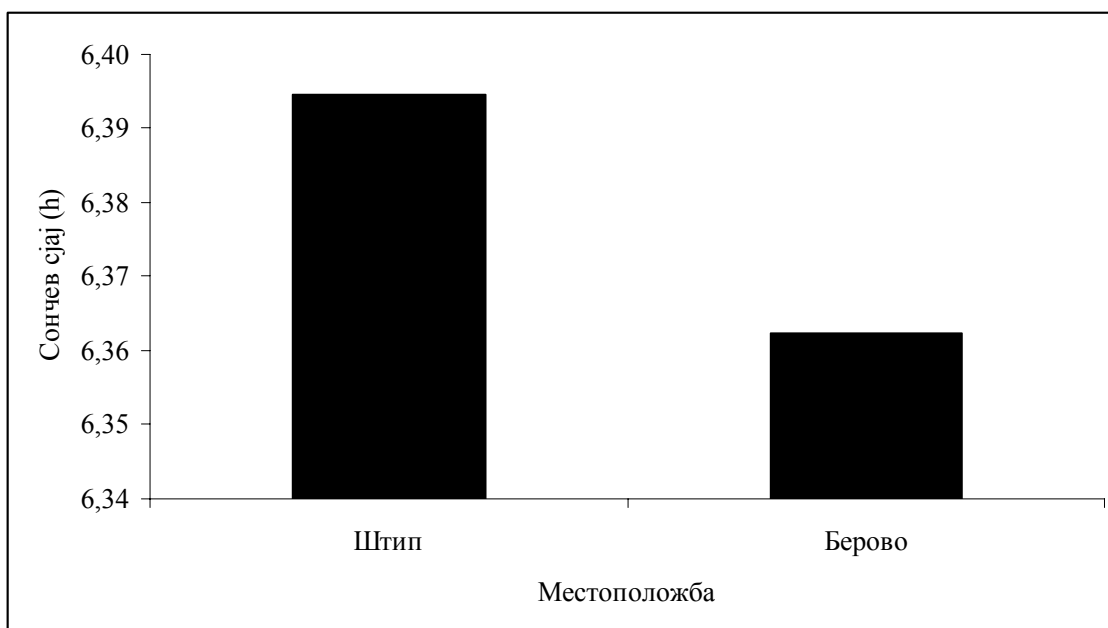
Сл. VI-71. Средномесечни вредности на траењето на сончевиот сјај регистриран во хидро-метеоролошката станица Штип



Сл. VI-72. Средномесечни вредности на траењето на сончевиот сјај регистриран во хидро-метеоролошката станица Берово

Од добиените податоци се заклучува дека најдолго траење на сончевиот сјај во сливното подрачје на река Брегалница има за време на летниот период (јули 10,2 – 10,5 h/ден), додека најкраток период на траење на сончевиот сјај, во триесет-годишното континуирано набљудување на оваа појава, има во месец декември (2,8 – 3,0 h/ден).

На следниот дијаграм е дадена споредба на средногодишното траење на сончевиот сјај во сливното подрачје на река Брегалница во периодот од 1961 до 1990 година, од каде се гледа дека во основа траењето на сончевиот сјај е подеднакво на територијата на сливното подрачје на река Брегалница.



Сл. VI-73. Споредба на средногодишните вредности на траење на сончевиот сјај (h/ден) во сливното подрачје на река Брегалница (1961 - 1990 година)

VI.8. Ветарот во сливното подрачје на река Брегалница

Ветарот е последица на разликата која се појавува при загревање на земјината површина. Различното загревање на копното и морето најмногу се чувствува во умерено-континенталниот климатски појас кој зафаќа најголем дел од територијата на сливното подрачје на река Брегалница.

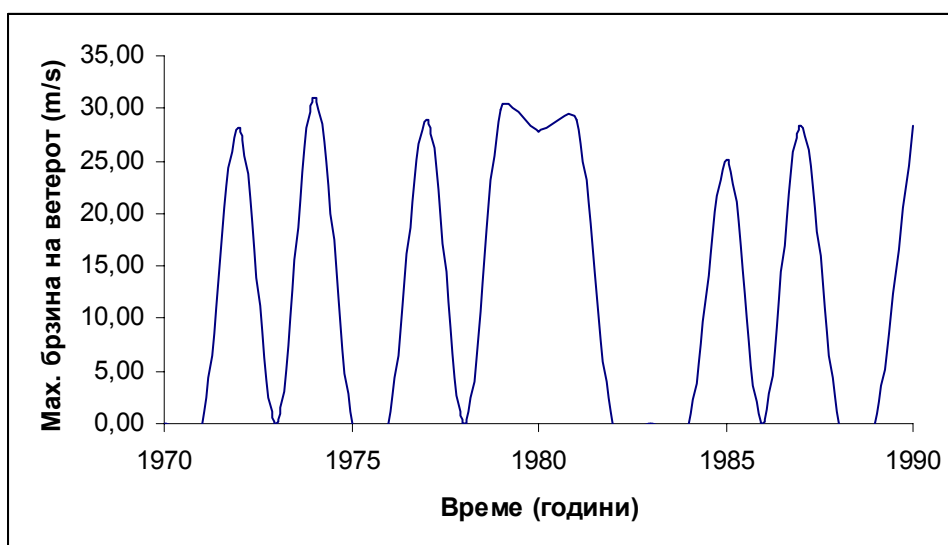
Хидро-метеоролошките станици кои може да се пофалат со добри мерења се многу ретки и на сосема краток период. Поради фактот дека релјефот на сливното подрачје на река Брегалница е доста изразен и влијанието на насоката на струење на воздухот е голема може да заклучиме дека точното анализирање е исклучено.

Ако ги анализираме податоците за неколку станици во сливното подрачје на река Брегалница (Штип и Берово) се добива ориентациона распределба на ветровите:

Табела VI-13. Насока на ветровите набљудувани во хидро-метеоролошките станици Штип и Берово во периодот од 1970 до 1990 година.

Хидро-метеоролошка станица			Хидро-метеоролошка станица			
Година	Штип	Година	Штип	Година	Штип	Берово
1970	S	1977	SE; SSE	1984	SSE	NNE
1971	ESE	1978	SSE	1985	N	
1972	S	1979	SE	1986	SE	
1973	SE	1980	SE; SW	1987	SSE	
1974		1981	SE	1988	NW	N
1975	SE	1982	NW	1989	SE	S
1976	N	1983	NW	1990	NW	NNE

На следната слика графички е преставена Мах. брзина на ветарот измерена во хидро-метеоролошката станица Штип за периодот од 1970 до 1990 година.



Сл. VI-74. Мах. брзина на ветарот во Штип (1970-1990 година)

Како што гледаме од приложените податоци јужните и југоисточните ветрови се доминантни, единствено периодично на секои четири до пет години предначат северните и северозападните ветрови (1976, 1981, 1985 и 1990 год.). Тоа се должи на познатата појава "етезија", каде постојаните струења на ветрови од северозапад продираат во сливното подрачје на река Брегалница. Во источниот дел на сливното подрачје, поточно во Беровскиот крај ситуацијата е различна. Од приложените податоци за насоката на ветарот се заклучува дека најпостојано влијание имаат северните и североисточните ветрови, а поретко јужните.

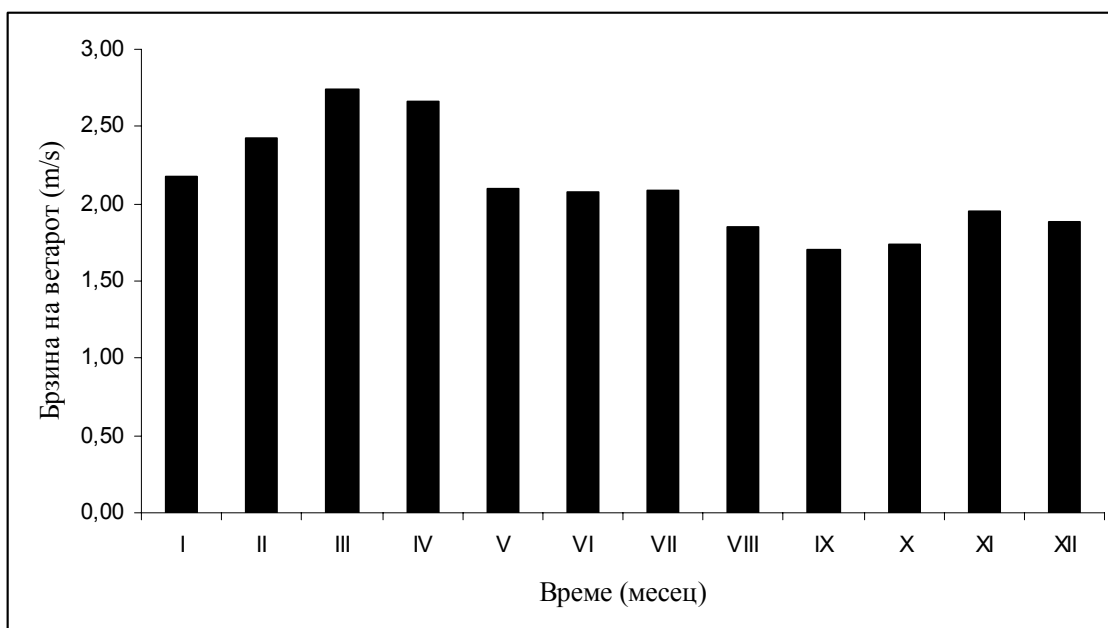
Табела VI-14. Средномесечна брзина на ветарот (m/s) во сливното подрачје на река Брегалница за периодот од 1961-1990 година измерена во главните хидро-метеоролошки станици (Штип, Кочани, Делчево и Берово).

Хидро-метеоролошка станица	Средномесечна брзина на ветарот (m/s)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Штип	2,18	2,42	2,74	2,66	2,10	2,08	2,09	1,85	1,70	1,74	1,95	1,88
Кочани	0,98	1,27	1,45	1,50	1,40	1,37	1,25	1,03	1,07	1,04	0,86	0,83
Делчево	1,40	1,68	1,81	1,90	1,61	1,64	1,68	1,53	1,53	1,43	1,44	1,37
Берово	0,99	1,20	1,27	1,33	1,10	1,06	1,02	0,85	0,87	0,91	0,96	0,94

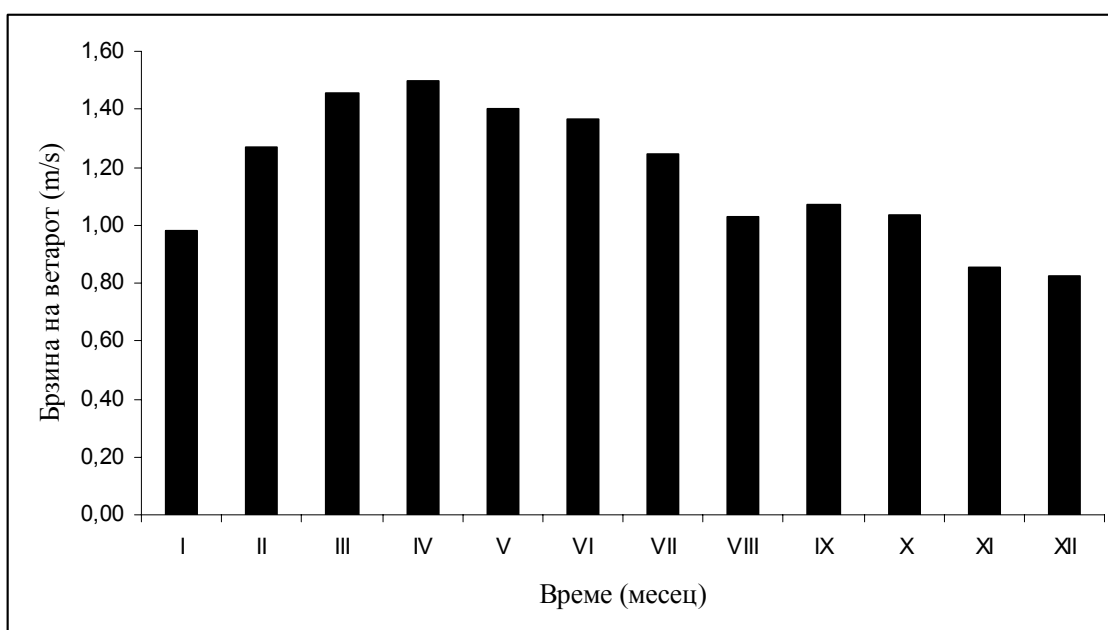
Табела VI-15. Средногодишна брзина на ветарот (m/s) во сливното подрачје на река Брегалница за периодот од 1961-1990 година измерена во главните хидро-метеоролошки станици (Штип, Кочани, Делчево и Берово).

Хидро-метеоролошка станица	Средногодишна брзина на ветарот (m/s)
Штип	2,12
Кочани	1,17
Делчево	1,58
Берово	1,04

На следните слики графички се претставени средномесечните брзини на ветарот измерени во хидро-метеоролошките станици во сливното подрачје на река Брегалница (Штип, Кочани, Делчево и Берово).

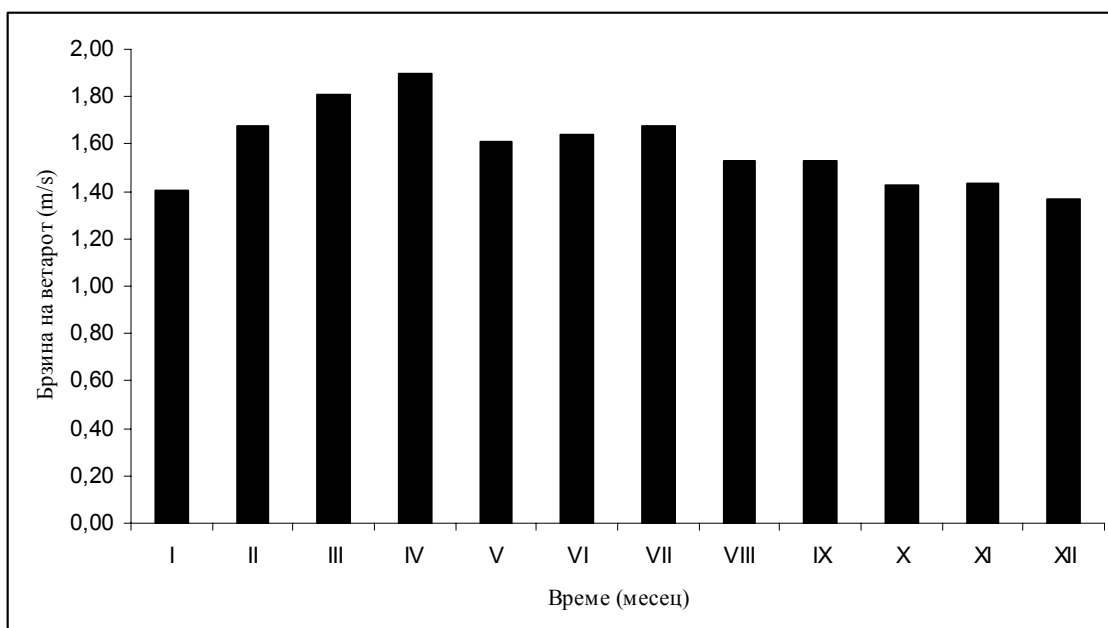


Сл. VI-75. Средномесечни брзини на ветарот во Штип

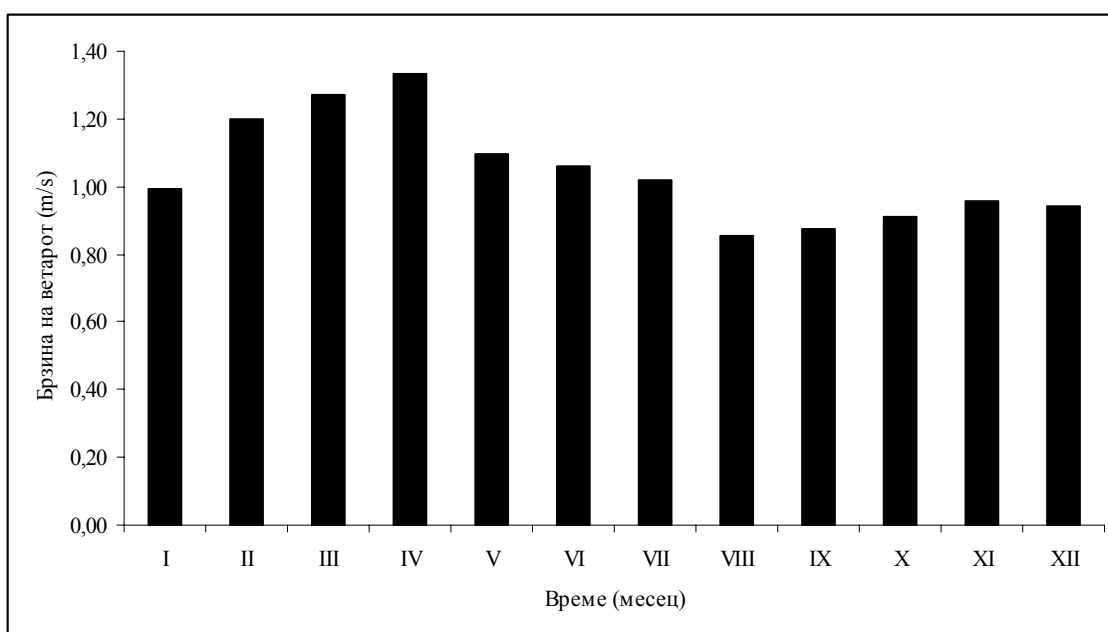


Сл. VI-76. Средномесечни брзини на ветарот во Кочани

Распределбата на ветарот според јачината може да се каже дека во сливното подрачје на река Брегалница имаме 45 % мирно време т.н. тишина со слаби ветрови, 45 % време на умерени и околу 10 % време на силни ветрови. Треба да се спомне дека оваа поделба е различна за различните периоди во годината. На пример во Штип на крајот на зимскиот период и почетокот на пролетта процентуалната застапеност на умерените и силни ветрови е зголемена, додека најслаб интензитет на ветрови имаме во октомври и ноември.



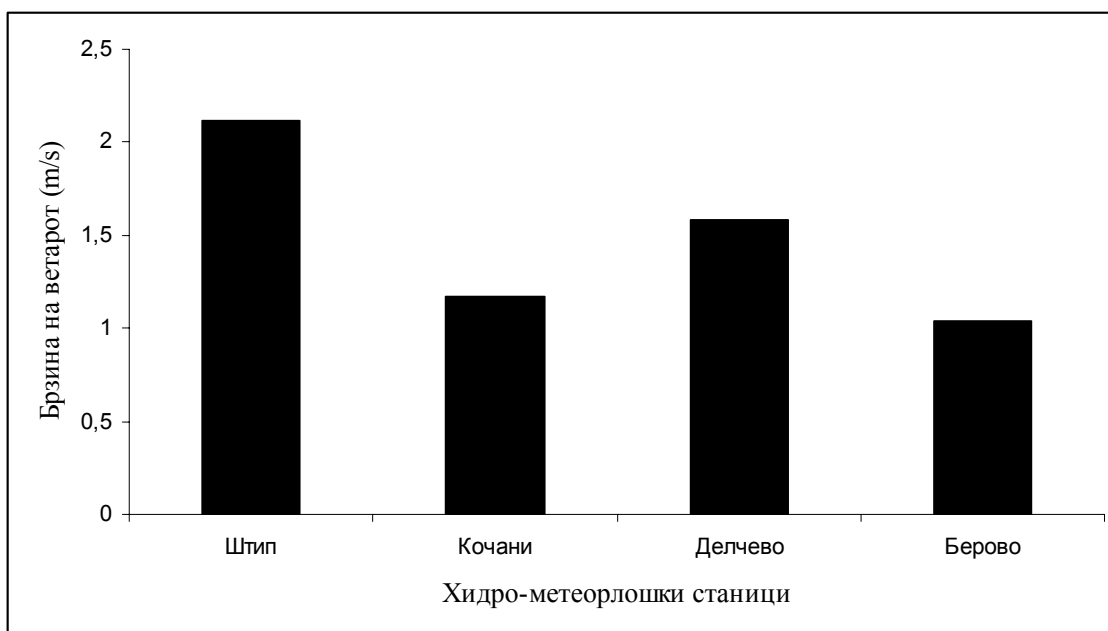
Сл. VI-77. Средномесечни брзини на ветарот во Делчево



Сл. VI-78. Средномесечни брзини на ветарот во Берово

Истото важи и за источните делови од сливното подрачје на река Брегалница т.е. во нејзиниот горен тек (Делчево и Берово), со таа разлика што периодот со слаби ветрови е поместен за доцната есен (крајот на ноември и почетокот на декември месец).

Споредбено, средногодишната брзина на ветровите во сливното подрачје на река Брегалница е различна за различни области. Најголеми брзини се јавуваат во Штип, додека најмали во источниот дел на сливното подрачје т.е. во Беровскиот крај. Анализирајќи го дијаграмот претставен на сликата подолу, може да се констатира дека во сливното подрачје на река Брегалница интензитетот на ветровите, од запад кон исток, споредувајќи ги, средногодишните брзини на ветровите, наизменично се менува.



Сл. VI-79. Споредба на средногодишните брзини на ветарот во сливното подрачје на река Брегалница во периодот од 1961 до 1990 година

VI.9. Евапорација

Евапорација претставува губиток во билансот на водата кој се добива преку врнежи и истекување. Доколку временската база на формирање на билансот е подолга (за повеќе години) тогаш овој процес претставува не само директен туку и единствен губиток при истекувањето. Тој губиток не е мал, по континенти изнесува од 57 % во Европа и Северна Америка до 80 % во Африка, од вкупните годишни врнежи. Доследно на таа пресметка, ваквите губитоци имаат големо практично значење во сите проучувања кои се занимаваат со односот на врнежите кои ќе паднат и истечат, како и за анализата на режимот на подземните води.

Овој поим, евапорација, е идентичен за губитоците на вода во хидролошкиот циклус, каде водата во форма на водена пара се враќа во атмосферата. При тоа, евапорацијата се дефинира како едноставен процес на испарување на водата од слободната површина. Исто така постои и еден друг процес, евапотранспирација, која опфаќа покомплесни губитоци кои произлегуваат од испарувањето на тлото, од растенијата, предметите и испарување со конзумација на вода преку вегетацијата т.е. преку транспирацијата.

Фактори кои влијаат на евапорацијата се многубројни, додека оние кои ја формираат евапотранспирацијата се уште побројни. Тие се:

- температура на воздухот;
- температура на водата;
- влажност на воздухот;
- сончева радијација;
- ветар;
- атмосферски притисок.

VI.9.1. Процес на евапорација за слободни водни површини и пресметка

Испарувањето, сублимацијата или евапорацијата се дефинираат како промена на агрегатната состојба на водата од течна во гасовита. До промена се доаѓа кога молекулите на водата со доволна енергија ќе обезбедат латентна топлина на евапорацијата (околу 540 cal/g испарена вода на 100 °C). Притоа потребен е механизам кој ќе ја отстранува пареата, така да притисокот на пареата која се наоѓа во влажниот слој над водената површина е помал од заситениот притисок на средината од каде испарува.

Постои цела една низа на начини која може да се искористи за одредување на количините на испарување од слободната водена површина. Овие начини може да се класифицираат во неколку категории: одредување на трансфер на масата, енергетскиот биланс, водниот биланс и преку директни мерења на евапорацијата.

Сите овие методи потекнуваат од одредени физички закони или има тенденција со нив да бидат поставени или објаснети. Праксата обично бара таквите теоретски поставки да се во форма која ќе може да се користи за многу проучувања. Заради тоа многу од овие методи се модифицирани во емпириска форма, т.е зборуваме за категорија на емпириски методи, а некои од нив ќе ги опишеме во понатамошниот текст.

VI.9.2. Евапорација од земјината површина

Истите фактори кои влијаат на евапорацијата од слободни водни површини се присутни кај испарувањето од површината на земјата со таа разлика што, молекулите на водата треба да совладаат поголем отпор за да бидат ослободени. Значи, испарувањето од земјата зависи од атмосферските услови, состојбата на земјиштето и неговите карактеристики.

Кога би побарале зависност на испарувањето само од атмосферските фактори, тогаш преферентен фактор кој влијае на брзината на испарување би бил вертикалниот распоред на специфичната влажност на воздухот. Постојат емпириски формули кои се базирани исклучиво на тој фактор и тие може делумно да не задоволат, затоа што на количеството вода кое испарува од земјината површина влијаат: заситеноста со влага, дистрибуција на таа заситеност во одреден профил на земјината површина, нејзината структура и друго.

Влијанието на атмосферските фактори е поврзано со влажноста на земјата и тие се испреплетуваат при дефинирањето на испарувањето од земјината површина. Поедноставен би бил случајот на заситено тло со влага која потполно го исполнува неговиот капацитет, каде континуирано има капиларно подигање на водата до површината на земјата. Овде само влијаат атмосферските и други надворешни фактори, додека карактеристиките на земјиштето практично не. Имено, ако тргнеме од фактот дека постои взаемна врска меѓу испарувањето, температурата, влажноста на воздухот и интензитетот на ветарот, како и при испарување од слободна водна површина, може да се добие следната формула (Kostjakov):

$$E = \alpha T \left(1 - \frac{RH}{100} \right) \quad \text{VI-14}$$

каде E е испарување од земјината површина, T е средномесечна температура на воздухот, RH е релативна влажност на воздухот и α е коефициент чија вредност е од 0,6 до 1,1 и зависи од јачината на ветарот.

Евапорацијата е континуиран процес и заради тоа ние не може да очекуваме дека ќе имаме чест случај на проучување на евапорацијата од заситено земјиште со влага. Логично е да се претпостави дека појавата на евапорација од незаситено со влага земјиште ќе биде застапена со тоа што процесот на испарување ќе биде посложен. Тој зависи од физичките карактеристики на земјиштето: механичкиот состав, структурата и текстурата на карпите, вискозитетот и друго.

Испарувањето од површината на земјата може да се претстави преку три фази. Во првата фаза, т.е. во земјиште заситено со вода, испарувањето одговара на евапорацијата од водната површина. Во втората фаза при намалување на влажноста се намалува и брзината на испарување, додека во третата фаза која е карактеристична за максимална хидроскопност, брзината на евапорацијата полека се намалува и е многу мала. Ориентациони големини на испарувањето од тлото, преставени во mm/ден, при потполна заситеност на земјиштето со влага се дадени во следната табела.

Табела. VI-15. Испарување од, потполно заситено со влага, тло (mm/ден) во зависност од температурата на воздухот ($^{\circ}\text{C}$).

Температура на воздухот ($^{\circ}\text{C}$)	1-5	6-10	11-15	16-20	> 20
Испарување во нормални услови (mm/ден)	0,2 -0,4	0,5 -0,9	1,0 – 1,5	1,6 – 6,0	6,0 – 12,0

При силен ветар или при поголеми намалувања на влажноста на воздухот овие параметри се зголемуваат за два пати. Интензитетот на испарувањето при температура поголема од 20°C може да порасне и до 12 mm/ден. Таква ситуација настанува после врнежи, каде интензитетот на испарувањето не трае долго, бидејќи тлото брзо се суши. Кога земјиштето ќе се исуши после долготрајни периоди без врнежи големината на испарувањето се намалува под 0,2 mm/ден. Тоа се случува при т.н. max. хидроскопност. Значи, степенот на влажност на тлото има големо влијание на испарувањето од истото, но не се занемарливи влијанијата на температурата на воздухот и состојбата на површината на земјиштето.

Испарувањето може да се одреди и преку директни мерења со инструменти – лизиметри. Овој начин на мерење има предност во однос на емпириските формули. Сепак, мерните инструменти имаат свои недостатоци, како што се: отстапувања при екстремни услови, грешки при мерење и обработка на податоците и друго.

VI.9.3. Методи за одредување на евапорацијата

Постојат низа на методи кои се користат за одредување на количината на евапорацијата. Тие најчесто се групирани на следниот начин:

- директни мерења со спремници и лизиметри;
- билансни методи со влезно-излезни текови (метода на воден биланс);
- теоретски методи кои се базираат на физиката на трансферот на водената пара или топлинската енергија (метода на Penman, 1948 год.);
- методи на корелација со хидролошките фактори на околната средина (методи на: Thorntwait, Blaney-Griddle и Turc).

Во понатамошниот текст ќе преставам две методи за одредување на евапорацијата: метода на воден биланс со влезно-излезни текови, и Турс-овата метода која припаѓа на методите на корелација.

VI.9.3.1. Метода на воден биланс

Оваа метода се базира на равенката на континуитет:

$$E = I - R - \Delta S \quad \text{VI-15}$$

каде E е евапорација, I е доток, R е истекување и ΔS е промена на акумулацијата во периодот на донесување заклучоци.

Формално равенката на континуитетот VI-15 овозможува релативно лесен пристап при решавањето на евапорацијата од водните површини. Проблемот може да стане комплексен при дефинирањето на самите компоненти. На пример под доток во акумулација или езеро се подразбира површински и подземен доток на вода и врнежи, а под истекување се подразбира истекување од езеро или акумулација и губитоците во инфитрацијата на водата во земјиното тло. Понатаму, на промената на акумулацијата влијае и мразот, кој е акумулиран во неа или во езерата. Тргувајќи од фактот дека сите големини се проследени со грешки при дефинирањето не е тешко да се заклучи дека сите грешки во мерењето кои се дел од десната страна на равенката VI-15 и можат силно да влијаат врз процената на процесите.

VI.9.3.2. Турс-ова метода

Турс ја поставил својата формула за годишната евапорација (mm), врз основа на статистичко проучување на водниот биланс истражувајќи преку 250 сливни подрачја. Во овој случај фактори со кои се дефинира евапорацијата се: температурата и врнежите во сливното подрачје. Изразот за пресметка на евапорацијата изгледа вака:

$$E = \frac{P}{\left[0.90 + \left(\frac{P}{I_T}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}} \quad \text{VI-16}$$

каде E е евапорација на годишно ниво (mm), P се годишни врнежи (mm), T е средногодишна температура на воздухот ($^{\circ}\text{C}$), додека $I_T = 300 + 25T + 0,05T^3$.

Многу важно е да се каже дека овој израз важи само за период од една година. Во понатамошниот текст евапорацијата се зема како дефицит во процесот на истекувањето, а најчесто ја одредуваме во релација само со врнежите и температурата. Тоа може да се направи доколку имаме доволно долга временска низа со податоци за подрачје кое е доволно големо, во случајов сливното подрачје на река Брегалница.

Оваа метода ја искористив, заедно со методата на Kostjakov (VI-14) за добивање на средномесечна евапорацијата и евапорацијата на годишно ниво. Значи, преку нив добиваме податоци за евапорацијата (Глава VII-3), врз база на средномесечната и средногодишната температура, средномесечните вредности на релативната влажност, брзината на ветарот, како и годишните врнежи во сливното подрачје на река Брегалница.

VI.10. Хидролошки мерења и набљудувања

Протокот на реките постојано се менува. За вредноста на протокот најчесто добиваме информации преку набљудување на водостојот го дефинираме како зависност меѓу водостојот и протокот. Таа зависност може да биде постојана или варијабилна во зависност од времето, меѓутоа секако треба да биде пресметана. На тој начин хидролошките набљудувања се сведуваат (воглавно) на континуирани набљудувања на водостојот и повремени мерења на протокот при разни висини на водостојот. Сето ова е дел од хидрометријата, која засега се вклопува како научна дисциплина во рамките на хидрологијата. Со оглед на фактот дека хидрометријата има многу јаки хидраулички, инженерско-геодетски компоненти со сложена проблематика, постои потреба за внесување на сите современи методи и теоретски пристапи, со што таа се издвојува како посебна научна дисциплина.

VI.10.1. Набљудување на водостојот

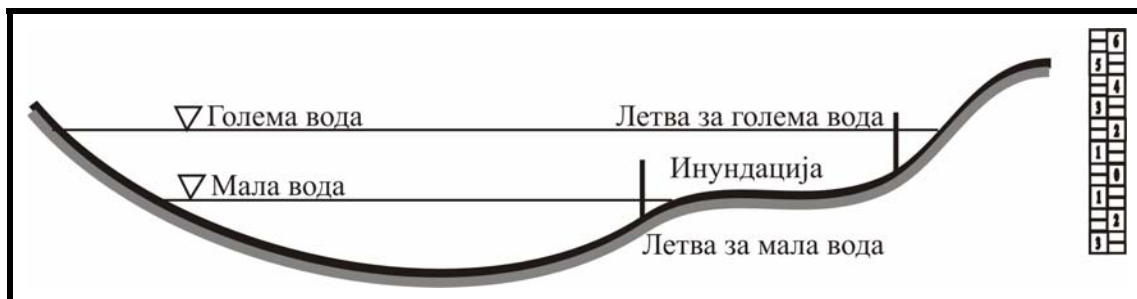
Набљудувањето на водостојот се врши во зависност од:

- конструкцијата на мерните инструменти,
- временскиот дисконтинуитет или континуитет на мерењата.

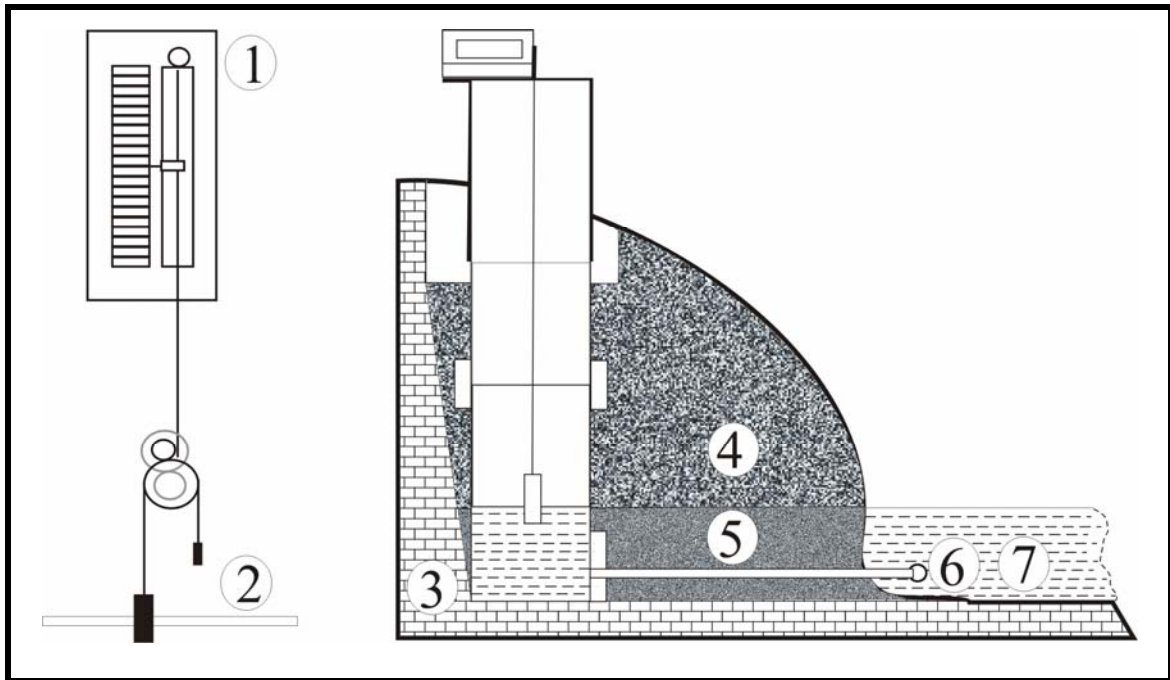
Водостојот е висинска разлика помеѓу нивоата на водата и некоја нулта положба за која треба да се знае апсолутната висина. Таа нулта положба на мерниот инструмент е релевантна, но може да дојде до промена само ако се јави потреба од реконструкција или некој од мерните инструменти е расипан. Затоа е потребно во локацијата на претставување на водостојот да се постави добро стабилизирани висински репер, со кој се мерат и контролираат промените на нултата висинска положба. Положбата за поставување на инструментите за мерење на нивото на вода треба да биде на делниците од реките. Хидрометрискиот профил е цилиндричен и може но не мора да биде ист со оној кој го покажува водостојот.

Водостојот се набљудува со:

- летви (за дисконтинуирано набљудување на водостојот);
- лимиграфи (за континуирано набљудување на водостојот).



Сл. VI-80. Шема на поставување на летвата за големи и мали води



Сл. VI-81. Шема на лимниграф и негово поставување

1. Дел за регистрација; 2. преносен дел; 3. природно земјиште; 4. насип од крупен материјал; 5. дренажа (песок и мил); 6. заштитна мрежа; 7. река.

VI.10.2. Мерење на протокот

Мерењето на протокот се врши:

- директно,
- индиректно, т.е. преку одредување на средната брзина во пресекот и неговата површина.

VI.10.2.1. Директно мерење на протокот

Наједноставна метода за директно мерење на протокот е волуменската метода. Протокот се дефинира како коефициент на волуменот на зафатена вода во сад за единица време. Таа метода е со висока точност, но со мали можности за примена бидејќи со неа може да се мерат протоците на сосема мали водотеци и извори и тоа до max. 10 l/s капацитет. Постојат различни видови садови: примитивни (мензури, кабли), сложени (Miln-ов сад, данаид), со автоматски регистри.

Принципот на мерење на протокот, со објекти, на мали водотеци или системи за наводнување се темели на Bernoulli-евата теорија каде од ваквиот објект бара да се направи хидраулички дисконтинуитет (скок) со премин на критично течење. На тој начин се одржува односот на висината на протокот независно од водните услови, погодни за примена на разни видови објекти со фиксирани конструкциони нормативи (Parshall, Thompson, Cipoletti, King, Poncelet).

Мерење на протокот со методата на мешање започнува со уфрлување на индикатори и трасери (обележувачи) во водниот тек. Потоа се земаат примероци во точките низводно. Овие точки се доволно оддалечени за да не дојде до мешање на трасерите во целиот профил.

Доколку, q (l/s) е инекционен проток на мешавина, C (g/l) е концентрација на растворот, c (g/l) е концентрација на местото на детекција и Q (l/s) е проток во речното корито, тогаш за протокот се добива:

$$Q = \frac{C}{c} q \quad \text{VI-17}$$

Таа метода нема да одговара доколку нема хомогеност во мешавината во профилот на детекцијата, што значи дека се бара активна турбуленција во целиот тек на мешање, чија должина зависи од хидрауличко-морфолошките фактори на профилот. Поради тоа овој начин одговара за мерење на протокот на малите водотеци со средни профилски брзини поголеми од 4 m/s.

VI.10.2.2. Индиректни методи на мерење на протокот со дефинирање на брзината

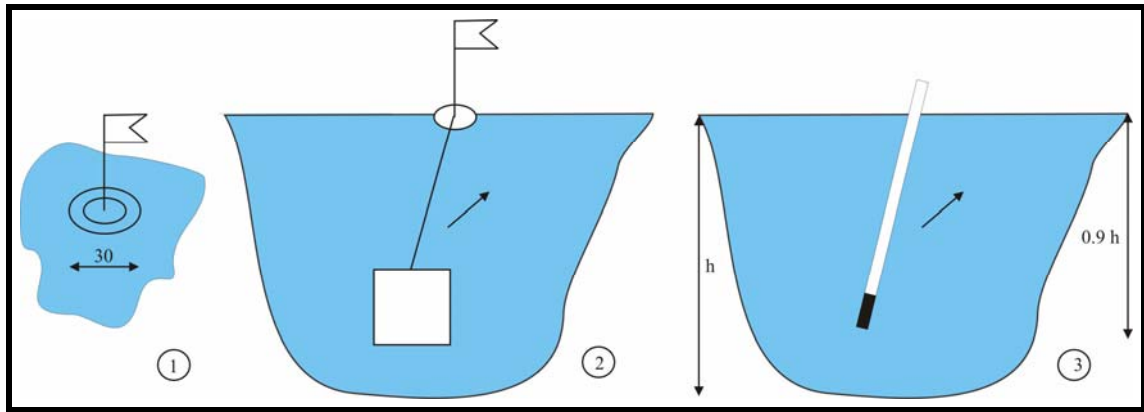
Индиректните методи на мерење на протокот служат за мерење на средните брзини на хидрометричкиот профил со претходно геодетско одредување на површината на пресекот, кое се дава во зависност од нивото на водата. Геодетскиот аспект со ова не е сосема исцрпен, бидејќи важно е да се познаваат формата на напречниот пресек, поради индикациите на распределбата на брзините во профилот, како и поради одредувањето на степенот на стабилност на профилот (продлабочување, засипување, ерозија на брегот) во текот на времето. Освен тоа хидрометричкиот профил треба геодетски да се снимат и за поголем дел од течението на реката околу хидрометричкиот профил и да се претстави со изобати (линии со иста длабочина) и изохипси (линии кои ги поврзуваат точките со исти апсолутни висини).

Постојат повеќе начини на мерење на брзините. Се користат конематички методи, методи кои се базираат на трансформацијата на енергијата (Pitot, Venturi), термоелектрични и електромагнетски методи.

Кинематичките методи за мерење на брзината на пловакот и хидрометриските крила се доста вообичаени во хидрометријата на речните текови, па во понатамошната презентација ќе се задржиме на шематско опишување на тие инструменти, како и на принципите на работа со нив. Дефиницијата на пловакот е едноставна. Тоа може да биде секој предмет кој може да плута и чие движење може да се следи и на наједноставен начин да се одреди брзината на водата. Принципот на мерење се состои од мерење на времето t кое е потребно пловакот да помине одредена должина од водниот пат L . Брзината на водата може да се добие од следниот израз:

$$v = \frac{t}{L}$$

Притоа брзината на водата се поистоветува со средната брзина на плутање (пливање) на пловакот. Секако во пракса пловакот е прибор кој има одредена форма и димензии, па од тука разликуваме површински, длабински пловак и пловак палка (Сл. VI-82):



Сл. VI-82. Хидрометриски пловак
а) површински пловак, б) длабински пловак в) пловак палка

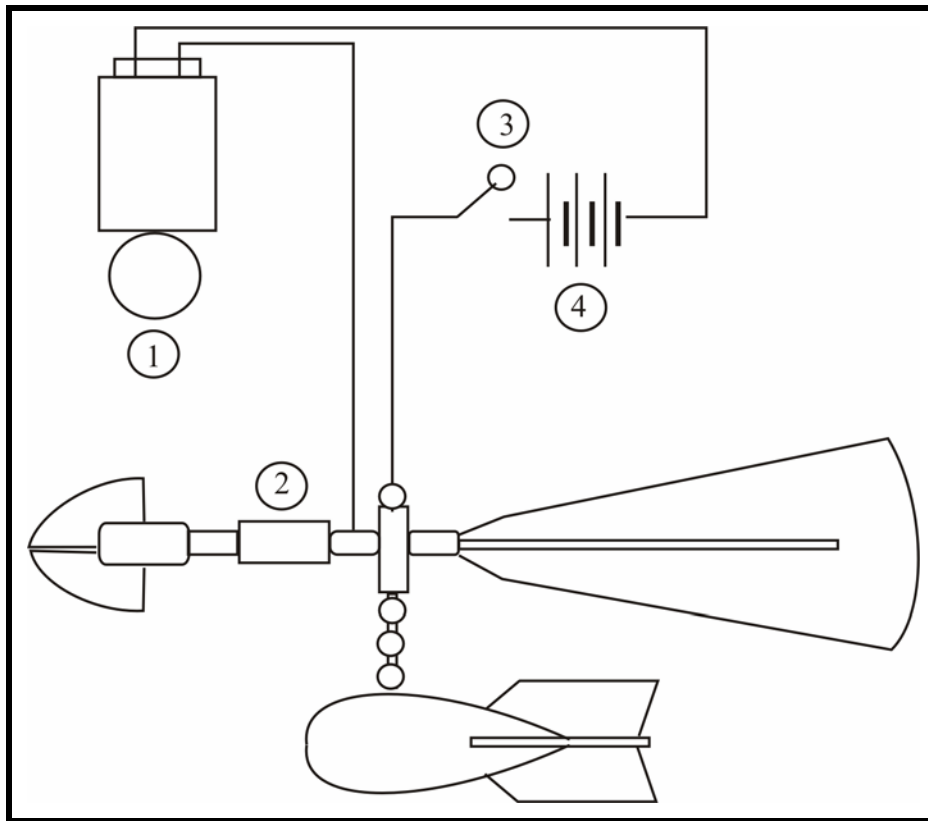
Првиот се користи за мерење на површинските брзини на водата, вториот се користи за одредување на брзината на водата на некоја длабочина од површината, додека третиот ја одредува средната брзина на водата до одредена длабочина. Од претходното се гледа дека ако пловакот е потопен до длабочина од $0,9 h$ може приближно да се измери средната брзина на водата во длабочина h . Слично се добива ако длабинскиот пловак ја мери брзината на длабочина од $0,6 h$. Мерењето се повторува повеќепати, па просечната брзина се зема како аритметичка средина на сите мерења.

Доколку се располага со средната брзина на водата на површината v_p тогаш општо може да се тврди дека односот v_s/v_p (v_s е средна брзина во профилот) расте со средната длабочина на истиот. Меѓутоа, вредноста на односот v_s/v_p зависи и од степенот на турбуленција, кој пак кај јаки турбуленции е 1, а кај помалите таа вредност се намалува.

Ако не се располага со никакви варијации во односот v_s/v_p кај некој дел од реката кој е предмет на набљудување, тогаш приближно може да се прифатат следните големини (m/s):

- големи брзини, на длабочини поголеми од 4 m	1.00;
- средни брзини, на реки во ридските подрачја	1.05;
- на реки со просечни големини и мал пад	0.80;
- големи реки	0,95;
- средни падови, средни по големина реки	0,90 - 0,95;
- многу мали брзини	0,80

Мерење на брзините со хидрометриски крила се прави со помош на пловак. Хидрометриските крила се инструменти со основен дел пропелер (подвижен дел) чии брзини на вртење се во функционална зависност со брзината на водата. Преносот на информацијата за бројот на вртежи на пропелерот се прави преку апарат со електрични контакти, кои даваат импулс за одреден број на вртежи во зависност од видот на крилата.



Сл. VI-83. Шема на хидрометриските крила и инсталацијата за мерење на брзини
1. Свонче; 2. Прекинувач за струја; 3. Прекинувач; 4. Батерија

Сé е поврзано со регистратор, сигнален апарат кој за секој импулс дава светлосни или звучни сигнали. Секако заедно со тоа се користи хронометар за мерење на времето за кое нумерички се регистрираат импулсите. Постојат модели со електронски и дигитални регистратори и регистратори со лента за регистрирање на импулсот.

Зависноста на брзината на водата v (m/s) и бројот на вртежи на пропелерот во текот на времето t се одредува емпириски – со тарирање, врз основа на многубројните лабораториски експерименти.

Формулата за тарирање ја има следната форма:

$$v = a \frac{n}{t} + b \quad \text{VI-18}$$

каде a и b се const.

Кај отпорен природен тек на водата, значи во турбулентен тек брзината на водата е различна и зависи од морфолошките форми на профилот и динамиката на текот. Според тоа локацијата на мерните места во вертикала и нивниот број и распоред во профилот треба да биде предмет на посебна анализа. Секако дека во пракса сé се сведува на конвенционален пристап кој е базиран на искуството.

Во пракса вообичаено е мерењата да се вршат за пресметка на средната брзина по вертикала v_v :

$$v_v = 0.1(v_p + 3v_{0.2} + 3v_{0.6} + 2v_{0.8} + 3v_D)$$

$$v_v = 0.125(v_p + 2v_{0.25} + 2v_{0.5} + 2v_{0.75} + v_D)$$

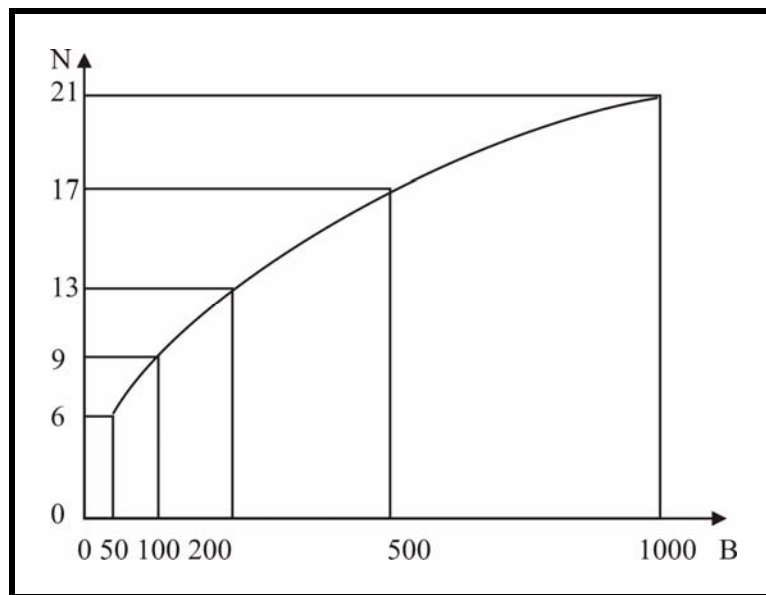
$$v_v = 0.3v_p + 0.5v_{0.6} + 0.2v_D$$

$$v_v = 9.25v_p + 0.5v_{0.5} + 0.25v_D$$

VI-19

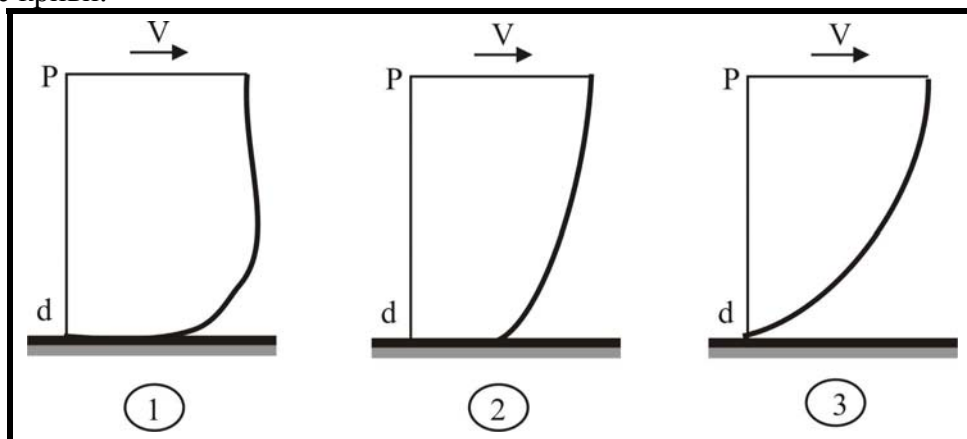
Индексите вдолж v ја означуваат положбата на мерните точки на вертикалата; p е непосредно под површината (0,2 на длабочина од 0,2h итн.), D е непосредно над дното, додека h е длабочина на вертикалата. Бројот на вертикали N е функција од ширината на водното лице B .

На Сл VI-84 е даден график на односот кој се користи во пракса:



Сл. VI-84. Број на мерени вертикали во однос со ширината на профилот B

Мерењето на средните брзини се прави на различни начини, што најчесто зависи од природните услови и од приборот за мерење. Еден од начините е методата на параболи, кои за секоја вертикала се конструираат како криви на брзината во функција од длабочината. На Сл. VI-85 се дадени некои од формите на тие криви.



Сл. VI-85. Параболи на брзината 1. Голема брзина –турбулентно; 2. Мала брзина - рамно дно; 3. нерамнини со вегетација

Со одредување на површината добиваме информации за протокот во единици на ширина на водотекот кај одредена вертикала. Конструирајќи крива на варијацијата на тие протоци, според ширината на водниот лик и одредувањето на таа крива се добива вкупниот проток.

Постои метода за пресметка на протокот со помош на изотахи која зависи од површината на напречниот пресек. За графички да се претстави распределбата на брзината во профилот се изработува график на распределба. Неговата површина се затвара со кривата и координатите оски презентирајќи го вкупниот проток.

Интеграциската метода се базира на континуирано спуштање на хидрометриските крила со const. брзина вдолж вертикалата (или било која траекторија – да речеме вдолж површината на водното лице, кога се пресметуваат површинските брзини). Не е тешко да се докаже дека средната брзина во вертикалата е:

$$v_v = a \frac{N}{T} + b \quad \text{VI-20}$$

каде N е вкупниот број на вртежи на перката за време на нејзиното спуштање до дното на реката за време T каде:

$$T = \frac{h}{v}$$

каде пак, h е длабочина на вертикалата, а v е const. брзина на спуштање.

Мерењето со интеграција директно ни ги дава средните брзини кај секоја вертикала. Мерењето брзо се врши што претставува голема предност. Овде може да се дадат одредени забелешки, пред сè на начинот на мерење. Тие произлегуваат од поставката дека брзината на спуштање на апаратот и брзината на водата резултираат со некоја поголема брзина, која се препишува на измерена брзина, брзина на водата. Сепак грешките кои се направени во таа смисла може да се толерираат. На пример кај некои брзини на водата од 1 cm/s и брзините на спуштање на апаратот од 5 cm/s се добиваат со мерење како резултатна брзина на водата од 1,0012 m/s и грешка од 1,2 %, што не може практично да влијае на точноста на мерењето.

VI.10.3. Проток на вода во реките од сливното подрачје на река Брегалница

Сливното подрачје на река Брегалница, кое е дел на сливното подрачје на река Вардар (22.612 km² или 98 % од територијата на Република Македонија), зафаќа околу 17 % од територијата на Република Македонија или околу 4270 km².

Хидролошката анализа на потенцијалот на површинските води во сливното подрачје на река Брегалница се базира на податоците за протокот на вода во речните корита. Површинската вода во сливното подрачје припаѓа на неколку поголеми и помали реки: Ратевска река, Осојница, Каменичка река, Оризарска река, Кочанска река, Злетовска река, Калништанска река, Отиња, Крива Лаковица, Светиниколска река, Козјачка река. Сите овие реки се притоки на река Брегалница.

Хидролошките станици за набљудување и мерење проток на површинската водата во сливното подрачје се следните: Берово, Очи Пале, Каменица, Злетово и Штип (Табела VI-16):

Табела VI-16. Хидролошки станици во сливното подрачје на река Брегалница, местоположба (координати) и област на покривање.

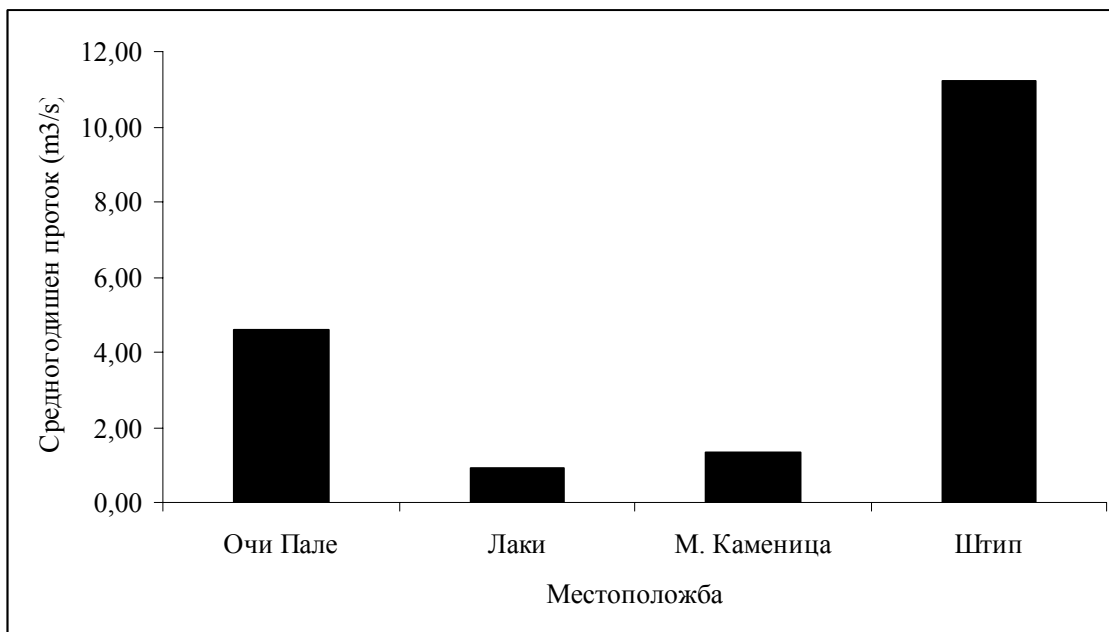
Хидролошка станица	Река	Област (km ²)	Координати	
			С.Г.Ш	И.Г.Д.
Берово	Брегалница	87,7	41°42' 13"	22°51' 48"
Лаки	Осојница	73,3	41°48' 51"	22°38' 40"
Очи Пале	Брегалница	845,6	41°58' 32"	22°44' 15"
М. Каменица	Каменичка	105	41°59' 29"	22°35' 35"
Штип	Брегалница	2897	41°43' 56"	27°10' 52"

Од овие хидролошки станици се добиени податоци за средногодишните протоци на вода во реките: Брегалница, Каменичка река и Злетовска река, за периодот од 1961 до 1996 година (Табела VI-17):

Табела VI-17. Средногодишни протоци измерени во реките од сливното подрачје на река Брегалница.

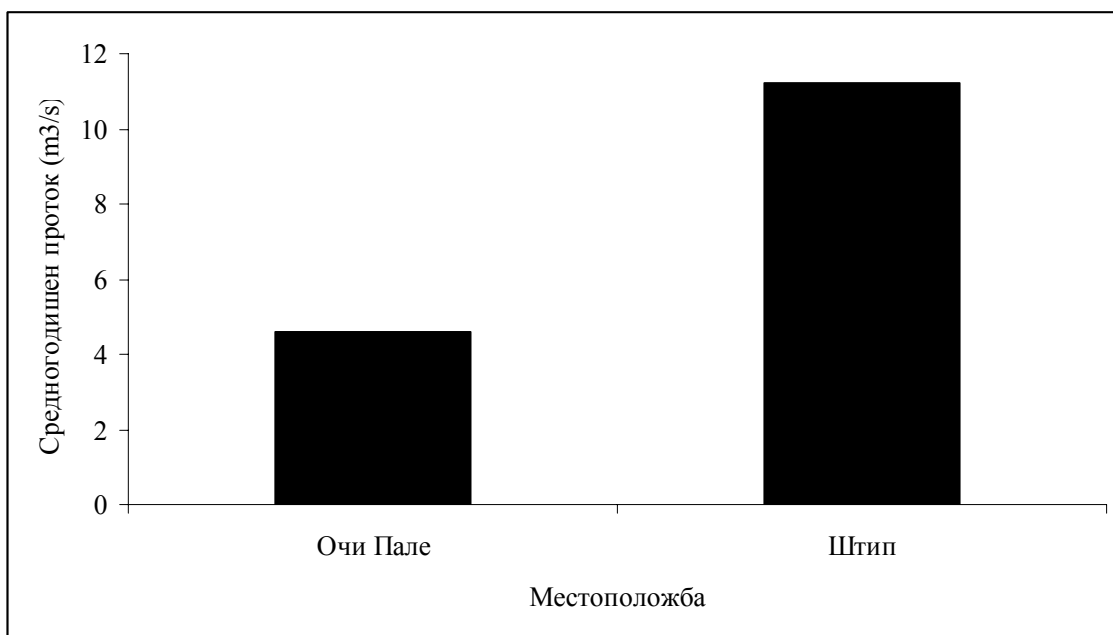
Хидролошка станица	Река	Средногодишен проток (m ³ /s)
Берово	Брегалница	-
Лаки	Осојница	0,90
Очи Пале	Брегалница	4,61
М. Каменица	Каменичка	1,34
Штип	Брегалница	11,24

Протокот од табела VI-86 податоци е претставен на следната слика:



Сл. VI-86. Средногодишен проток (m³/s) во различни мерни точки од сливното подрачја на река Брегалница.

Од тие вредности се гледа дека за периодот од 1961 до 1996 година min. проток на вода во сливното подрачје на река Брегалница е измерен во Лаки (0,90 m³/s), додека max. вредност на средногодишниот проток е добиена во Штип (11,24 m³/s). Имено, ако ги погледнеме вредностите презентирани само за река Брегалница измерени во Очи Пале и Штип, ќе го добиеме следниот дијаграм:



Сл. VI-87. Средногодишен проток (m³/s) на река Брегалница.

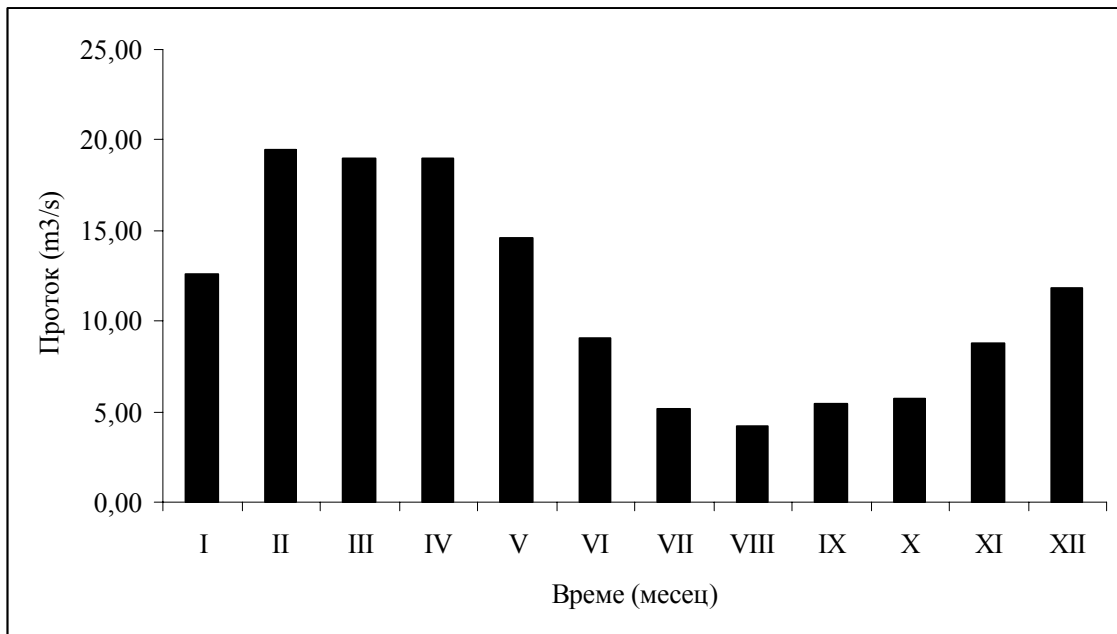
И од овој дијаграм се гледа дека max. е ист, т.е. измерен во хидролошката станица во Штип, додека min. е 4,61 m³/s (Очи Пале).

Кога станува збор за max. и min. средногодишни протеци тие се измерени во хидролошката станица во Штип во 1963 и 1994 година, каде вредноста била 1037 m³/s и 66.6 m³/s. Средномесечните протеци измерени во хидролошките станици во сливното подрачје на река Брегалница се претставени на следната табела.

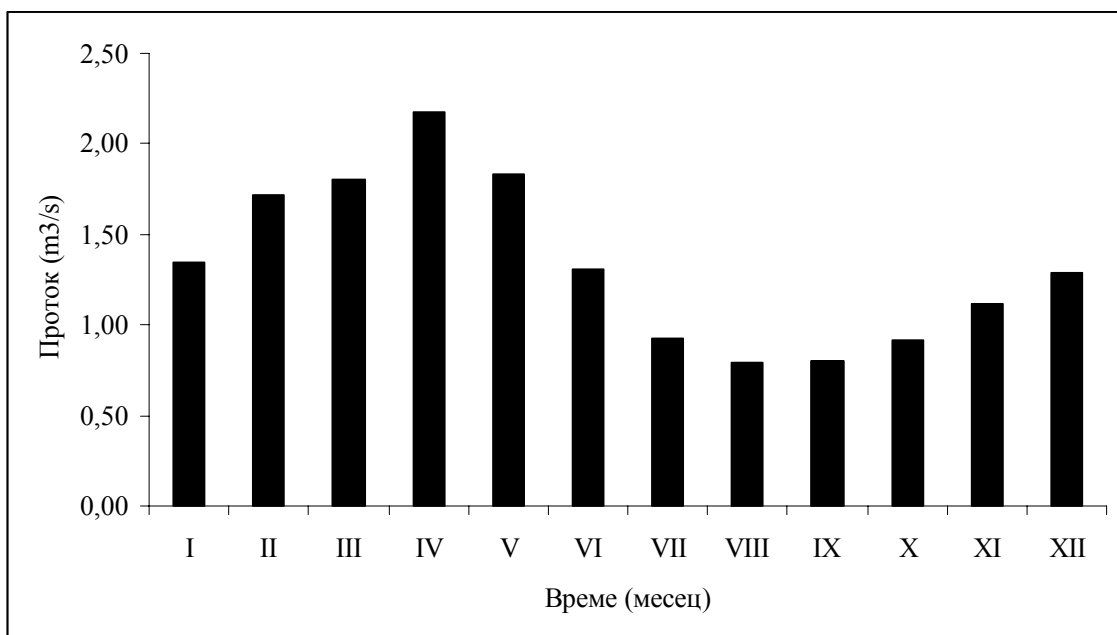
Табела VI-18 . Средномесечни протеци на вода во сливното подрачје во периодот од 1961 до 1996 година

Хидролошка станица	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Лаки	5,19	8,28	8,04	8,65	6,29	3,61	1,80	1,46	1,55	2,10	3,27	5,09
Очи Пале	1,19	1,50	1,41	1,51	1,17	0,79	0,49	0,33	0,30	0,45	0,67	1,02
М. Каменица	1,35	1,72	1,80	2,18	1,83	1,30	0,93	0,79	0,80	0,91	1,11	1,29
Штип	12,6	19,49	19,0	19,0	14,6	9,10	5,11	4,23	5,44	5,71	8,74	11,84

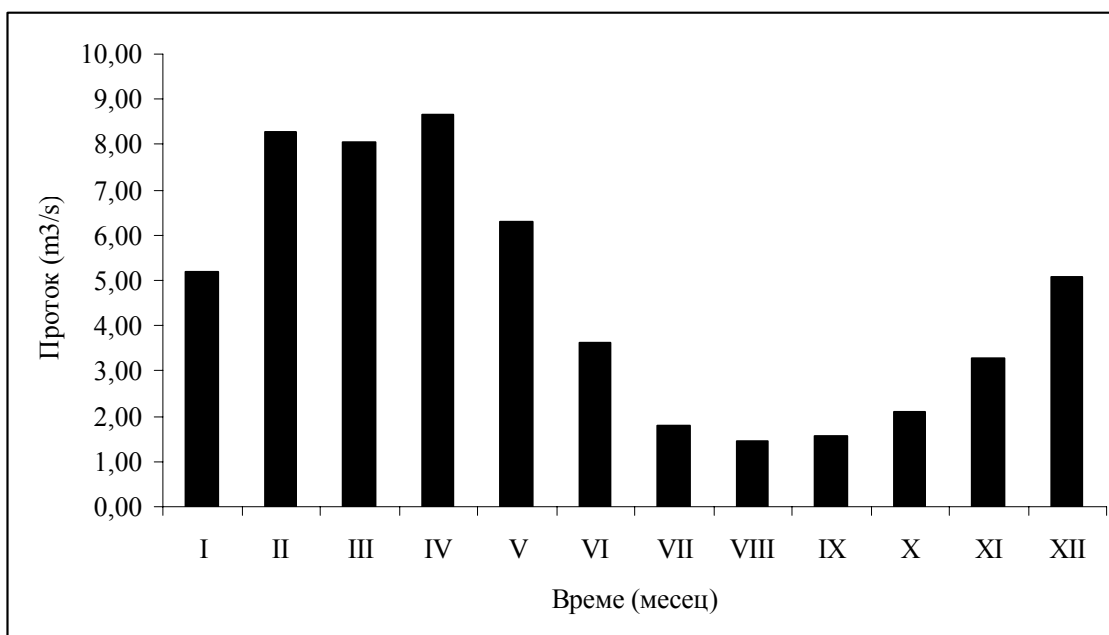
Следните дијаграми ги претставуваат средномесечните протеци измерени во хидролошките станици: Штип, М. Каменица, Очи Пале и Лаки.



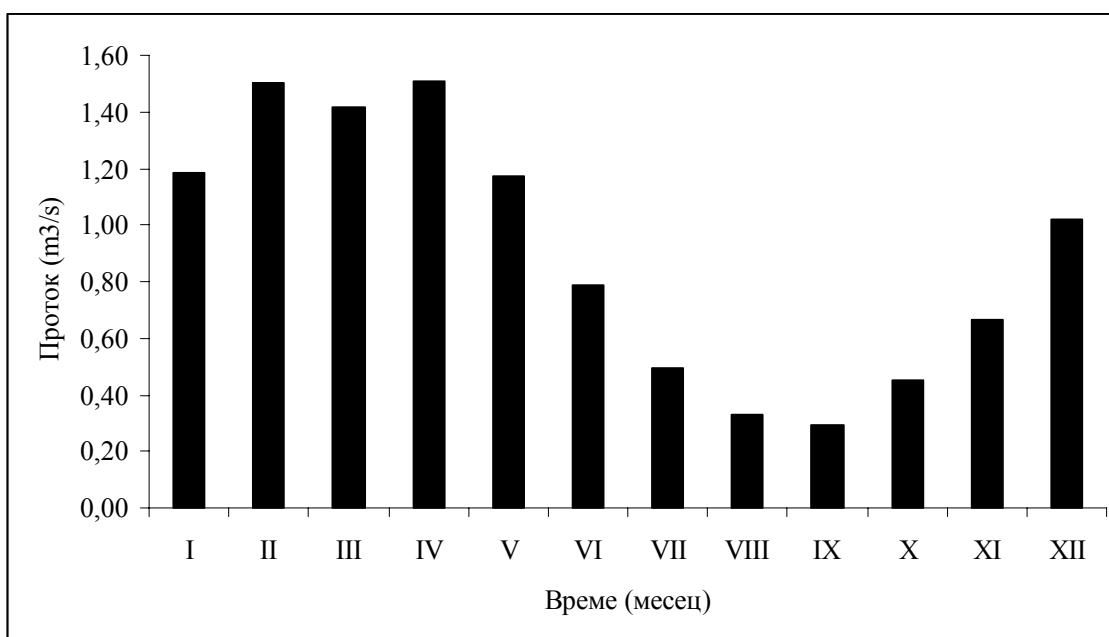
Сл. VI-88. Средномесечен проток (m³/s) на река Брегалница - Штип



Сл. VI-89. Средномесечен проток (m³/s) на Каменичка река – М. Каменица



Сл. VI-90. Средномесечен проток (m³/s) на река Брегалница – Очи Пале



Сл. VI-91. Средномесечен проток на река Осојница - Лаки

Од податоците добиени за средномесечните протоци на вода во реките од сливното подрачје на река Брегалница за периодот од 1961 до 1996 година се гледа дека min. и max. вредности за месец септември и февруари се измерени во хидролошките станици Лаки и Штип, поточно и изнесуваат: min. 0.30 m³/s и max. 19.49 m³/s. Повеќето од реките, max. вредности на протокот ги достигнуваат за време на пролетта и есента. Тоа се должи на фактот дека овој период од годината изобилува со големи врнежи од дожд. За време на летната сезона реките имаат min. проток.

VI.11. Понирање на вода. Инфилтрација

VI.11.1. Толкување на поимите и механика на инфилтрацијата

Појавата, понирање на вода од врнежите во тлото, во билансот на водата, преставува дел од негативната страна која го намалува површинското истекување. Веднаш треба да подвлечам дека ова ги намалува ефективните врнежи (тие кои истекуваат). Тлото може да апсорбира, собира и складира вода од тоа подрачје, некаде низводно таа вода може да се појави, како површинско истекување.

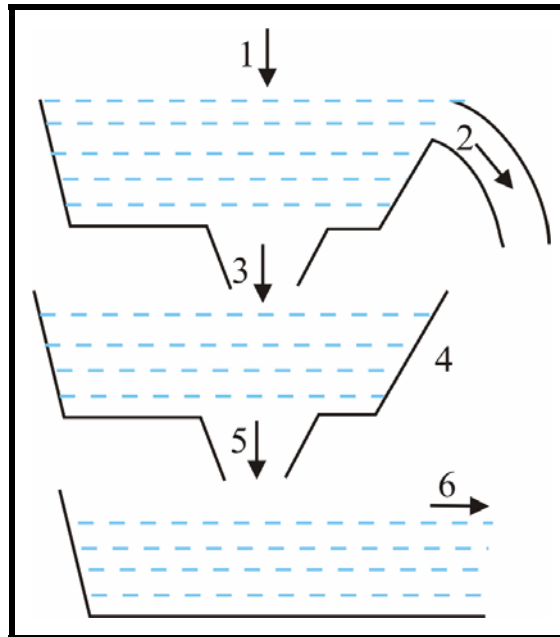
Самиот поим понирање на вода се идентификува со инфилтрација и нема причини тоа мислење да се прифати, иако разлики постојат. Имено, понирањето, во вистинската смисла на зборот, претставува движење на вода низ пукнатински структури, значи движење кое секогаш е гравитациско. Во растресит материјал процесот на понирање се претставува како впивање, инфилтрација. Таа претставува вода во тлото која е под влијание на гравитацијата и капиларните сили, па самото движење може да биде десцедентно или асцедентно. Бидејќи со тоа процесот на инфилтрација ја опфаќа проблематиката на механизмот на течење, во продолжение ќе зборуваме за концепцијата на инфилтрацијата. Таа концепција, во хидролошкиот циклус, ја вовел Horton (1933) каде го дефинирал капацитетот на инфилтрацијата и како $max. i$ брзина со која некое тло при одредени услови може да впива вода. Се разбира дека вистинската брзина на инфилтрацијата во тлото i е еднаква со u_m само кога интензитетот на врнежите I е поголем од брзината на впивање, значи во случај кога $i > u_m$.

Механиката на инфилтрацијата не е едноставна за опишување бидејќи зависи од повеќе фактори. Во прв ред постојат комбинирани влијанија на гравитацијата и капиларноста. Додека силата на гравитацијата влијае во вертикален правец, насочувајќи го процедувањето надолу по големите пори, додека капиларните сили делуваат на пренасочувањето на водата странично во капиларните пори, кои се помали, но многубројни. При постојани врнежи или со продолжување на процесот капиларниот волумен се исполнува, а со процедување на поголеми длабочини гравитациската вода наидува на се поголем отпор на течење, покрај зголемената должина на проводниците или присуството на непропусниот слој (карпа или тешка глина). Во втор план се површинските влијанијата во процесот на инфилтрацијата со тенденција на нејзино намалување. Како резултат на механичкото делување на капките од врнежите кај понирањето во тлото се јавува феноменот затварање кој е поврзан со влегувањето на фини честички во тлото. Тоа доведува до побрзи редуции на брзината на инфилтрација.

Покрај тоа, брзината на инфилтрацијата зависи од интензитетот на врнежите, физичките својства на тлото (порозноста, гранулацијата, содржината на влага и слично), состојбата на површинското тло (густина и видот на вегетацијата) и други фактори. Инаку од квантитативниот опис на процесот на инфилтрација може да ја набљудуваме функцијата на собирање на вода и нејзината трансмисија низ тлото.

Брзината на инфилтрацијата на водата во тлото може да се набљудува низ три секвенции или издвоени процеси:

- влез на вода во површинскиот слој;
- процедување низ профил на тлото;
- временска пресметка на масата на инфилтрацијата.



Сл. VI-92. Случај на инфилтрација при умерен интензитет на врнежите:
 1. врнежи, 2. проток на површински води, 3. инфилтрација, 4. влага во тлото,
 5. процедување до подземната вода, 6. проток на подземна вода

VI.11.2. Влез на вода во површинскиот слој

Од Hagen-Poiseuille-овата равенка (VI-21) за заситено ламирантно течење низ капиларните канали се знае дека количеството на течење во единица време е директно пропорционално со четвртиот потенцијал на премерот на каналот (цевката). Од таму брзината на инфилтрација зависи од: вкупната порозност, големината на порите и од факторите кои за време на траењето на врнежите го намалуваат бројот или големината на порите.

$$\Phi = \frac{dV}{dt} = v\pi R^2 = \frac{\pi R^4}{8\eta} \left(\frac{-\Delta P}{\Delta x} \right) = \frac{\pi R^4}{8\eta} \frac{|\Delta P|}{L} \quad \text{VI-21}$$

каде: V е волумен на течноста при проток за време t , v е средна брзина на течноста, R е внатрешен радиус на цевката, P е разлика на притисокот на двата краја, η е вискозитет на флуидот, L е должина на цевката, x е насока на протокот.

Нема сомнежи дека некои показатели на тој феномен на дисперзија на агрегатот на тлото мора да ја претставува големината на кинетичката енергија кои ги разградуваат капките од врнежите кои паѓаат на тлото. Wischmeier и Smith (1958) го претставиле односот помеѓу кинетичката енергија која ги разградува капките при нивното паѓање на површината во релација со интензитетот на врнежите во \log трансформација.

Според тоа не може да се тврди дека кинетичката енергија линеарно варира со интензитетот на врнежите, но може да се претпостави дека дисперзијата на површинскиот агрегат (агрегат на тлото) зависи директно од количеството на кинетичка енергија. Значи, може да се очекува намалување на брзината на влез на вода, што е резултат на затнување на порите и затварање на тлото со зголемување на интензитетот на олујните врнежи. Од нумеричко претставување на Wischmeier-овиот и Smith-овиот однос нема голема потреба, бидејќи вегетацијата влијае на брзината на инфилтрацијата со што може да се дејствува на агрегатната состојба на тлото и на низа други фактори. Овде може да се зборува за дисперзиран квалитет на површинскиот слој настанат под влијание на присуството на

хемиските елементи. На пример ако тлото содржи голем процент на Na тоа ќе тежнее да се затвори. Мелорациските системи за наводнување може да предизвикаат затварање на порите (прскање). Причина за тоа не интензитетот на прскањето кој е слаб, туку долготрајноста на порцесот.

VI.11.3. Процедување на вода во тлото

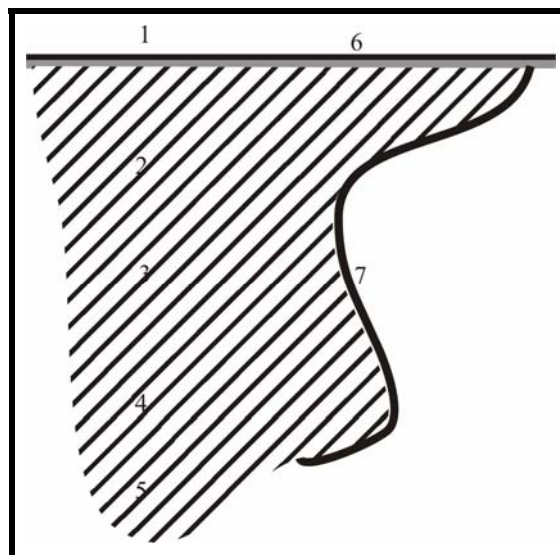
Брзината на процедување зависи од дистрибуцијата на влага во тлото. Според Bodman и Culman (1943) таа се дели на 4 зони (Сл. VI-93):

- **Зоната на заситување** (сатурација) е зона каде тлото е заситено, па влагата од земјата може да премине во пониската зона.

- **Зона на трансмисија** е зона со незаситена и приближно const. содржина на вода. Кај тешко обработливото тло содржината на влага е 60-80 %. Во зони постои помал степен на напрегнатост, каде движењето се одвива според законот на гравитацијата.

- **Зона на влажнење** е зона која ги поврзува влажниот фронт и зоната на трансмисија. Во неа содржината на влага расте со процесот на инфилтрација.

- **Влажен фронт** е демаркациона линија на влажното и сувото тло.



Сл. VI-93. Распределба на влагата во профилот (според D. M. Gray):

1. содржина на влага, 2. зона на сатурација, 3. зона на трансмисија, 4. зона на навлажнување, 5. суви карпи, 6. површина на земјата, 7. влажен фронт

Тлото кое содржи висок процент на колоидна глина пука и се затегнува за време на долготрајните суви периоди. Во ваквите случаи кога се појавуваат пукнатини, тлото може да има поголема апсорпциона моќ на вода во однос на нормални услови. Длабочината на пукнатините, големината и континуитетот во подлабоките подземни слоеви, што условува пораст на количеството и брзината на инфилтрација на водата. Таа брзина е многу голема и обично го надминува интензитетот на врнежите, тежнее кон const. вредност. Тоа се случува се додека пукнатините не се исполнат со вода, после што брзината рапидно се намалува. Секако опсегот и степенот на пукнатините е варијабилен и директно зависи од промената на влажноста во профилот. Ова дава јасна слика дека процесот на инфилтрација при вакви случаи силно влијае на хидро-климатските фактори во сливното подрачје.

VI.11.4. Мерење на инфилтрацијата

Постојат две методи за мерење на брзината и волуменот на инфилтрацијата: анализа на хидрографот на истекување и користење на инфилтrometer. Поради комплексноста на инфилтрацијата и фактот дека многу фактори влијаат на овој процес, двете методи секогаш не даваат точни резултати.

Анализата на хидрографот се темели на неговата сепарација на различни компоненти на течење и овозможува добри квантитативни резултати на мали сливни подрачја каде има потешкотии поради варијациите во приемот на врнежи и ефектот на подесување на водната маса, така да се добиваат просечни вредности на инфилтрација.

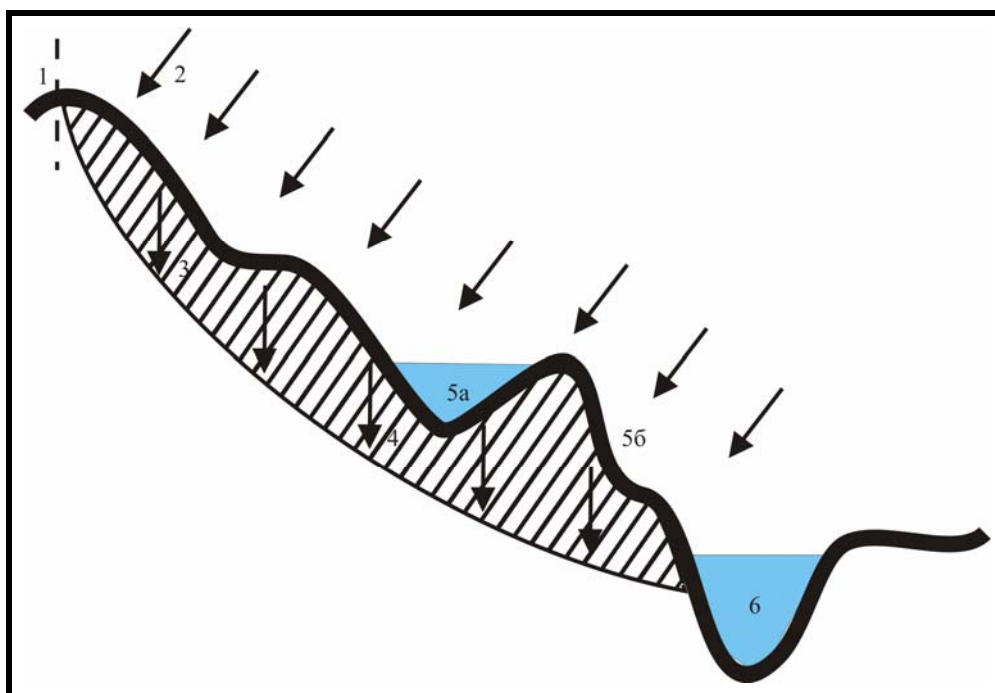
Инфилтrometerите се изградени од цевки или концентрични прстени кои се пори во тлото до длабочина од 40 до 50 cm. Водата се доведува во цевките од мензури, па со читање на вредноста на водата во мензурите се овозможува директно мерење на волуменот и брзината на инфилтрација.

Во пракса се користат разни видови инфилтrometerи распрскувачи. Се користат парцели долги 4 m, а широки околу 2 m или помали. Тие се изградени од два реда на специјални прскалки кои се приклучени за секоја станица во парцелата. Прскалките се насочуваат на тој начин што се опфатени цели парцели, со што најдобро се симулираат врнежите. Водата од прскалките се доведува на парцелата со константен интензитет, а истекувањето се мери се додека тоа не достигне const. големина. Во тој момент прскалките се исклучуваат, но протокот и понатаму се мери се додека постои истекување, односно додека кривата на рецесија (повлекување, отстапување) не падне на нула. Во моментот на престанок на истекувањето повторно се вклучуваат прскалките и се повторува постапката. Таква интерминантна постапка овозможува со аналитички билансна метода да се одреди брзината на инфилтрацијата, бидејќи имаме на располагање познати и измерени големини: висина на врнежите, истекување, додека големината на задржување на водата во тлото се пресметува од сумарната крива.

VI.12. Истекување во сливното подрачје на река Брегалница

Во билансот на водата, истекувањето преставува активен дел на врнежите т.е. остаток од нив, ако ги отстраниме сите други губитоци настанати со површинско и подземно истекување на водата се до крајните реципиенти, морињата.

Истекувањето зависи од врнежите и нивната временска распределба. Доколку интензитетот на врнежите е мал, помал и од интензитетот на инфилтрацијата и евапорацијата, целото количество на врнежи ќе влезе во земјиното тло. Ако капацитетот на задржување на водата во тлото е поголем од инфилтрираната вода, нема да има површинско истекување на водата. Обратно, кога тлото е сатурирано со вода или кога интензитетот на врнежите е поголем од интензитетот на инфилтрацијата следат низ на случувања кои овозможуваат површинско истекување. Од тука заклучуваме дека врнежите најпрвин ги задоволуваат потребите на тлото, и вегетацијата, како и можноста на задржување на водата. По исполнување на овие услови имаме полнење на површинските депресији со вода, за на крај да следи движење на водата низ косините со мала висина на водениот столб, кој за воља на вистината со порастот на должината на движење на водата расте и неговата големина. На следната слика е преставена појавата на површинско течење во корелација со површинското и подземното задржување на водата.



Сл. VI-94. Појава на површинско течење на водата. 1. вододелница, 2. врнежи, 3. инфитрација, 4. подземно акумулирање, 5. површинско акумулирање: а. депресионо задржување, б. почетно задржување, 6. водотек

Средногодишниот биланс на хидролошките процеси во сливното подрачје на река Брегалница, кое зафаќа површина од 4270 km², е проценет врз база на податоците, од 1961 до 2000 година, добиени во следните станици за мерење и набљудување:

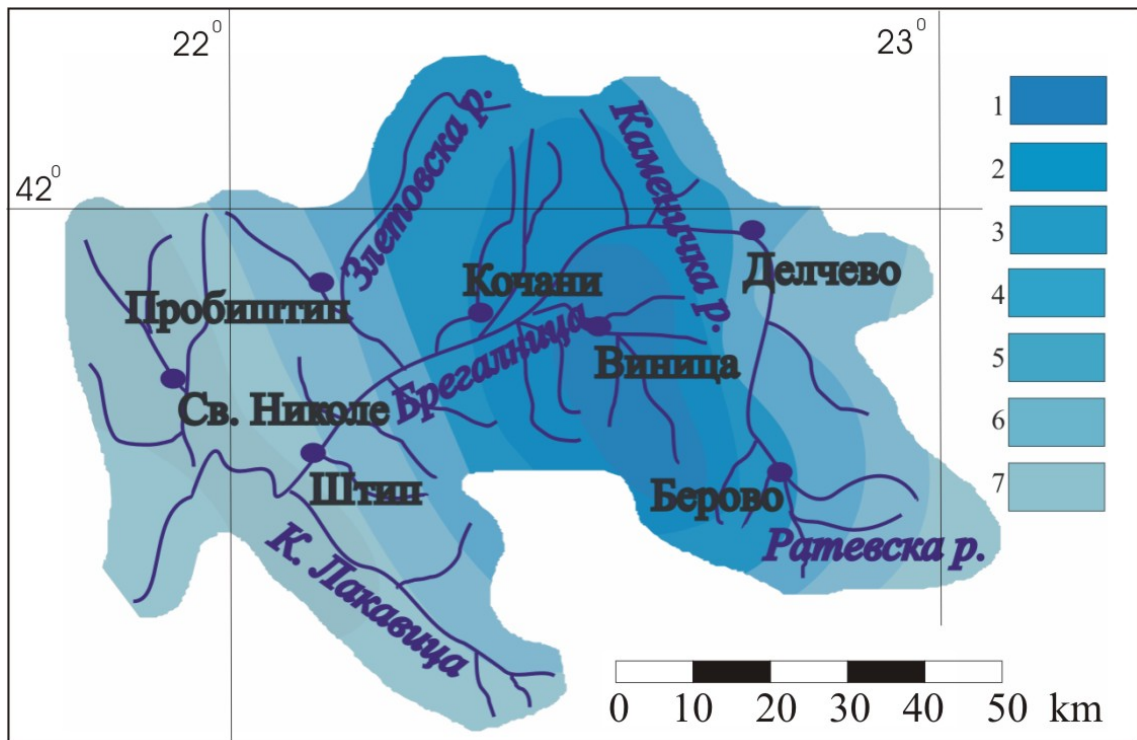
- Главни хидро-метеоролошки станици (Берово и Штип);
- Обични климатолошки станици (Кочани и Делчево);
- Дождомерни станици (Св. Николе, Винаца, Пробиштип, Лесново, Злетово, Ерцелија, Долни Балван, Уларци, Радање, Зрновци, Ново Село, Шашаварлија, Лакавица, Косбунар, Истибања, Грљани, Град, Блатец, Лаки, Разловци, Митрашинци, Пехчево, Владимирово, Радање и Миравци).

Од овие станици се добиени податоците претставени на следната табела:

Табела VI-20. Средногодишни врнежи, истекување, губитоци и коефициент на истекување во сливното подрачје на река Брегалница (mm):

Хидролошки параметри	Врнежи P (mm)	Истекување V (mm)	L = P – V Губитоци L (mm)	V/P Коеф. на истекување
Сливно подрачје на река Брегалница	538.05	122.60	415.45	22.79

Врз база на податоците од претходната табела може да преставиме карта на сливното подрачје на река Брегалница со средногодишни истекувања.



Сл. VI-95. Средногодишно истекување - сливно подрачје на река Брегалница (mm)
 1. 350 mm, 2. 300 mm, 3. 275 mm, 4. 250 mm, 5. 200 mm, 6. 175 mm и 7. 150 mm.

Од приложената слика се гледа дека најголемо истекување имаме во централниот планински дел на сливното подрачје, а најмало во долниот тек на реката Брегалница. Тоа се должи на фактот, дека областите со најголемо истекување се во тесна врска со позитивниот дел од равенката на хидролошкиот биланс, т.е. со врнежите и тие се во праворпорционален однос.

Исто така истекувањето зависи и од развиеноста на хидрографската мрежа. Од приложената карта се гледа дека областите околу реката Крива Лаковица, јужно и источно од Ратевска река (Беровско) и во Овче Поле каде има помал број на водени текови има истекување со помал интензитет од истекувањето на целата територија на сливното подрачје на река Брегалница.

Податоците за истекувањето ќе ги искористам во понатамошната анализа на хидролошките податоци, пред сè за одредување на инфитрацијата на водата во тлото. За таа цел ќе се послужам и со останатите податоци за хидролошките процеси во сливното подрачје на река Брегалница: врнежи, температура, евапорација, протокот на вода.

VII. Анализа и моделирање на хидролошките процеси

Во воведниот дел, спомнав дека основна цел на магистерската работа е анализата и моделирањето на хидролошките процеси во сливното подрачје на река Брегалница. За таа цел во претходниот текст (Глава VI) се претставени следните хидролошки процеси:

- врнежи,
- температура на воздухот,
- брзина и насока на ветарот,
- траење на сончевиот сјај,
- облачност,
- евапорација,
- инфилтрација на вода во земјиното тло
- проток на вода во речните корита.

Во понатамошниот текст (Глава VII) се прават анализи на податоците добиени со мерење и набудување на хидролошките процеси, од страна на хидро-метеоролошките станици во испитуваниот терен. За таа цел се направени следните анализи:

- ARIMA моделирање на хидролошките процеси во сливното подрачје во река Брегалница:

- ARIMA моделирање на сумата на годишни врнежи;
- ARIMA моделирање на средногодишната температура на воздухот;
- ARIMA моделирање на средногодишниот проток на вода во река Брегалница.

- Примена на методата на Kostjakov за определување на средномесечните вредности на евапорацијата во сливното подрачје на реката Брегалница;

- Користење на Турс-овата метода за определување на годишната евапорација во сливното подрачје на реката Брегалница;

- Инфилтрација на вода во сливното подрачје на река Брегалница.

- Определување на годишниот индекс на суша во сливното подрачје на река Брегалница (Метода на De Marton).

- Анализа и зависност на хидролошките процеси (врнежи, температура, брзина и насока на ветарот, облачност и траење на сончевиот сјај) со надморската висина:

- Анализа и зависност на релативната влажност со средногодишната температура на воздухот;

VII.1. ARIMA моделирање

ARIMA моделот се користи за определување на вредностите на хидролошките процеси добиени преку анализа на историските низи со податоци.

ARIMA методологијата е развиена од Box и Jenkins (1976). Таа добива голема афирмација и популарност во многу области, пред сè во истражувачка пракса на тој начин потврдувајќи ја својата моќ и адаптитабилност (Hoff, Pankraz, Vandaele - 1983). ARIMA е комплексна техника, не е лесна за користење, бара поголемо искуство при што произведува задоволувачки резултати кои зависат од степенот на истражувачката вештина (Bails и Peppers, 1982).

Во понатамошниот текст ќе се запознаеме со основните идеи на ARIMA методологијата. За таа цел во примената и заклучокот на ARIMA се препорачуваат мислењата на McDowall, McCleary, Meidinger и Hay (1980). Пред да се премине на начинот и моделот на генерирање на стохастичките процеси, сакам накратко да ги објаснам својствата на временските серии.

VII.1.1. Својства на временските серии

Хронолошка или временска серија е низа на вредности на некои случајни променливи X , кои се набљудувани перманентно (континуирано). Значи, случајната променлива X се претставува заедно со секоја временска точка при што претставува една случајна функција од времето X_t , т.е. стохастички процес $x=x(t)$. Во контекст на тоа, временската серија се појавува во форма на серија на реализација на случајната променлива X_t :

$$x_{t_0} \dots x_{t_{i-1}} x_{t_i}, x_{t_{i+1}} \dots x_{t_n} \quad \text{VII-1}$$

каде временските интервали (t_i и t_{i+1}) се const., па може да се напише:

$$x_0 \dots x_{i-1} x_i, x_{i+1} \dots x_n \quad \text{VII-2}$$

На пример, како од една временска хидролошка серија може да ги набљудуваме месечните или годишните протеци на вода.

Општо се претпоставува дека хидролошката временска серија X_t е составена од детерминистичка и случајна компонента, па може да напишеме:

$$X_t = Y_t + Z_t \quad \text{VII-3}$$

каде Y_t претставува детерминистичка компонента поради која стохастичкиот процес не е стационарен, а Z_t е случајна компонента.

Анализите на временските серии се стремат оваа детерминистичка компонента Y_t , да се одреди и набргу потоа да се отстрани, по што во равенката останува само Z_t како една случајна функција, која претставува реализација на стохастичкиот стационарен процес.

Елиминарјќи ја детерминистичката функција Y_t , временската серија X_t варира околу својата средна вредност \bar{X} , од каде се добива:

$$X_t = \bar{X} + Z_t \quad \text{VII-4}$$

Случајната променлива X_t се карактеризира со функција на распределба $F\{X_t \leq X\}$. Ако на пример X_t е годишен проток тогаш $F(X)$ ја прикажува распределбата на набљудуваниот проток: x_1, x_2, \dots, x_n . Ако сукцесивниот годишен проток за низа години е независен, временската серија овозможува конструирање на долга серија на генериран проток.

Својствата на временската серија, најчесто користени во економетријата, можат да бидат од голема важност при анализата на временските серии на хидролошките параметри (врнежи, температура и проток), за кои имаме доволен број на податоци.

VII.1.2. Процес ARIMA

ARIMA процесот е модел за анализа и прогноза. ARIMA е кратенка за AutoRegressive, Integrated, Moving Average. Секоја од овие фази опишува различен дел од моделот.

ARIMA процесот интензивно се проучува и претставува главен дел во анализата на временските серии. Тој е популаризиран од George Box и Gwilym Jenkins во почетокот на седумдесетите години од минатиот век и е познат како Box-Jenkins-ов модел. Box и Jenkins во 1970 година дале релевантни информации, потребни за разбирање и користење на ARIMA процесот.

ARIMA моделирањето е базирано на следните идеи:

1. Анализа на набљудуван пример, анализа базирана на линеарна функција
2. Конструкција на наједноставен модел кој ќе овозможи адекватно толкување на опсервираните податоци. Ова уште е познато и под псевдонимот принцип на штедливост.

Исто така ARIMA процесот претставува популарна метода, бидејќи содржи добро развиена структура со која може да се пресметаат модели за појави и процеси во одредени интервали. Постојат ARIMA модели кои се користат за проектирање на сезонските временски низи и векторски ARIMA процеси кои се користат за создавање на мултиваријабилни временски серии. Исто така постојат варијации кои овозможуваат вклучување на т.н. променливи за објаснување.

Секој ARIMA процес е составен од три дела: авторегресиски дел (AR); интегриран дел (I) и дел на придвижувачкиот просек (MA). Моделите најчесто се пишуваат со кратенката ARIMA (p, d, q) каде p го опишува AR делот, d го опишува интегрираниот дел и q го опишува MA делот.

VII.1.2.1. Постапка за автоматско враќање (Авторегресиски дел - AR)

AR го опишува секој податок (опсервација) како функција од предходните податоци (опсервации). На пример, ако $p=1$, секоја опсервација е функција на само една од предходните опсервации. Тоа е прикажува со следната равенка:

$$X_t = c + \phi_1 X_{t-1} + e_t \quad \text{VII-5}$$

каде X_t претставува опсервирана вредност за време t , X_{t-1} е претходно опсервирана вредност за време $t-1$, e_t претставува случајна грешка, а c и ϕ_1 се константи. Другите опсервирани вредности од сериите може да се вклучат во десната страна на равенката, ако $p > 1$:

$$X_t = c + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + e_t \quad \text{VII-6}$$

VII.1.2.2. Интегриран дел на моделот (I)

I е дел од моделот кој одредува дали опсервираните вредности директно се моделираат или се моделираат разликите помеѓу следните опсервации во низата. Ако $d=0$, опсервациите се моделираат директно. При $d=1$ се моделираат разликите помеѓу следните опсервации во низа, а при $d=2$ се моделираат т.н. разлики на разликите (во пракса d е ретко поголем од 2).

VII.2.2.3. Процес на просечно придвижување (MA)

MA е дел од моделот кој ги опишува сите опсервации како функција од претходните q грешки. На пример, ако $q=1$, тогаш секоја опсервација е функција на само една претходна грешка. Тоа е претставено во следната равенка:

$$X_t = c + \theta_1 e_{t-1} + e_t \quad \text{VII-7}$$

каде e_t претставува случајна грешка за време t , а e_{t-1} претставува претходна случајна грешка за време $t-1$. Другите грешки може да бидат дел од десната страна на равенката само под услов ако $q>1$. Со комбинација на овие делови добиваме разновидни можности на ARIMA моделите.

VII.1.3. ARIMA моделирање на хидролошките процеси. Box-Jenkins-ово моделирање

Box-Jenkins-овиот пристап кај ARIMA моделирањето е опишан во книгата “Time series analysis, Forecasting and control”, објавена во 1970 година од страна на George Box и Gwilym Jenkins. Според нив, ARIMA процесот претставува модел кој се користи за анализа и прогноза. Box-Jenkins-овото моделирање со одреден ARIMA процес, се користи за определување на просечната вредност на податоците. Тие податоци може да се искористат за конструирање на прогностички модел. Една од позитивните карактеристики на Box-Jenkins-овиот пристап за анализа и прогноза на хидролошките процеси е тоа што ARIMA процесот содржи многубројни модели со кои може да се даде адекватен опис на податокот.

Box-Jenkins-овото моделирање е процес составен од три фази кои се повторуваат. Тие фази се: бирање на моделот, процена на параметрите и проверка на моделот. Последното дефинирање овозможува вклучување на прелиминарна фаза во подготовката на податоците и крајна фаза за примена на моделот (анализа и прогноза).

Оригинаалните проекции за моделирање на временските серии со ARIMA процесите, базирани на Box-Jenkins-овата стратегија се користат во разни ситуации на моделирање. Тоа овозможува добивање на систем погоден за анализа на податоците и пронаоѓање на добар модел кој би одговорил на мноштвото прашања поврзани со податоците.

1. Подготовката на податоците вклучува трансформација и диференцијација. Трансформацијата на податоците овозможува стабилизирање на варијансата во сериите каде што има промени. Тогаш податоците се диференцираат се додека моделот не ги отстрани трендот и сезоналноста. Диференцирање значи одредување на разлики помеѓу опсервациите во низата или помеѓу опсервациите за секоја година одделно. Диференцираните податоци се најлесен начин за моделирање на оригинаалните податоци.

2. Изборот на моделот се прави со разни дијаграми базирани на трансформирани и диференцирани податоци. Тие се користат за одредување на потенцијалот на ARIMA процесот кој служи за т.н. подесување на податоците.
3. Процената на параметрите претставува средство со кое се одредуваат вредностите на моделот, кои овозможуваат т.н. најдобро подесување на податоците.
4. Проверката на моделот вклучува тестирање на претпоставките на моделот за да се одреди областа каде тој не задоволува. Ако се земе дека моделот не ги задоволува нашите потреби потребно е да се вратиме два чекора на назад, за се определи подобар модел.
5. Понекогаш крајна цел на анализата на податоци е прогнозата. Кога еден модел ќе се одреди, процени и провери, како краен чекор, може да се направи и прогноза. Таа најчесто се рализира со помош на компјутер.

VII.1.4. Одредување на ARIMA. Број на параметри за процена

Пред да започнеме со процена на моделот потребно е да се одреди бројот и видот на ARIMA параметрите. Главни алатки кои се користат во фазата на одредување се: цртање на низите, цртање на корелограмите од автокорелациските (автоматските взаемни односи - ACF) и делумните автокорелациски (PACF) функции. Одлуката не е сосема јасна, па потребно е искуство и доволен број на експерименти со алтернативни модели (како добар технички параметар на ARIMA). Повеќето емпириски модели на временските серии може да се доволно точни со користење на еден од петте базични модели кои се одредуваат врз основа на сликата од ACF корелограмот и PACF корелограмот.

Заклучокот е заснован на практичната препорака на Pankratz (1983), за дополнително практично мислење, на Hoff (1983), McCleary и Hay (1980), на McDowall, McCleary, Meidinger и Hay (1980) и Vandaele (1983). Исто така се забележува дека откако бројот на параметрите (за процена) на секој вид не е поголем од 2, обично се користат алтернативни модели за истите податоци.

VII.1.4.1. Автокорелациона функција- ACF

Автокорелацијата претставува взаемна врска на сериите со самите себе, променети со одредени успорувачи (lag-ови) на k опсервации. Шемата на автокорелациите за различни успорувачи (lag-ови) е главната алатка за одредување на ARIMA моделите. Пресметките на ACF - автокорелациските коефициенти r_k произлегуваат од стандардни формули опишани во повеќето материјали на временските серии (Box & Jenkins, 1976).

Под претпоставка дека вистинскиот MA процес во сериите е определен од k-1, тогаш приближната стандардна грешка (Std. Err.) на r_k е одредена како:

$$\text{StdErr}(r_k) = \sqrt{\left\{ \left(\frac{1}{N} \right) * \left[1 + 2 * \sum (r_i^2) \right] \right\}} \quad \text{VII-8}$$

каде:

$i=1$, а $k-1$.

N е број на опсервации (мерења) во сериите.

Како и да е, под претпоставка дека сите автокорелации се еднакви на нула, стандардната грешка (Std. Err.) на r_k се дефинира како:

$$\text{StdErr}(r_k) = \sqrt{\left\{ \left(\frac{1}{N} \right) * \left[\frac{(N-k)}{(N+2)} \right] \right\}} \quad \text{VII-9}$$

Со одбирање на White noise standard errors копчето се пресметува стандардната грешка.

При даден успорувач k Box-Ljung-овата Q статистика е дефинирана со:

$$Q_k = n * (n+2) * \sum \left[\frac{r_i^2}{(n-i)} \right] \quad \text{VII-10}$$

за $k, i = 1$.

Кога бројот на опсервации е поголем тогаш Q статистиката има Chi-Square дистрибуција со $k-p-q$ степени на слобода, каде наизменично p и q се броеви на AR и MA параметри.

VII.1.4.2. Делумна автокорелациона функција - PACF

Делумните автокорелационски функции се заемни врски на сериите, кои претходно се променети со одредени успорувачи (lag-ови) на k опсервации. Тие се контролирани поради промените на вземните врски од 1 до $k-1$. Шемата на делумната автокорелација за различни успорувачи е главна алатка за одредување на погоден модел за ARIMA анализи. Пресметките за PACF коефициентите ϕ_k произлегуваат од стандардни формули опишани во повеќето материјали на временските серии (Box & Jenkins, 1976).

Под претпоставка дека вистинскиот AR процес во сериите е определен од $p \leq k-1$, тогаш приближната стандардна грешка на ϕ_k е одредена како:

$$\text{StdErr}(\phi_k) = \sqrt{\left(\frac{1}{N} \right)} \quad \text{VII-11}$$

каде:

N е број на опсервации (мерења) во сериите.

VII.1.5. Анализа и моделирање на хидролошките процеси во сливното подрачје на река Брегалница со стохастички ARIMA модели

За практична илустрација на примената на стохастичките ARIMA модели, (теоретски обработени и објаснети во претходниот текст) во анализата и моделирањето на хидролошките процеси, ќе ни послужат следните низи на податоци, и тоа:

- Суми на годишни врнежи, дождемерни станици: Свети Николе, Штип, Пробиштип, Кочани, Винаца, Делчево и Берово (1961-1996 година),
- Средногодишна температура во сливното подрачје на река Брегалница за период 1961-1999 година ,
- Средногодишен проток на река Брегалница за период 1961-1996 година.

Овие хидролошки процеси, со временска дискретизација од една година, ќе бидат моделирани со несезонски ARIMA модели.

Исто така, при дефинирање на сливот на река Брегалница, ќе бидат дефинирани и сезонските ARIMA модели за низи (со 10 годишна дискретизација) на врнежите, температурата на воздухот и протеците на вода за река Брегалница.

При дефинирањето на стохастичките модели за хидролошки процеси ќе се примени процедурата која е објаснета во теоретскиот дел, а истата ги содржи следните чекори:

- Графичко претставување на хидролошкиот процес,
- Пресметка на автокорелационата функција (ACF) на анализираната низа и нејзино графичко претставување,
- Пресметка на парцијалната автокорелационата функција (PACF) на анализираната низа и нејзино графичко претставување,
- Дефинирање на можните ARIMA модели, редот (p,d,q),
- Процена на параметрите на хидролошките процеси,
- Прогноза за хидролошките процеси.

Примената на процедурата е многу важна и може да се каже единствен начин за добивање на најадекватен модел за опишување и дефинирање на хидролошките процеси со примена на стохастички ARIMA модели.

За пресметка на параметрите на несезонските ARIMA (p,d,q) модели користени се професионални софтверски пакети, пред се широко распространетиот софтвер "STATISTICA". Овој софтвер иако е широко распространет и достапен, има огромни потенцијали за користење и истиот претставува незаменлива алатка за работа. За да се види изворниот софтвер, во прикажување на резултатите во графичка форма ќе бидат презентирани со оригиналните графици од софтверот "STATISTICA".

Исто така за обработка на податоците и нивно претставување користени се можностите на "MS OFFICE" - софтверскиот пакет, особено "MS EXCEL", кој е стандард и се испорачува со секој компјутер.

VII.1.5.2. ARIMA моделирање на хидролошките процеси

Како хидролошка целина која ќе се обработи во овој дел од магистерската работа се хидролошките низи од сливното подрачје на река Брегалница. Во него се лоцирани 40 дождемерни станици за кои има податоци за врнежите во период од 1961 до 1996 година (Табела VII-1). За истиот период е следен и протокот на вода во водомерните станици Штип и Очи Пале (Табела VII-3). Ќе се обработат и податоците за средномесечната температура од четирите постојни хидрометеоролошки станици: Штип, Кочани, Делчево и Берово за периодот од 1961-1999 година (Табела VII-2).

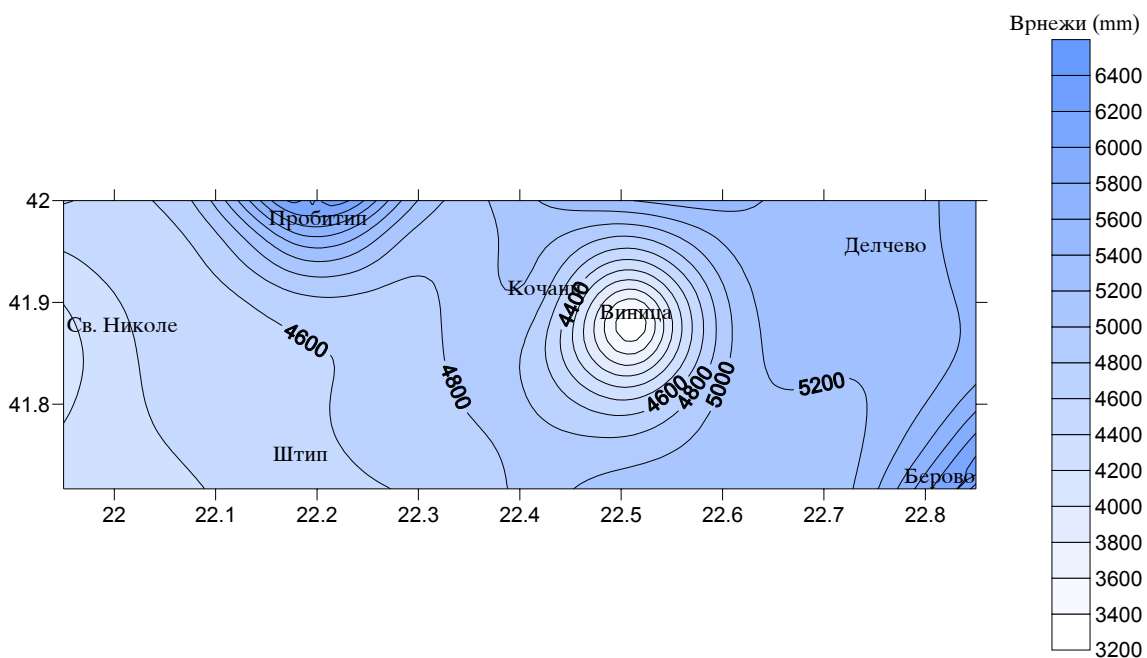
Бидејќи низата со средномесечни протечи е составен дел на излезна низа за која се важни релативните и апсолутните вредности на влезните низи: врнежи и температура. Усвоен е приближен начин на пресметка на просекот поради што за дефинирање на функционалот се важни релативните вредности на влезните низи, односно, односот помеѓу податоците на секоја влезна низа. Ова е предноста на стохастичките модели, каде може да не се познава апсолутната големина на влезните низи, но сепак да се добијат задоволителни резултати доколку се располага со релативниот однос на податоците од влезната низа.

Табела VII-1. Податоци за годишните врнежи (mm) добиени од 40 дождемерни станици сумирани и класифицирани според делот од сливното подрачје на река Брегалница кое го покриваат (1961-1996 год.)

Година	Сума на годишни врнежи (mm) во различни делови на сливното подрачје на река Брегалница (1961-1996)						
	Св. Николе	Штип	Пробиштип	Кочани	Виница	Делчево	Берово
1961	354,9	352,2		384,4			452,1
1962	655,5	641,0		692,8			822,3
1963	539,6	487,3		553,5			718,5
1964	468,8	529,3		560,7			642,5
1965	352,4	460,5		529,2			559,2
1966	378,6	477,2		560,6		621,1	664,7
1967	313,0	439,7		506,2		525,8	543,9
1968	458,6	513,6		448,1	402,0	558,4	571,8
1969	398,0	365,5	645,4	476,0	337,5	594,7	498,9
1970	402,9	422,4	636,9	545,3	237,8	602,4	498,1
1971	319,2	472,8	428,9	360,4	80,8	361,1	537,5
1972	591,6	596,8	778,4	609,2	281,7	544,1	630,8
1973	366,2	316,5	485,5	419,9	173,4	413,0	466,8
1974	513,2	726,0	682,4	492,6	203,5	624,1	648,8
1975	434,3	513,8	638,0	560,8	287,5	596,9	565,6
1976	494,2	440,4	762,9	589,4	406,3	637,9	593,5
1977	265,0	301,2	501,5	429,9	191,5	458,2	446,5
1978	484,3	364,5	675,6	509,3	211,9	650,9	686,8
1979	546,9	540,2	741,5	646,5	298,4	652,2	697,6
1980	556,4	537,8	869,4	546,9	457,7	546,2	766,3
1981	545,8	552,5	711,5	640,2	280,5	547,8	689,5
1982	507,4	392,7	570,8	517,8	427,0	506,2	634,5

Година	Сума на годишни врнежи (mm) во различни делови на сливното подрачје на река Брегалница (1961-1996)						
	Св. Николе	Штип	Пробиштип	Кочани	Виница	Делчево	Берово
1983	462,9	650,4	659,4	571,9	555,3	548,0	685,6
1984	456,9	365,3	468,3	436,8	349,3	348,1	477,1
1985	145,8	430,6	516,1	510,7	433,3	636,7	576,3
1986	288,1	327,9	457,6	285,8	266,3	303,0	388,8
1987	379,1	474,7	664,6	447,5	427,6	619,2	657,0
1988	372,4	323,8	552,3	410,0	399,7	473,2	520,2
1989	429,5	500,1	620,7	449,4	399,3	616,6	593,9
1990	256,6	295,1	452,0	426,6		439,1	460,1
1991	391,7	514,2	605,5	535,0		672,0	574,1
1992	312,5	366,4	442,7	330,8		387,2	431,2
1993	291,1	290,1	372,6	318,4		339,3	379,9
1994	312,6	315,9	451,1	356,5		407,5	486,2
1995	531,3	608,9	816,6	707,9			728,0
1996	270,2	501,3	401,5			528,9	678,2

Со вредностите од претходната табела добиен е модел за сумата на годишни врнежи во сливното подрачје на река Брегалница, прикажан на Сл. VII-1.

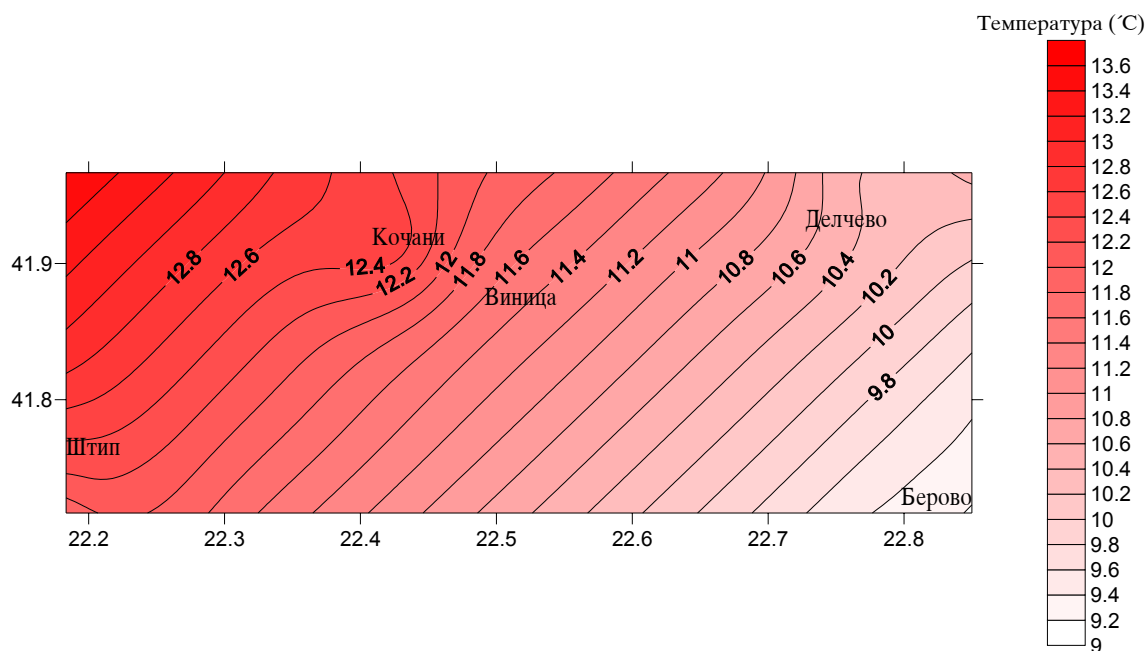


Сл. VII-1. Модел за годишните врнежи во сливното подрачје на река Брегалница за периодот од 1961-1996 година

Табела VII-2. Податоци за средногодишната температура ($^{\circ}\text{C}$) во сливното подрачје на река Брегалница (1961-1999 год.)

Година	Средногодишна температура ($^{\circ}\text{C}$) во сливното подрачје на река Брегалница								
	Штип	Кочани	Делчево	Берово	Година	Штип	Кочани	Делчево	Берово
1961	13,39167	13,15000	10,94167	8,966667	1981	12,34167	13,11667	9,92500	8,500000
1962	13,10000	12,98333	11,03333	9,025000	1982	12,54167	13,54167	9,95833	8,675000
1963	12,87500	12,83333	10,83333	8,816667	1983	12,01667	13,17500	9,55000	8,200000
1964	12,49167	12,42500	10,42500	8,433333	1984	12,57500	13,52500	10,03333	7,925000
1965	12,34167	12,19167	9,87500	8,108333	1985	12,35000	13,10000	9,49167	8,608333
1966	13,74167	13,67500	11,55000	9,550000	1986	12,53333	13,55833	9,68333	8,450000
1967	12,42500	12,30000	10,17500	8,316667	1987	12,95000	13,63333	9,92500	8,816667
1968	13,10833	13,10000	10,96667	8,991667	1988	12,54167	13,47500	9,65000	8,441667
1969	12,77500	12,83333	10,62500	8,875000	1989	12,29167	13,40833	9,45833	8,425000
1970	12,75833	12,92500	10,68333	8,791667	1990	13,20000	14,34167	10,14167	8,991667
1971	12,60833	12,87500	10,44167	8,408333	1991	10,25			
1972	12,73333	13,02500	10,79167	8,641667	1992	10,85			
1973	11,85000	12,21667	9,95000	7,666667	1993	11,1			
1974	12,62500	12,87500	10,30833	8,375000	1994	12,15			
1975	12,48333	12,81667	10,22500	8,225000	1995	10,9			
1976	11,70833	12,10000	9,40000	7,725000	1996	11			
1977	13,19167	13,57500	10,75000	8,983333	1997	10,35			
1978	12,18333	12,51667	9,88333	8,200000	1998	11			
1979	12,85000	13,34167	10,58333	8,900000	1999	11,55			
1980	11,96667	12,75833	9,65000	8,28333					

Од претходната табела добиен е модел за средногодишната температура во сливното подрачје на река Брегалница, прикажан на Сл. VII-2.

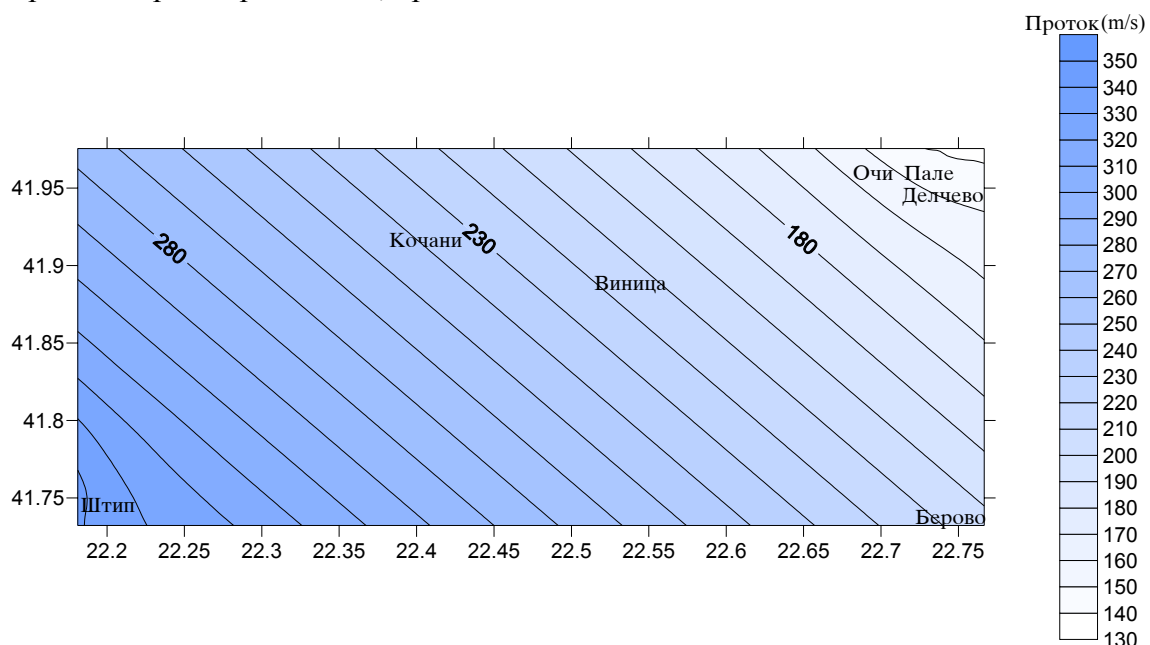


Сл. VII-2. Модел за средногодишната температура во сливното подрачје на река Брегалница за периодот од 1961-1999 година

Табела VII-8. Податоци за средногодишниот проток (m^3/s) од хидролошките станици на река Брегалница (1961-1999 год.)

Година	Средногодишен проток (m^3/s) хидролошка станица		Година	Средногодишен проток (m^3/s) хидролошка станица	
	Очи Пале	Штип		Очи Пале	Штип
1961	104,4200	262,110	1979	163,6700	334,260
1962	202,6800	504,240	1980	305,9700	571,770
1963	419,9700	1039,70	1981	186,9500	429,740
1964	147,1900	367,510	1982	157,7700	422,030
1965	200,4500	498,760	1983	144,7300	330,590
1966	164,9600	411,280	1984	146,9800	480,210
1967	122,7400	307,240	1985	68,8800	227,650
1968	103,0300	258,690	1986	149,5700	331,440
1969	147,6000	368,520	1987	119,5100	293,990
1970	112,0900	280,990	1988	61,2300	155,530
1971	91,5100	230,270	1989	63,4550	148,710
1972	101,2400	254,270	1990	48,9900	105,670
1973	189,9400	472,840	1991	124,3600	295,730
1974	163,6500	408,050	1992	57,0230	120,700
1975	74,4100	211,760	1993	34,7000	91,600
1976	201,5100	614,160	1994	51,5850	73,100
1977	88,6100	391,170	1995	101,5000	171,450
1978	113,8900	215,050	1996	289,8300	638,680

Со вредностите од претходната табела добиен е модел за средногодишниот проток на река Брегалница, прикажан на Сл. VII-3.



Сл. VII-3. Модел за средногодишниот проток на река Брегалница за периодот од 1961-1996 година

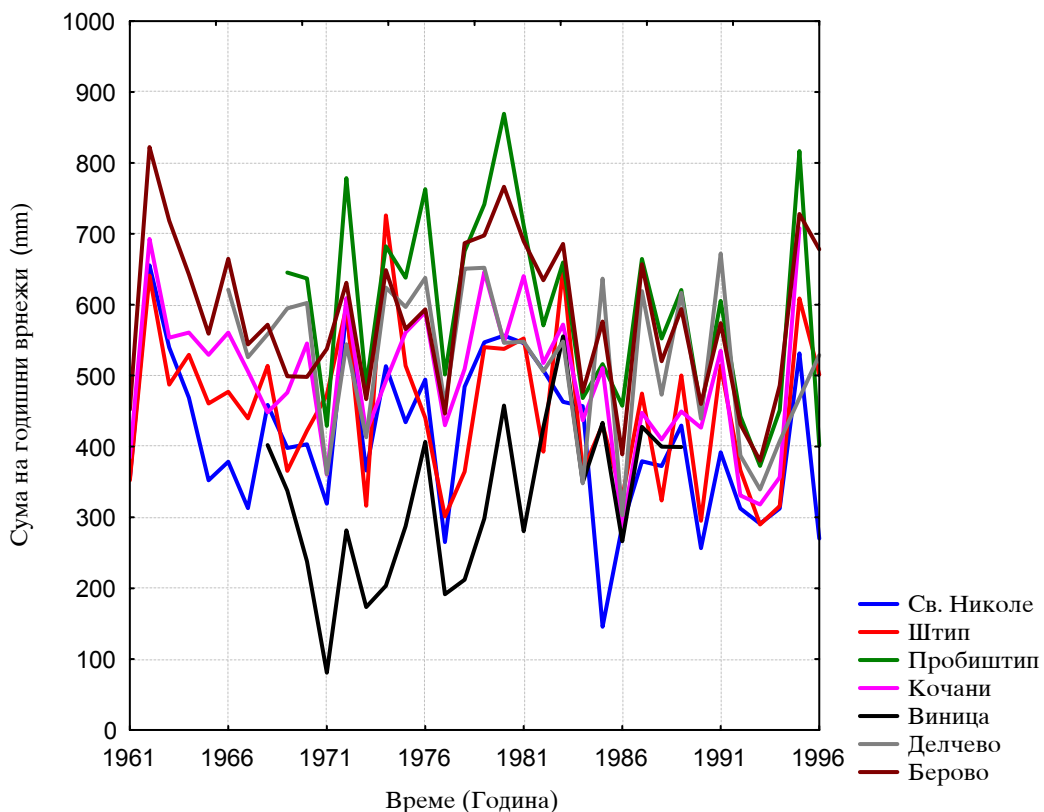
ARIMA моделирање е изведена со помош на модулот Single Series ARIMA кој служи за правење анализа и прогноза на временските серии (Time Series/Forecast) и е составен дел на статистичката анализа на напредни линеарни и нелинеарни модели (Advanced Linear/Nonlinear Models) од програмскиот софтвер за статистичка анализа STATISTICA 6.0.

VII.1.5.2.1. ARIMA моделирање на годишни врнежи

Во овој случај како влезна серија се зема низата со податоци за годишните врнежи (mm). Анализата на временските серии со податоци за врнежите, како хидролошки процес, од сливното подрачје на река Брегалница е за период од 36 години. За секоја година се располага со податоци за врнежи во период од 365 дена кои се собираат, а нивната сума се проценува.

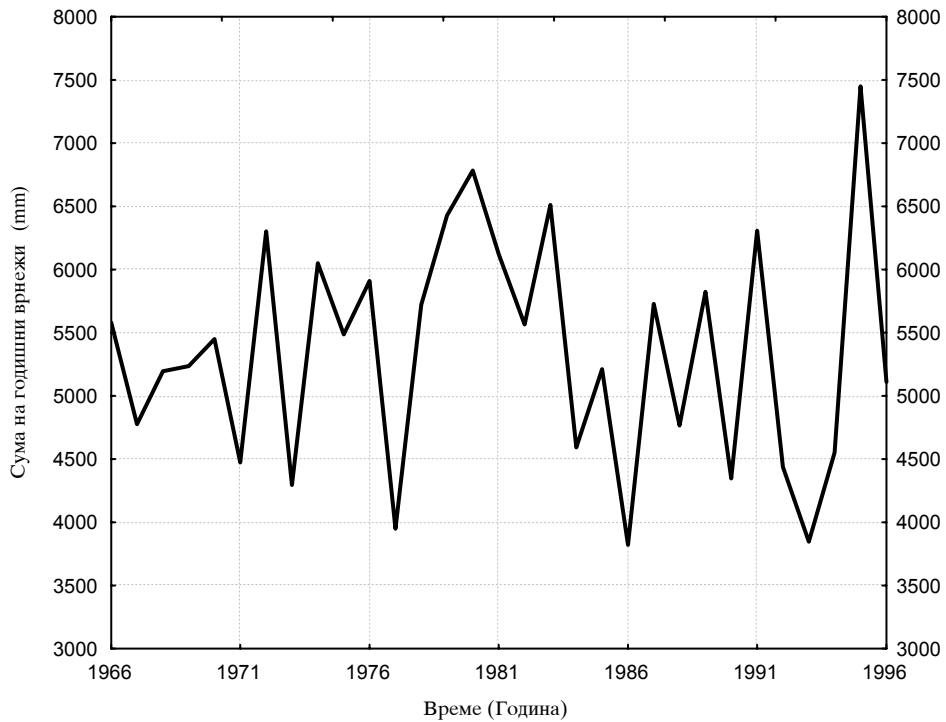
Постапката на ARIMA моделирањето на временската серија, со годишните врнежи, е следна:

Најпрвин се преставуваат податоците со годишни врнежи (mm) во разни делови од сливното подрачје на река Брегалница (1961-1996 год.)



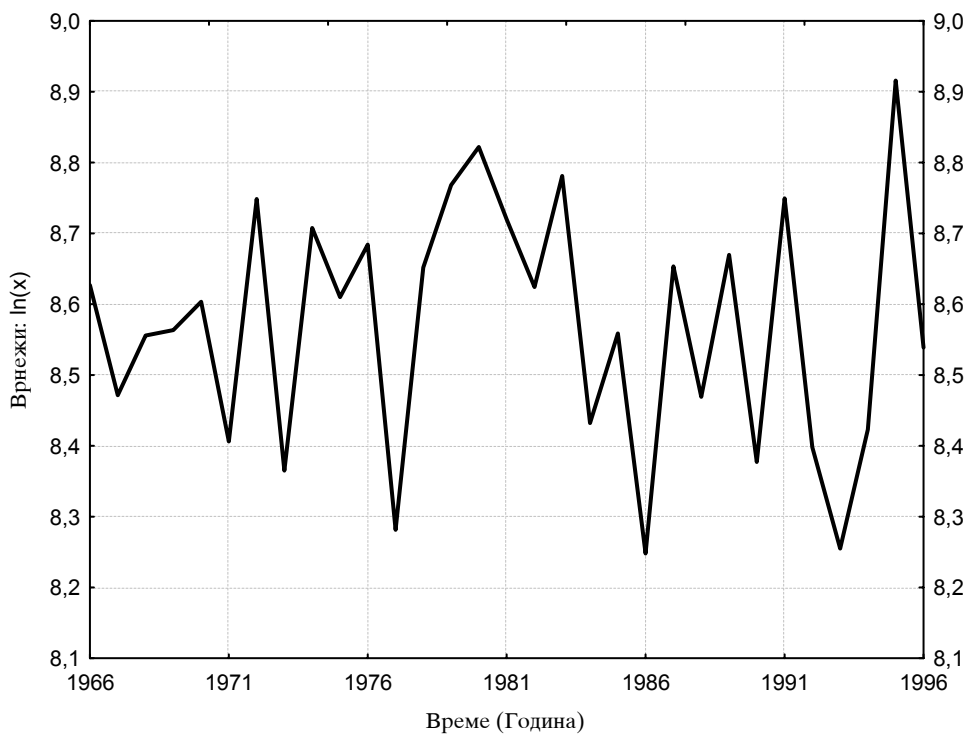
Сл. VII-4. Годишни врнежи во сливното подрачје на река Брегалница (1961-1996)

Слика VII-5. ни ја преставува сумата на годишни врнежи (mm) за сливното подрачје на река Брегалница за истиот период.



Сл. VII-5. Сума на годишни врнежи во сливното подрачје на река Брегалница (1961-1996 год.)

Следен чекор на ARIMA моделирањето е логаритамската трансформација на низата $x = \ln(x)$ (Сл. VII-6).



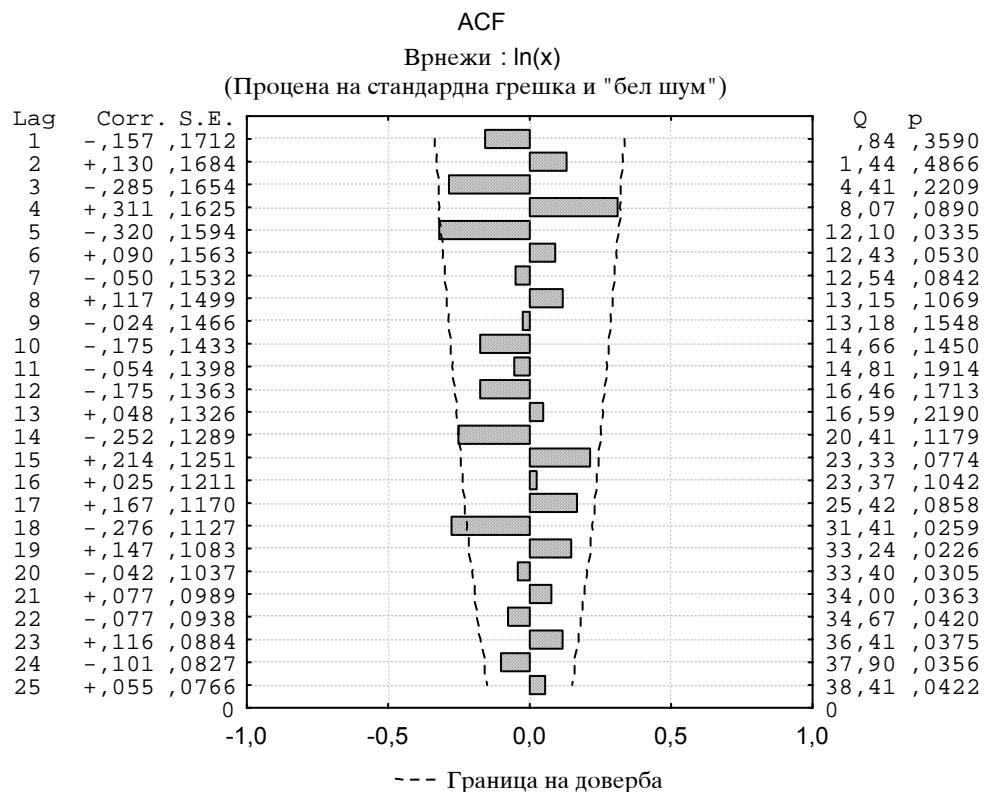
Сл. VII-6. Логаритамска трансформација на влезната низа (1961-1996)

Трансформираната низа $\ln(x)$ се споредува со оригиналната низа т.е. се спроведува т.н автокорелационата функција (ACF), која покрај другото служи за процена на стандардната грешка (Std. Err.).

Табела VII-4. Автокорелациона функција (ACF) на годишните врнежи $\ln(x)$ со процена на стандардна грешка (Std. Err.).

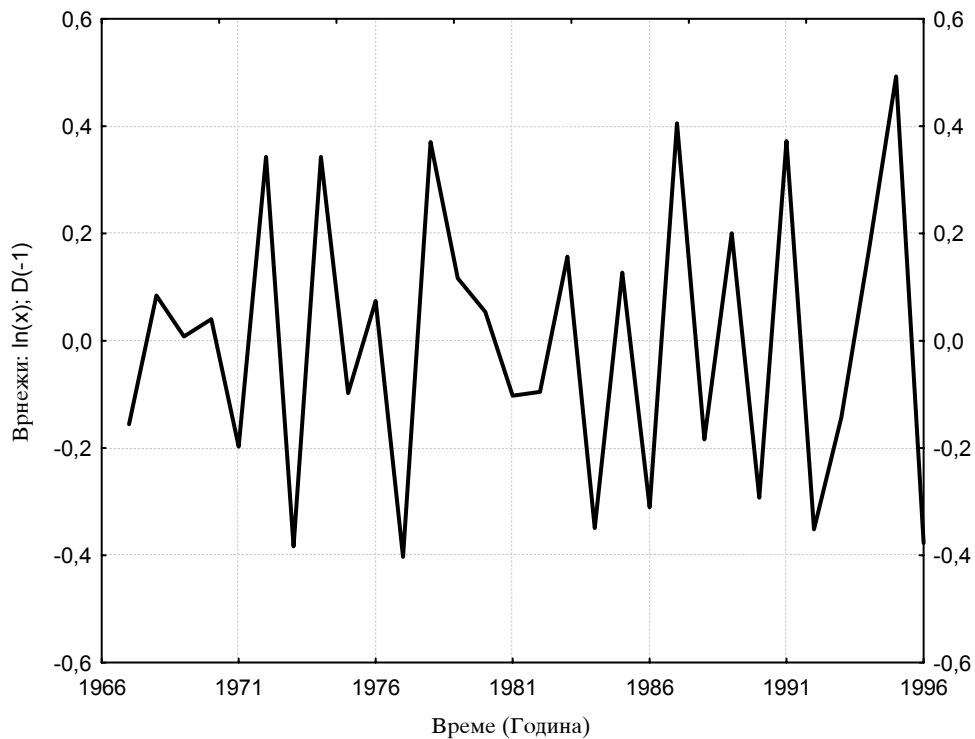
	ACF	Std.Err.	Q	p		ACF	Std.Err.	Q	p
1	-0,157086501	0,171247	0,84146	0,358987	14	-0,25197573	0,128910	20,40762	0,117883
2	0,130353079	0,168369	1,44086	0,486550	15	0,213802274	0,125061	23,33030	0,077449
3	-0,28484013	0,165440	4,40515	0,220930	16	0,0246488765	0,121090	23,37173	0,104238
4	0,311084492	0,162459	8,07179	0,089011	17	0,167435297	0,116984	25,42026	0,085776
5	-0,319979779	0,159422	12,10033	0,033461	18	-0,275827101	0,112729	31,40722	0,025868
6	0,0902743391	0,156326	12,43380	0,052994	19	0,14668734	0,108306	33,24156	0,022593
7	-0,049852795	0,153168	12,53974	0,084190	20	-0,041617107	0,103695	33,40263	0,030524
8	0,117081748	0,149943	13,14945	0,106858	21	0,0766073866	0,098869	34,00300	0,036284
9	-0,024084063	0,146647	13,17642	0,154840	22	-0,076814741	0,093796	34,67369	0,041974
10	-0,174509299	0,143275	14,65994	0,145020	23	0,116465531	0,088432	36,40821	0,037538
11	-0,054438017	0,139823	14,81153	0,191353	24	-0,101072314	0,082720	37,90115	0,035568
12	-0,174819816	0,136282	16,45705	0,171257	25	0,0548332114	0,076584	38,41379	0,042221
13	0,0478019376	0,132647	16,58691	0,218953					

На следната слика е преставена автокорелационата функција ACF на временската низа $\ln(x)$ на годишните врнежи.



Сл. VII-7. Автокорелациона функција (ACF) на сумата годишни врнежи - $\ln(x)$ со процена на стандардна грешка (Std. Err.) (1961-1996)

Следен чекор на ARIMA моделирањето е трансформација на временската низа со диференцирање $x=x-x$ (log), каде $\log = 1$ (чекор од 1 година).



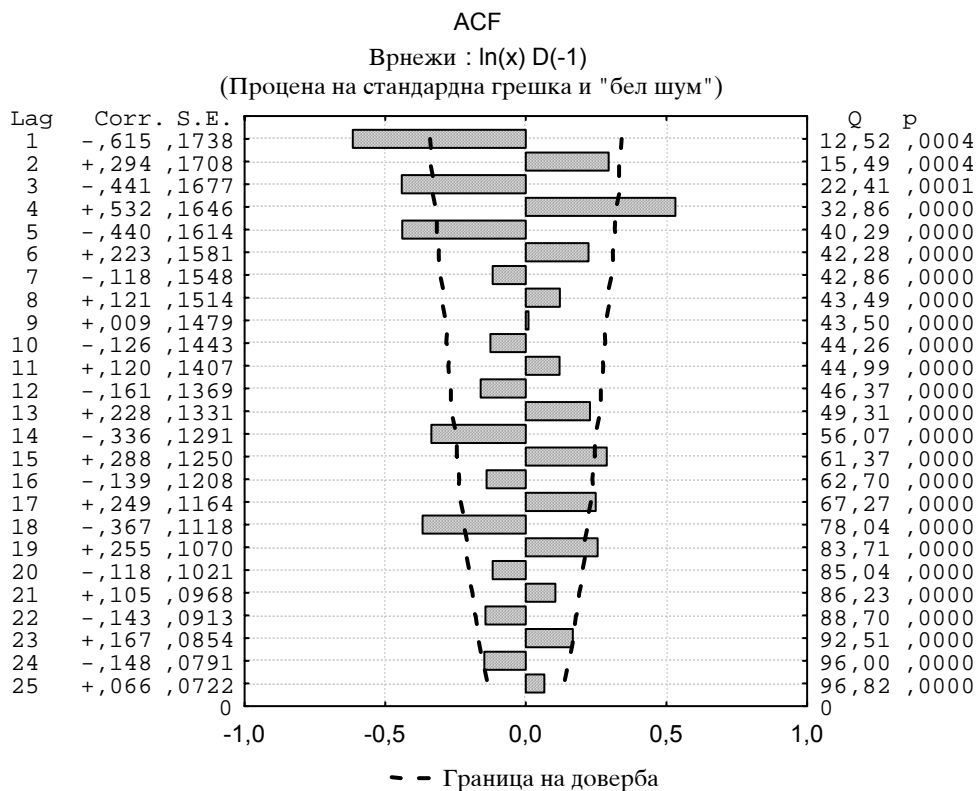
Сл. VII-8. Логаритамска трансформација $\ln(x)$ и диференцијација $D(-1)$ на влезната низа годишните врнежи (1961-1996)

На оваа трансформирана низа $\ln(x) D(-1)$ се прави автокорелациона анализа ACF (Табела VII-5).

Табела VII-5. Автокорелациона функција (ACF) на годишните врнежи $\ln(x); D(-1)$ со процена на стандардна грешка (Std. Err.).

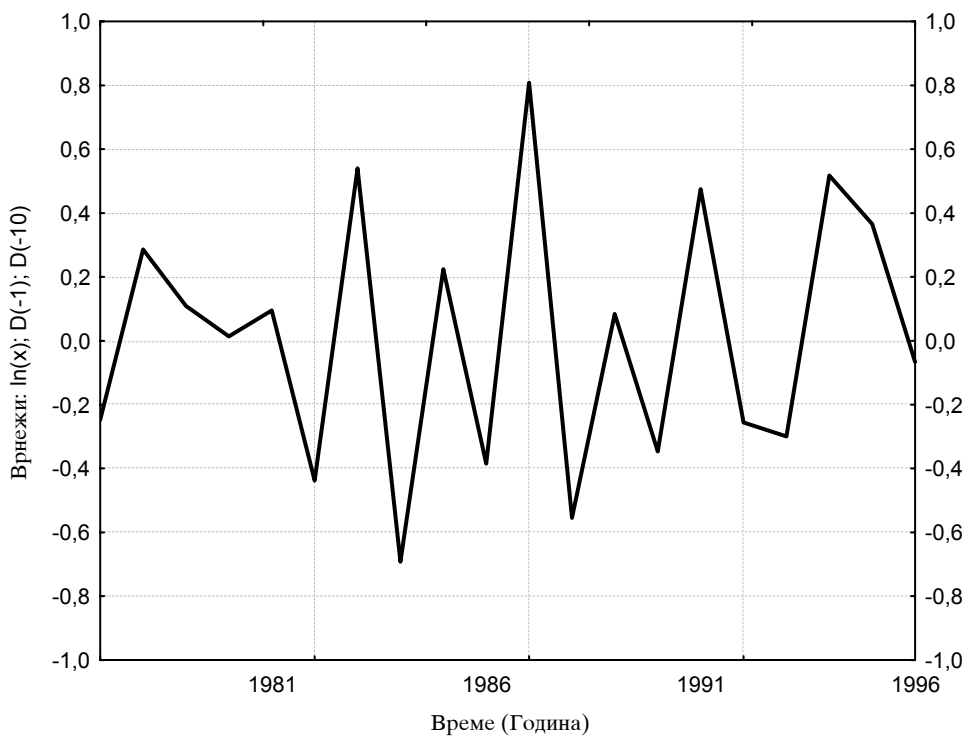
	ACF	Std.Err.	Q	p		ACF	Std.Err.	Q	p
1	-0,615021	0,173805	12,52142	0,000403	14	-0,33567	0,129099	56,06949	0,000001
2	0,294377	0,170783	15,49254	0,000433	15	0,287771	0,125000	61,36948	0,000000
3	-0,441044	0,167705	22,40879	0,000054	16	-0,13939	0,120761	62,70193	0,000000
4	0,532092	0,164570	32,86254	0,000001	17	0,248621	0,116369	67,26654	0,000000
5	-0,439819	0,161374	40,29065	0,000000	18	-0,36694	0,111803	78,03812	0,000000
6	0,222881	0,158114	42,27769	0,000000	19	0,255024	0,107044	83,71411	0,000000
7	-0,117747	0,154785	42,85638	0,000000	20	-0,11770	0,102062	85,04404	0,000000
8	0,120720	0,151383	43,49230	0,000001	21	0,105352	0,096825	86,22793	0,000000
9	0,009456	0,147902	43,49639	0,000002	22	-0,14342	0,091287	88,69622	0,000000
10	-0,125903	0,144338	44,25726	0,000003	23	0,166776	0,085391	92,51077	0,000000
11	0,120101	0,140683	44,98607	0,000005	24	-0,14757	0,079057	95,99541	0,000000
12	-0,160874	0,136931	46,36636	0,000006	25	0,065710	0,072169	96,82443	0,000000
13	0,228266	0,133073	49,30878	0,000004					

Резултатите добиени од автокорелационата анализа на трансформираната серија $\ln(x) D(-1)$ (Табела VII-5) се претставени на следната слика.



Сл. VII-9. Автокорелациона функција (ACF) на годишните врнежи - $\ln(x)D(-1)$ со процена на стандардна грешка (S. E.) (1961-1996)

Следен чекор на ARIMA моделирањето е трансформација на временската низа со сезонско диференцирање $x=x-x$ (\log), каде $\log = 10$, т.е (декада).



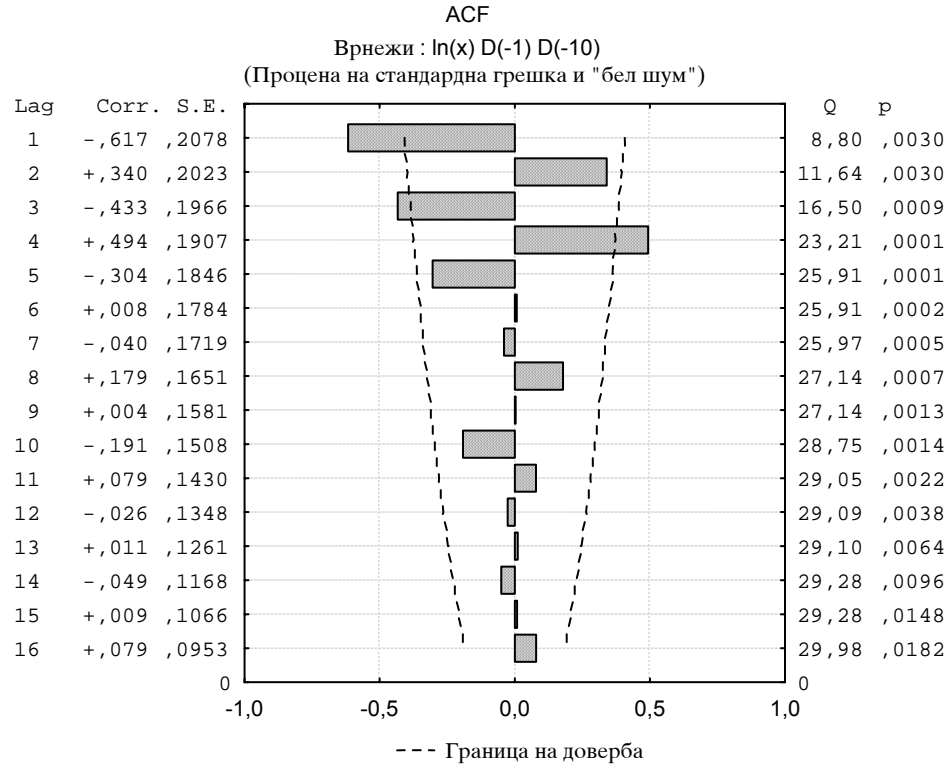
Сл. VII-10. Логаритамска трансформација $\ln(x)$ и сезонска диференцијација $D(-1) D(-10)$ на влезната низа годишните врнежи(1961-1996)

На оваа трансформирана низа $\ln(x)$ D(-1) D(-10) се прави автокорелацииска анализа ACF (Табела VII-6).

Табела VII-6. Автокорелациона функција (ACF) на сумата годишни врнежи: $\ln(x)$; D(-1) D(-10) со процена на стандардна грешка (Std. Err.).

	ACF	Std.Err.	Q	p		ACF	Std.Err.	Q	p
1	-0,616544	0,207802	8,80292	0,003010	9	0,003554	0,158114	27,14133	0,001330
2	0,340487	0,202260	11,63679	0,002976	10	-0,19109	0,150756	28,74814	0,001373
3	-0,433316	0,196561	16,49653	0,000899	11	0,078839	0,143019	29,05202	0,002235
4	0,494058	0,190693	23,20910	0,000115	12	-0,02624	0,134840	29,08991	0,003832
5	-0,303609	0,184637	25,91299	0,000093	13	0,010914	0,126131	29,09740	0,006358
6	0,007562	0,178377	25,91479	0,000232	14	-0,04947	0,116775	29,27692	0,009608
7	-0,039838	0,171888	25,96851	0,000512	15	0,008540	0,106600	29,28334	0,014818
8	0,178808	0,165145	27,14082	0,000671	16	0,079375	0,095346	29,97638	0,018164

Резултатите добиени од автокорелацииската анализа на трансформираната серија $\ln(x)$ D(-1) D(-10) (Табела VII-6) се претставени на следната слика.



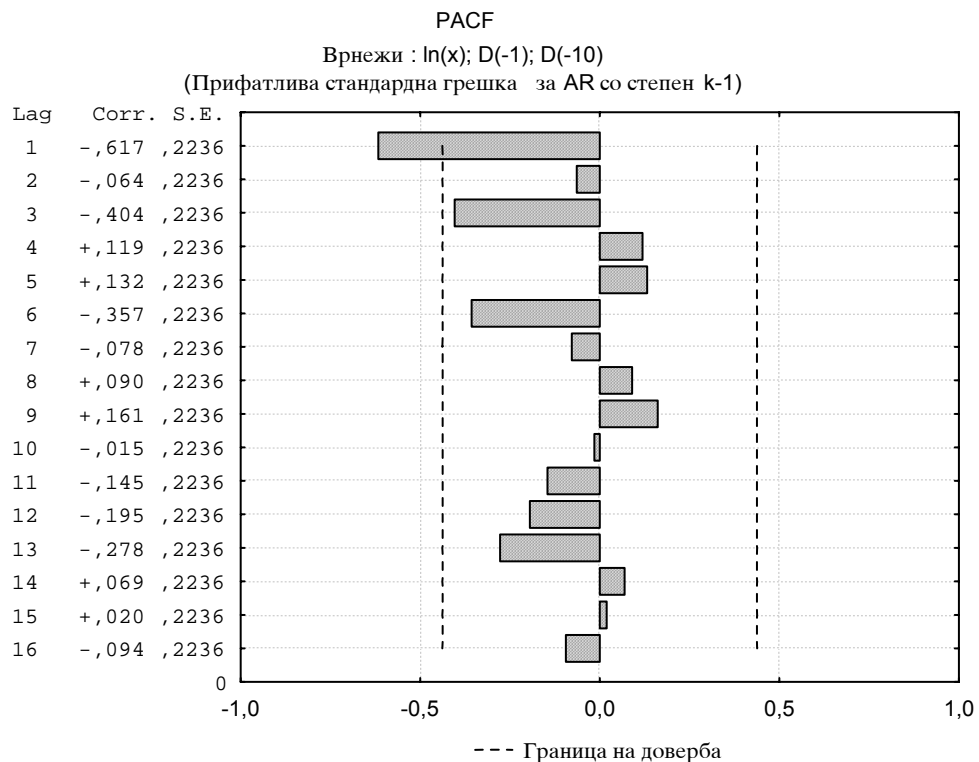
Сл. VII-11. Автокорелациона функција (ACF) на трансформираната временска низа на годишните врнежи $\ln(x)$ D(-1) D(10) со процена на стандардна грешка (S. E.) (1961-1996)

Во делот со сензонското диференцирање е претставена и делумната автокорелациона функција PACF која се користи за споредба на сите автокорелации без lag-ови. Таа ги анализира вредностите добиени од трансформираната $\ln(x)$ временска низа со годишни врнежи која е подложена на сезонско диференцирање $D(-1) D(-10)$ (Табела VII-7)

Табела VII-7. Делумна автокорелациона функција (PACF) на сумата годишни врнежи: $\ln(x)$; $D(-1) D(-10)$ со прифатлива стандардна грешка за AR со степен $k-1$

	Делумна автокорелациона функција (PACF)	Стандардна грешка (Std. Err)		Делумна автокорелациона функција (PACF)	Стандардна грешка (Std. Err)
1	-0,616544	0,223607	9	9	0,161342
2	-0,063947	0,223607	10	10	-0,014972
3	-0,403980	0,223607	11	11	-0,145231
4	0,119152	0,223607	12	12	-0,194774
5	0,132071	0,223607	13	13	-0,277563
6	-0,356560	0,223607	14	14	0,069414
7	-0,077721	0,223607	15	15	0,019617
8	0,090298	0,223607	16	16	-0,094241

Резултатите од делумната (парцијалната) автокорелационата анализа PACF на трансформираната серија $\ln(x) D(-1) D(-10)$ (Табела VII-6) се претставени на следната слика.



Сл. VII-12. Делумна автокорелациона функција (PACF) на годишните врнежи: $\ln(x)$; $D(-1) D(-10)$ со прифатлива стандардна грешка за AR со степен $k-1$

Врз база на досегашната анализа на податоците со ARIMA моделите се прави процена и прогноза.

Процената на параметрите е направена со максимално зголемување на веројатноста на податоците, давајќи им предност на вредностите на параметрите. Добиените податоци за процената на параметрите од ARIMA моделирањето се претставени во следната табела.

Табела VII-8. Собирање на податоците за годишните врнежи:

- трансформација: $\ln(x), D(1), D(3)$;
- ARIMA модел: $(0,1,1)(0,1,1)$;
- Сезонски чекор: 10 (декада);
- Остаток = 0,08334

	Параметар	Asympt.	Asympt.	p	Долна граница на доверба	Горна граница на доверба
q(1)	0,960643	0,059260	16,21068	0,000000	0,838595	1,082691
Qs(1)	0,505976	0,310341	1,63039	0,115556	-0,133184	1,145135

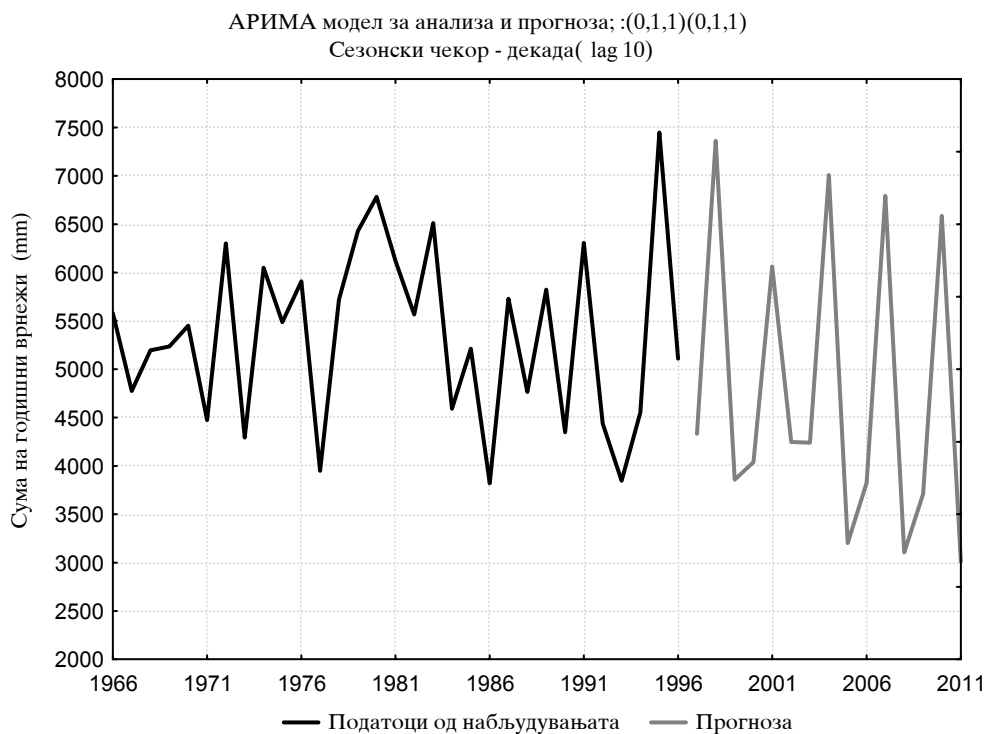
Како што кажавме во воведниот дел, со ARIMA моделирањето може да се направи прогноза (Forecast) на податоците која се базира на анализата на податоците од временската низа на годишните врнежи (Табела VII-9)

Табела VII-9. Прогноза на годишните врнежи (1996-2011 година)

- ARIMA модел: $(0,1,1)(0,1,1)$;
- Сезонски чекор: 10 (декада);
- Оригинална серија (1961-1996 година)

Година	Прогноза	Долна Граница	Горна Граница	Година	Прогноза	Долна Граница	Горна Граница
1997	4333,626	2646,607	7095,99	2005	3203,363	1310,128	7832,47
1998	7361,688	4494,172	12058,83	2006	3825,356	1338,089	10936,01
1999	3857,905	2354,280	6321,86	2007	6794,014	2343,542	19696,10
2000	4038,944	1982,210	8229,74	2008	3105,295	991,962	9720,99
2001	6061,967	2971,914	12364,91	2009	3708,246	864,396	15908,32
2002	4246,074	2079,464	8670,09	2010	6586,022	1400,526	30970,98
2003	4240,562	1740,929	10329,18	2011	3010,230	535,398	16924,77
2004	7008,575	2871,847	17104,01				

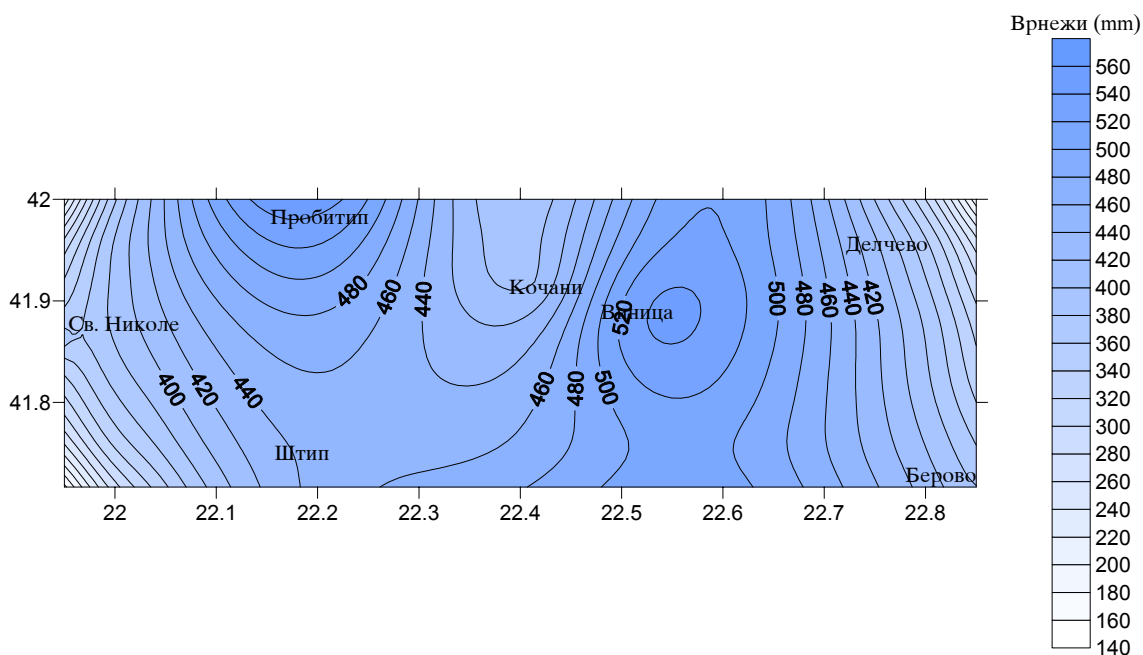
Како што гледаме од Табела VII-9 прогнозата е направена до 2011 година, а податоците се претставени на следната слика.



Сл. VII-13. Прогноза на годишните врнежи до 2011 година

Од дијаграмот (хистограмот) на врнежи се гледа дека прогностичкиот модел до 2011 година, добро ги прати годишните и декадните промени. Ова и се очекуваше бидејќи случајната компонента кај врнежите е голема. Од овде може да се заклучи дека избраниот ARIMA модел: $(0,1,1)(0,1,1)$ за моделирање на низата од годишни суми на врнежи во сливното подрачје на река Брегалница најдобро се прилагодува на анализираниот хидролошки процес.

Од прогнозираните вредности е добиен модел за сумата на годишните врнежи во сливното подрачје на река Брегалница, прикажан на Сл. VII-14.



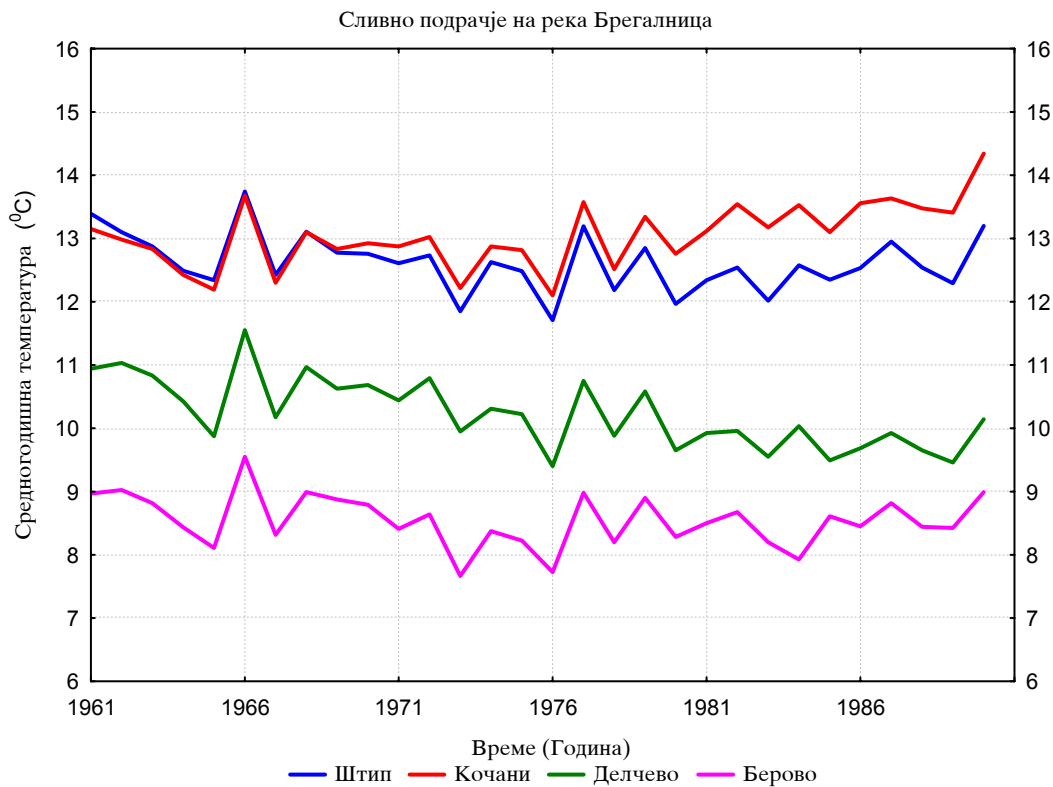
Сл. VII-14. Прогностички модел за сумата на годишните врнежи во сливното подрачје на река Брегалница за периодот од 2006-2011 година

VII.1.5.2.2. ARIMA моделирање на средногодишната температура

Во овој случај како влезна серија се зема низата со податоци за средногодишната температура. Анализата на временските серии со податоци за температурата, како хидролошки процес, од сливното подрачје на река Брегалница е за период од 41 години. За секоја година се располага со податоци за температурата во период од 365 дена кои се собираат, а средногодишната просчна вредност се проценува.

Постапката за ARIMA моделирањето на временската серија, со средногодишната температура., е следна:

Најпрвин се преставуваат податоците со средногодишната температура ($^{\circ}\text{C}$) во разни делови од сливното подрачје на река Брегалница (1961-1999 год.)



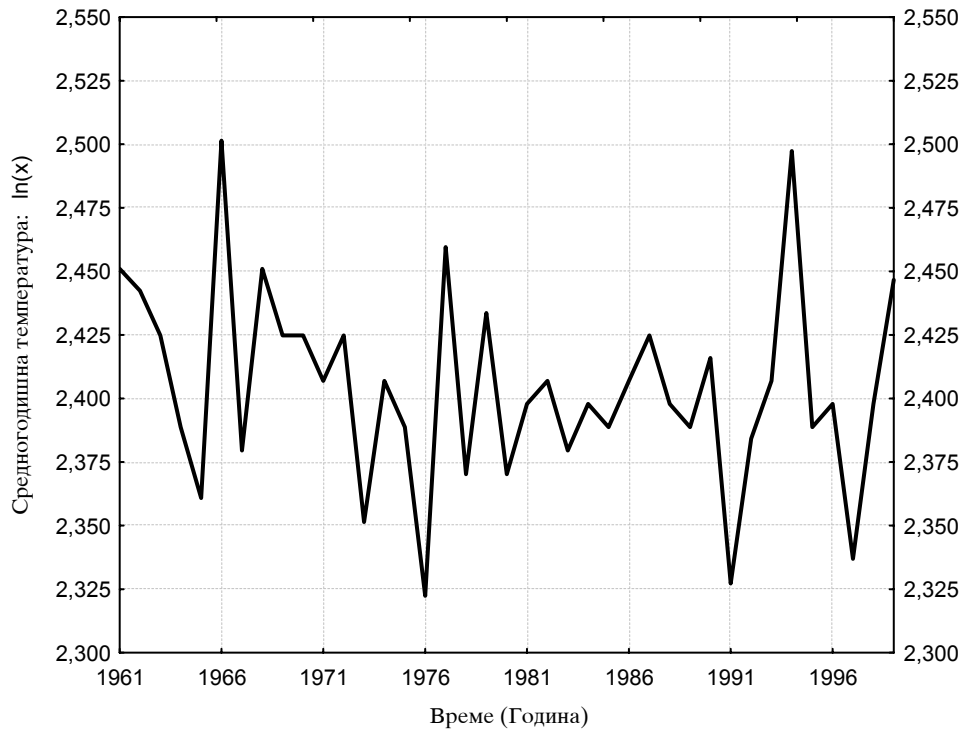
Сл. VII-15. Средногодишна температура во сливното подрачје на река Брегалница (1961-1999)

Слика VII-16. ни ја преставава средногодишна температура во сливното подрачје на река Брегалница за истиот период.



Сл. VII-16. Средногодишна температура во сливното подрачје на река Брегалница (1961-1999)

Следен чекор во ARIMA моделирањето е логаритамската трансформација на низата $x = \ln(x)$ (Сл. VII-17).



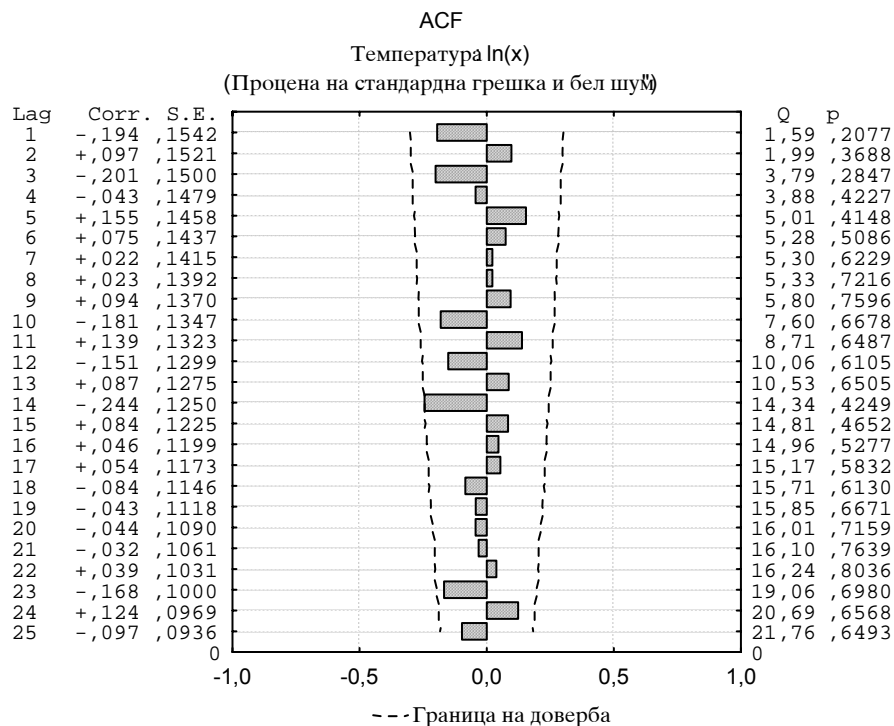
Сл. VII-17. Логаритамска трансформација на влезната низа $\ln(x)$ (1961-1999 год.)

Трансформираната низа $\ln(x)$ се споредува со оригиналната низа т.е. се спроведува т.н автокорелациската функција (ACF), која покрај другото служи за процена на стандардната грешка (Std. Err.).

Табела VII-10. Автокорелациона функција (ACF) на средногодишната температура $\ln(x)$ со процена на стандардна грешка (Std. Err.).

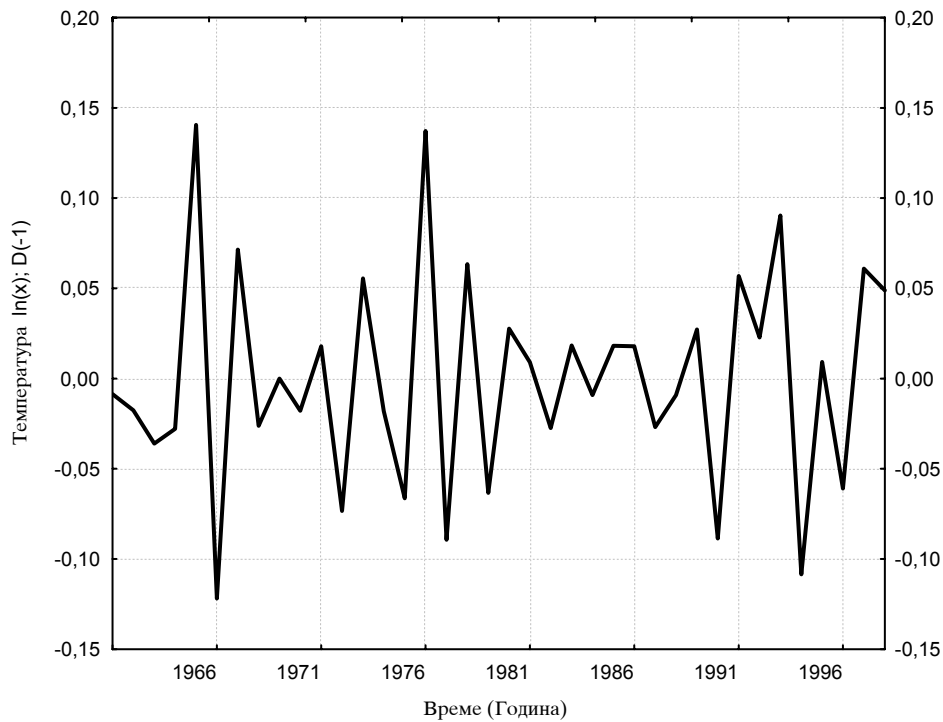
	ACF	Std. Err.	Q	p		ACF	Std. Err.	Q	p
1	-0,194247	0,154159	1,58772	0,207662	14	-0,244118	0,125039	14,33717	0,424944
2	0,097067	0,152117	1,99490	0,368830	15	0,084281	0,122513	14,81042	0,465188
3	-0,201190	0,150047	3,79278	0,284747	16	0,046191	0,119933	14,95875	0,527678
4	-0,043268	0,147948	3,87831	0,422742	17	0,054016	0,117297	15,17082	0,583182
5	0,155072	0,145819	5,00924	0,414773	18	-0,083845	0,114600	15,70610	0,613045
6	0,074633	0,143659	5,27914	0,508555	19	-0,042649	0,111838	15,85152	0,667142
7	0,022376	0,141466	5,30416	0,622902	20	-0,043527	0,109007	16,01097	0,715913
8	0,022935	0,139238	5,33129	0,721645	21	-0,031973	0,106099	16,10178	0,763864
9	0,093917	0,136973	5,80142	0,759606	22	0,038733	0,103110	16,24288	0,803602
10	-0,180613	0,134671	7,60008	0,667831	23	-0,167748	0,100031	19,05506	0,697990
11	0,139400	0,132329	8,70980	0,648655	24	0,123921	0,096855	20,69206	0,656793
12	-0,151118	0,129944	10,06223	0,610502	25	-0,096909	0,093571	21,76469	0,649269
13	0,086798	0,127515	10,52557	0,650489					

На следната слика е преставена автокорелациската функција ACF на временската низа $\ln(x)$ на средногодишната температура.



Сл. VII-18. Автокорелациона функција (ACF) на средногодишна температура $\ln(x)$ со процена на стандардна грешка (S. E.) (1961-1999)

Следен чекор на ARIMA моделирањето е трансформација на временската низа со диференцирање $x = x - x(\log)$, каде $\log = 1$.



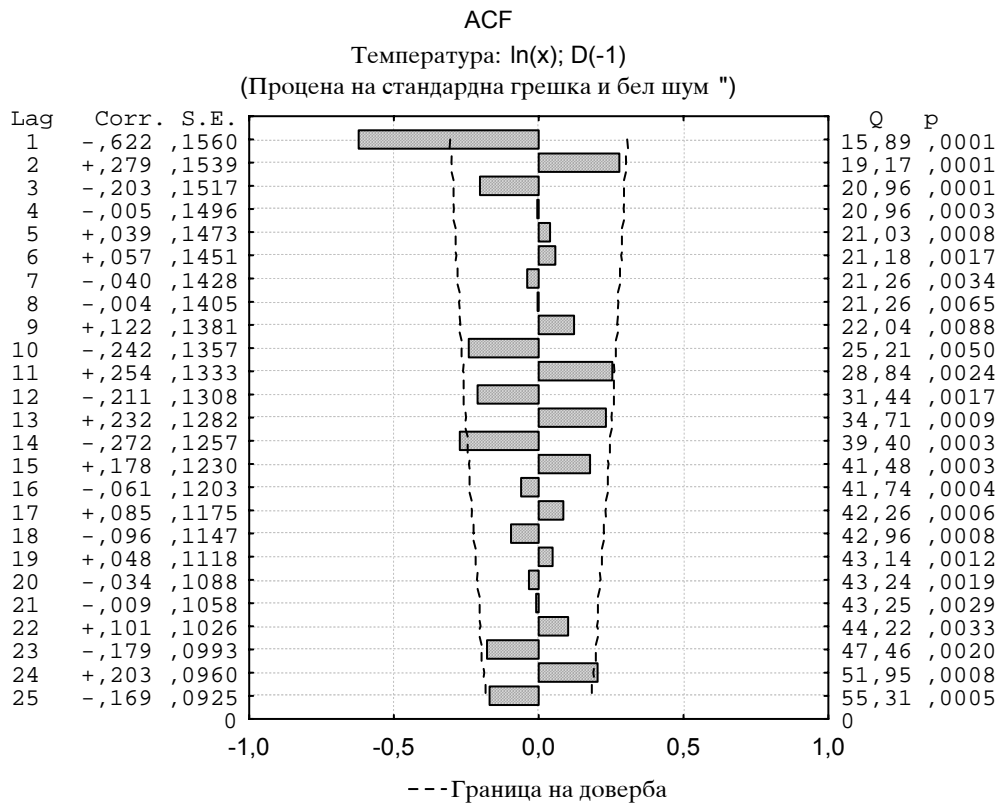
Сл. VII-19. Логаритамска трансформација $\ln(x)$ и диференцијација $D(-1)$ на влезната низа на средногодишната температура (1961-1999)

На оваа трансформирана низа $\ln(x) D(-1)$ се прави автокорелациска анализа ACF (Табела VII-11).

Табела VII-11. Автокорелациона функција (ACF) на средногодишната температура $\ln(x) D(-1)$ со процена на стандардна грешка (Std. Err.).

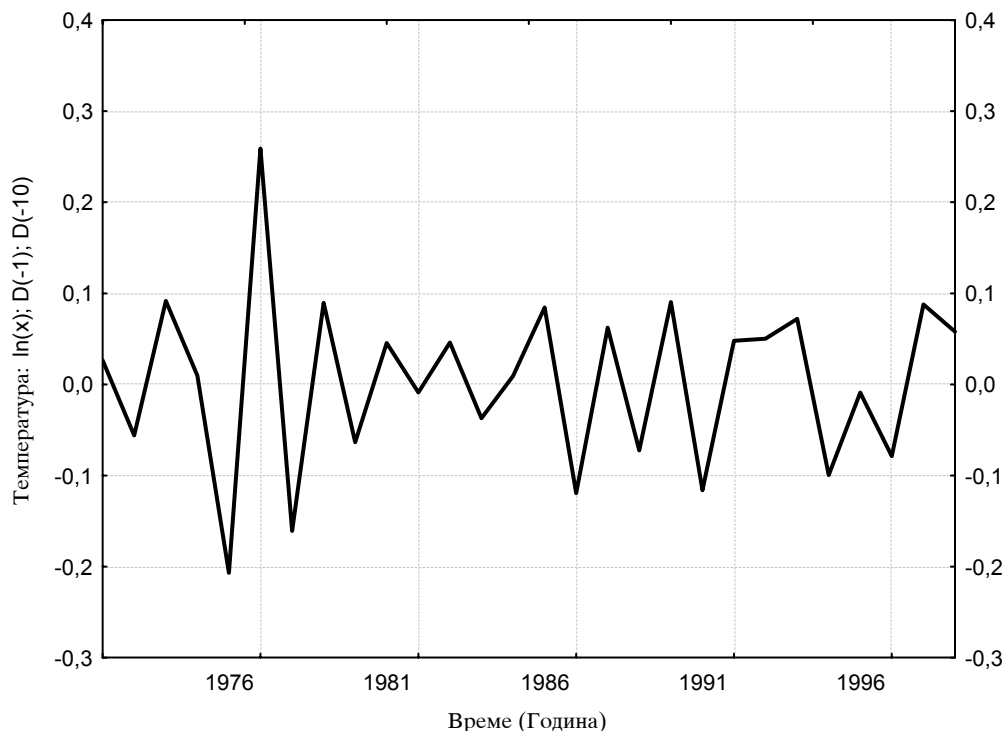
	ACF	Std. Err.	Q	p		ACF	Std. Err.	Q	p
1	-0,621959	0,156020	15,89151	0,000067	14	-0,272223	0,125656	39,39942	0,000318
2	0,278571	0,153897	19,16803	0,000069	15	0,177626	0,123010	41,48452	0,000271
3	-0,203002	0,151744	20,95771	0,000108	16	-0,060743	0,120307	41,73944	0,000434
4	-0,005108	0,149561	20,95888	0,000324	17	0,084658	0,117541	42,25820	0,000619
5	0,038969	0,147345	21,02883	0,000802	18	-0,095869	0,114708	42,95670	0,000816
6	0,057052	0,145095	21,18343	0,001704	19	0,048129	0,111803	43,14201	0,001246
7	-0,040037	0,142810	21,26203	0,003408	20	-0,034211	0,108821	43,24085	0,001910
8	-0,004018	0,140488	21,26285	0,006493	21	-0,009077	0,105755	43,24821	0,002936
9	0,121535	0,138127	22,03703	0,008779	22	0,101254	0,102598	44,22218	0,003343
10	-0,241689	0,135724	25,20806	0,004977	23	-0,178631	0,099340	47,45564	0,001974
11	0,254082	0,133278	28,84240	0,002409	24	0,203416	0,095971	51,94814	0,000800
12	-0,210923	0,130787	31,44328	0,001692	25	-0,169488	0,092480	55,30689	0,000452
13	0,231655	0,128247	34,70607	0,000944					

Резултатите добиени од автокорелациската анализа на трансформираната серија $\ln(x) D(-1)$ (Табела VII-11) се претставени на следната слика.



Сл. VII-20. Автокорелациона функција (ACF) на средногодишна температура $\ln(x)$ $D(-1)$ со процена на стандардна грешка (Std. Err.) (1961-1999).

Следен чекор на ARIMA моделирањето е трансформација на временската низа со диференцирање $x=x-x$ (\log), каде $\log = 10$. Овој чекор претставува сезонско диференцирање за време од 10 години (декада).



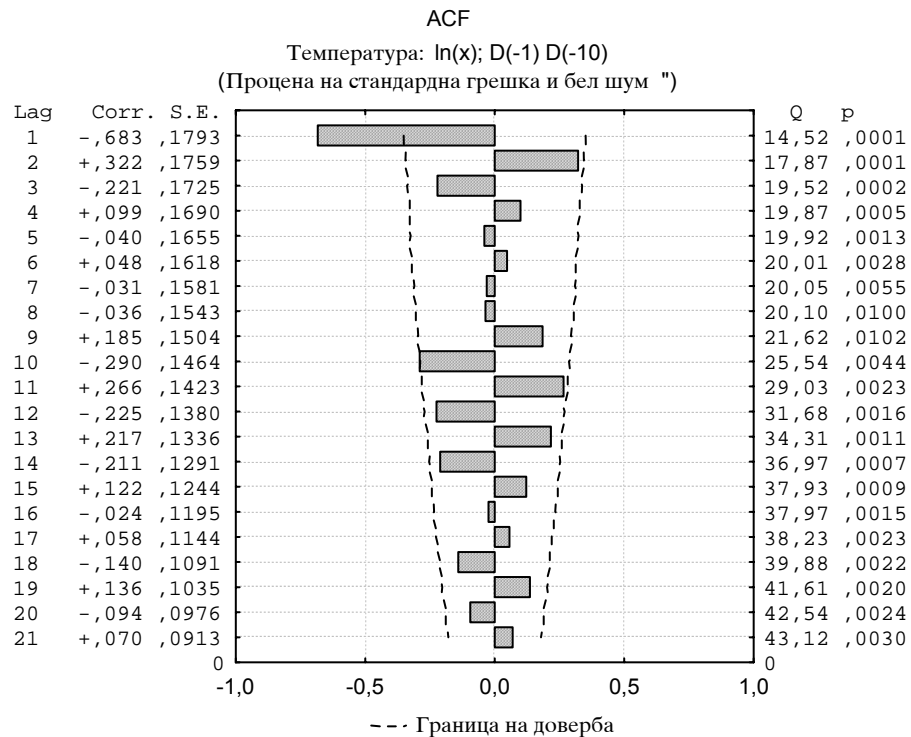
Сл. VII-21. Логаритамска трансформација $\ln(x)$ и сезонска диференцијација $D(-1)$ $D(-10)$ на влезната низа на средногодишната температура (1961-1999 год.)

На оваа трансформирана низа $\ln(x)$ D(-1) D(-10) се прави автокорелациска анализа ACF (Табела VII-12).

Табела VII-12. Автокорелациона функција (ACF) $\ln(x)$ D(-1) D(-10) со процена на стандардна грешка (Std. Err.).

	ACF	Std. Err.	Q	p		ACF	Std. Err.	Q	p
1	-0,683153	0,179284	14,51949	0,000139	12	-0,22482	0,138013	31,68109	0,001555
2	0,322254	0,175933	17,87458	0,000132	13	0,216834	0,133631	34,31405	0,001083
3	-0,221299	0,172516	19,52008	0,000214	14	-0,21056	0,129099	36,97428	0,000748
4	0,099459	0,169031	19,86631	0,000532	15	0,121710	0,124403	37,93145	0,000928
5	-0,039692	0,165472	19,92384	0,001294	16	-0,02384	0,119523	37,97124	0,001535
6	0,047591	0,161835	20,01032	0,002763	17	0,057665	0,114434	38,22518	0,002299
7	-0,030826	0,158114	20,04833	0,005476	18	-0,14037	0,109109	39,88034	0,002177
8	-0,035502	0,154303	20,10127	0,009976	19	0,136253	0,103510	41,61307	0,002008
9	0,185242	0,150396	21,61833	0,010188	20	-0,09381	0,097590	42,53721	0,002364
10	-0,289718	0,146385	25,53536	0,004429	21	0,069716	0,091287	43,12046	0,003049
11	0,265841	0,142261	29,02736	0,002255					

Резултатите добиени од автокорелациската анализа на трансформираната серија $\ln(x)$ D(-1) D(-10) (Табела VII-12) се претставени на следната слика.



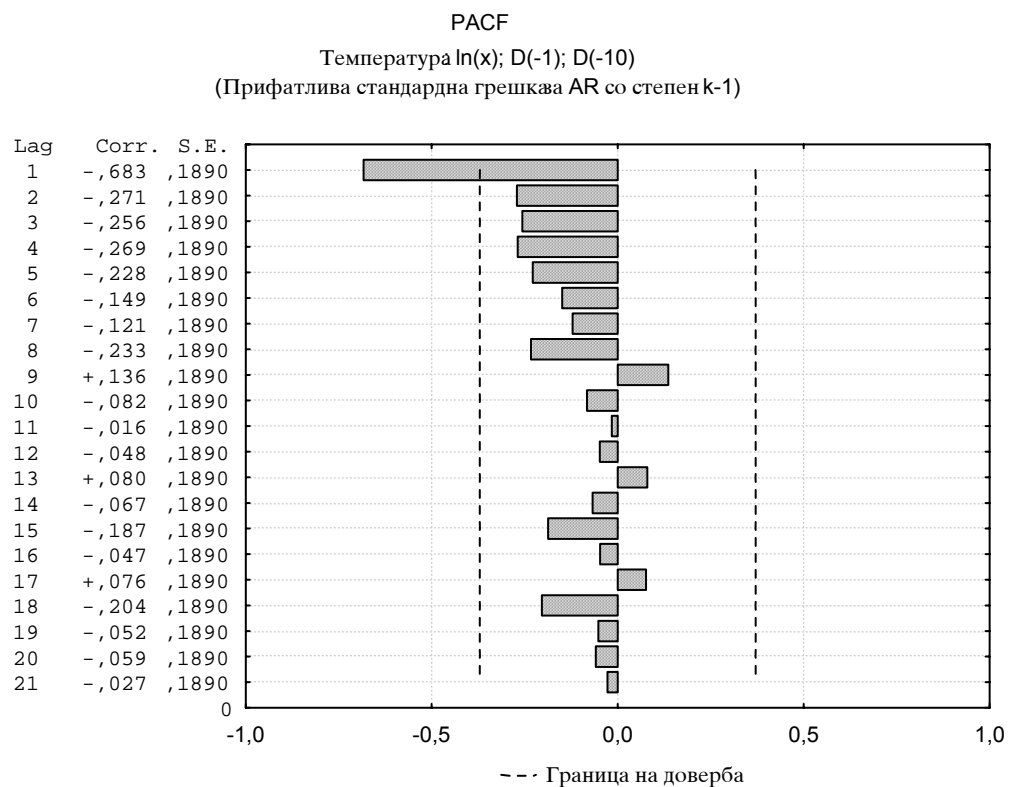
Сл. VII-22. Автокорелациона функција (ACF) на средногодишна температура $\ln(x)$ D(-1) D(-10) со процена на стандардна грешка (S. E.) (1961-1999)

Во делот со сензонското диференцирање е преставена и делумната автокорелациска функција PACF која се користи за споредба на сите автокорелации без lag-ови. Таа ги анализира вредностите добиени од трансформираната $\ln(x)$ временска низа на средногодишна температура која е подложена на сезонско диференцирање D(-1) D(-10) (Табела VII-13)

Табела VII-13. Делумна автокорелациона функција (PACF) на средногодишната температура: $\ln(x)$; D(-1) D (-10) со прифатлива стандардна грешка за AR со степен k-1

	PACF	Std.Err.		PACF	Std.Err.
1	-0,683153	0,188982	12	-0,047851	0,188982
2	-0,270848	0,188982	13	0,080005	0,188982
3	-0,256089	0,188982	14	-0,067345	0,188982
4	-0,268611	0,188982	15	-0,186927	0,188982
5	-0,228453	0,188982	16	-0,047148	0,188982
6	-0,148920	0,188982	17	0,076442	0,188982
7	-0,120996	0,188982	18	-0,203881	0,188982
8	-0,233338	0,188982	19	-0,051916	0,188982
9	0,135974	0,188982	20	-0,058920	0,188982
10	-0,082232	0,188982	21	-0,027405	0,188982
11	-0,015754	0,188982			

Резултатите од делумната (парцијалната) автокорелационата анализа PACF на трансформираната серија $\ln(x)$ D(-1) D(-10) (Табела VII-13) се претставени на следната слика.



Сл. VII-23. Делумна автокорелациона функција (PACF) на средногодишната температура $\ln(x)$; D(-1) D (-10) со прифатлива стандардна грешка за AR со степен k-1

Врз база на досегашната анализа на податоците со ARIMA моделите се прави процена и прогноза.

Процената на параметрите е направена со максимално зголемување на веројатноста на податоците, давајќи им предност на вредностите на параметрите. Добиените податоци за процената на параметрите од ARIMA моделирањето се претставени во следната табела.

Табела VII-14. Собирање на податоците за средногодишната температура:

- трансформација: $\ln(x), D(1), D(4)$;
- ARIMA модел: $(0,1,1)(0,1,1)$;
- Сезонски чекор: 10 (декада);
- Остаток = 0,00473

	Параметар	Asympt.	Asympt.	p	Долна Граница	Горна Граница
q(1)	0,819098	0,095011	8,621127	0,000000	0,625568	1,012628
Qs(1)	-0,021993	0,251370	-0,087491	0,930826	-0,534016	0,490031

Како што кажавме во воведниот дел, ARIMA моделирањето може да се искористи за прогноза (Forecast). Прогнозата на податоците која се базира на анализата на податоците од временската низа на средногодишната температура се презентира со граница на доверба (Табела VII-15)

Табела VII-15. Прогноза на средногодишната температура (1999-2013 год.)

- ARIMA модел: $(0,1,1)(0,1,1)$;
- Сезонски чекор: 10 (декада);
- Оригинална серија (1961-1999 година)

Година	Прогноза	Долна Граница	Горна Граница	Година	Прогноза	Долна Граница	Горна Граница
1999	10,96389	9,75838	12,31833	2007	10,88379	8,44588	14,02541
2000	10,29245	9,14346	11,58583	2008	10,24838	7,89132	13,30946
2001	10,95849	9,71704	12,35854	2009	10,88534	8,31375	14,25237
2002	11,51499	10,19181	13,00996	2010	11,41687	8,65524	15,05965
2003	10,94544	9,10678	13,15534	2011	10,84536	7,79408	15,09118
2004	10,27081	8,50483	12,40348	2012	10,21219	7,26096	14,36295
2005	10,92391	9,00368	13,25367	2013	10,84690	7,62789	15,42436
2006	11,45732	9,40055	13,96411				

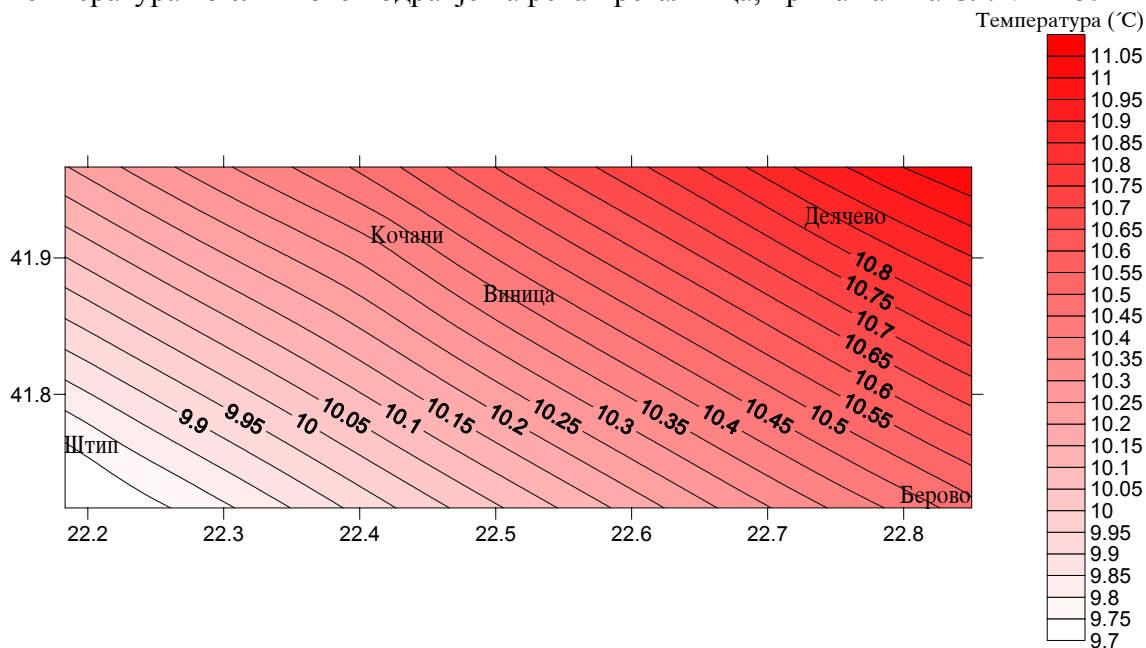
Како што гледаме од Табела VII-15 прогнозата е направена до 2011 година. Тие податоци се претставени на дијаграмот од следната слика.



Сл. VII-24. Прогноза на средногодишната температура до 2013 година

Од дијаграмот (Сл. VII-24) за средногодишната температура се гледа дека прогностичкиот модел до 2013 година, добро ги прати годишните и декадните промени, но не толку добро по апсолутната вредност. Ова и се очекуваше бидејќи избраниот ARIMA модел: (0,1,1) (0,1,1) за моделирање на низата на средногодишната температура во сливното подрачје на река Брегалница добро се прилагодува на анализираниот хидролошки процес.

Од прогнозираните вредности добиен е модел за средногодишната температура во сливното подрачје на река Брегалница, прикажан на Сл. VII-25.



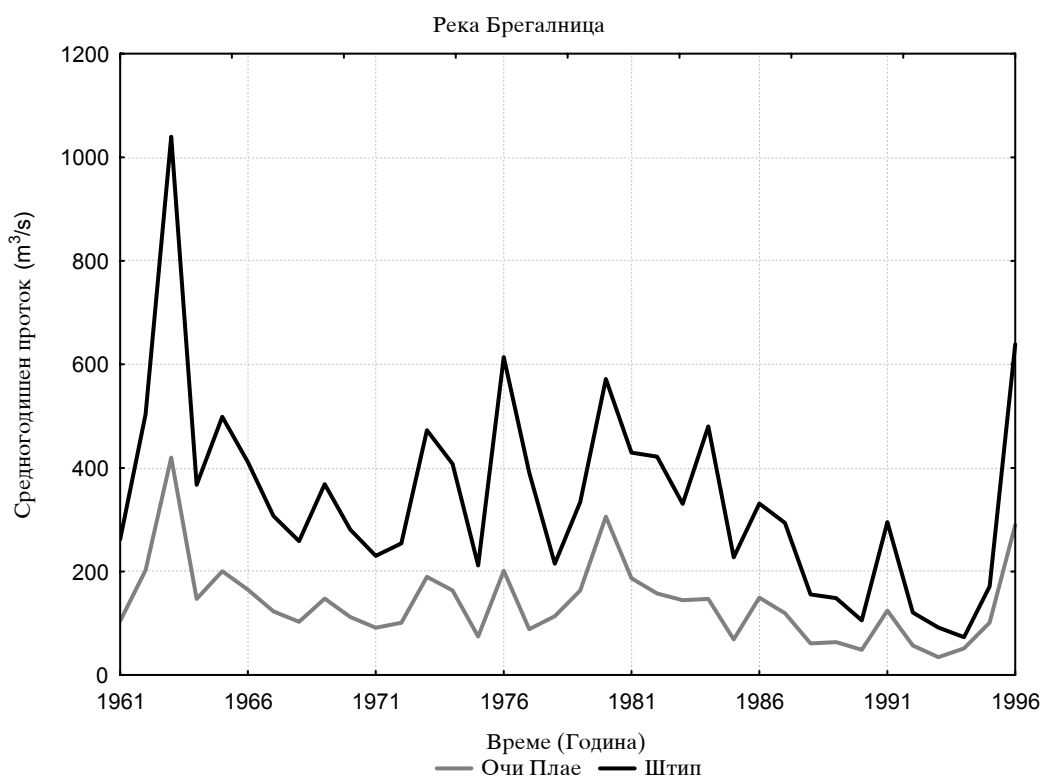
Сл. VII-25. Прогностички модел за средногодишната температура во сливното подрачје на река Брегалница за периодот од 2006-2013 година

VII.1.5.2.3. ARIMA моделирање на средногодишниот проток на вода во река Брегалница

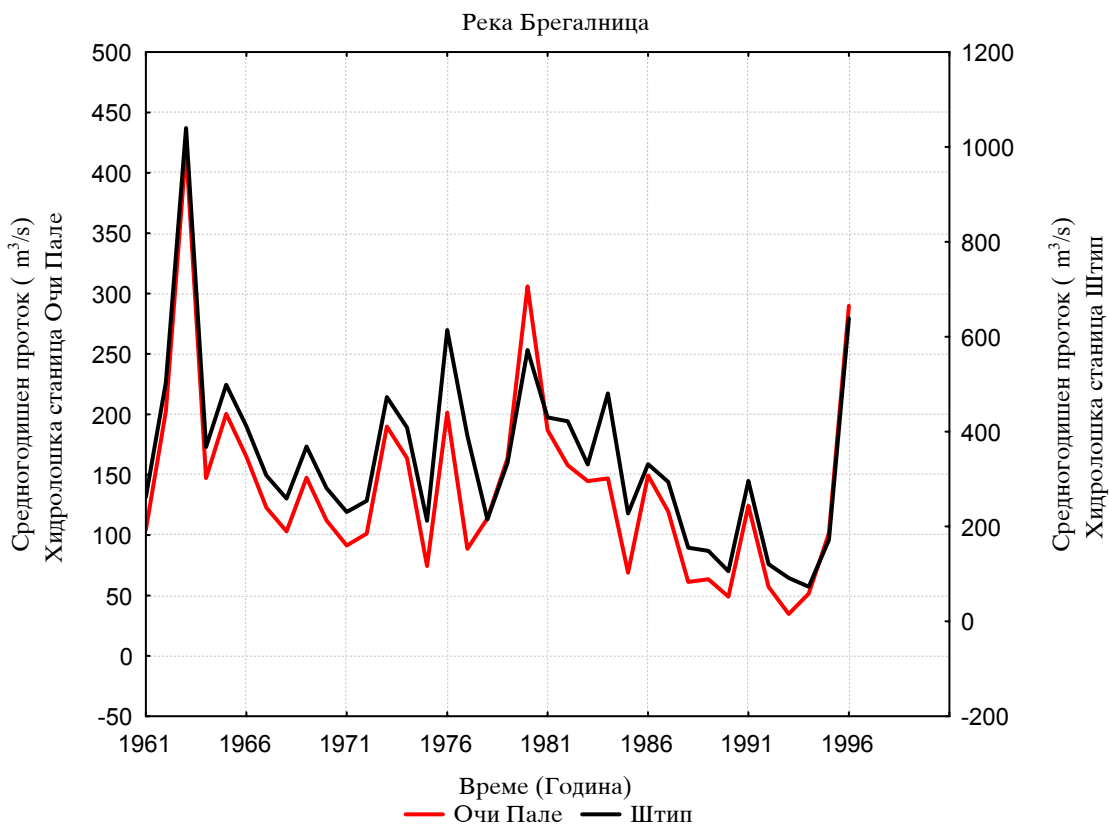
Во овој случај како влезна серија се зема низата со податоци за средногодишниот проток. Анализата на временските серии со податоци за средногодишниот проток, како хидролошки процес, на река Брегалница е за период од 36 години. За секоја година се располага со податоци за протокот на вода во период од 365 дена кои се опсервираат, а средногодишниот просек е цел на процена.

Постапката за ARIMA моделирањето на временската серија, со средногодишниот проток, е следна:

Најпрвин се преставуваат податоците со средногодишниот проток на вода во река Брегалница набљудуван во хидролошките станици Штип и Очи Пале (1961-1996 год.)

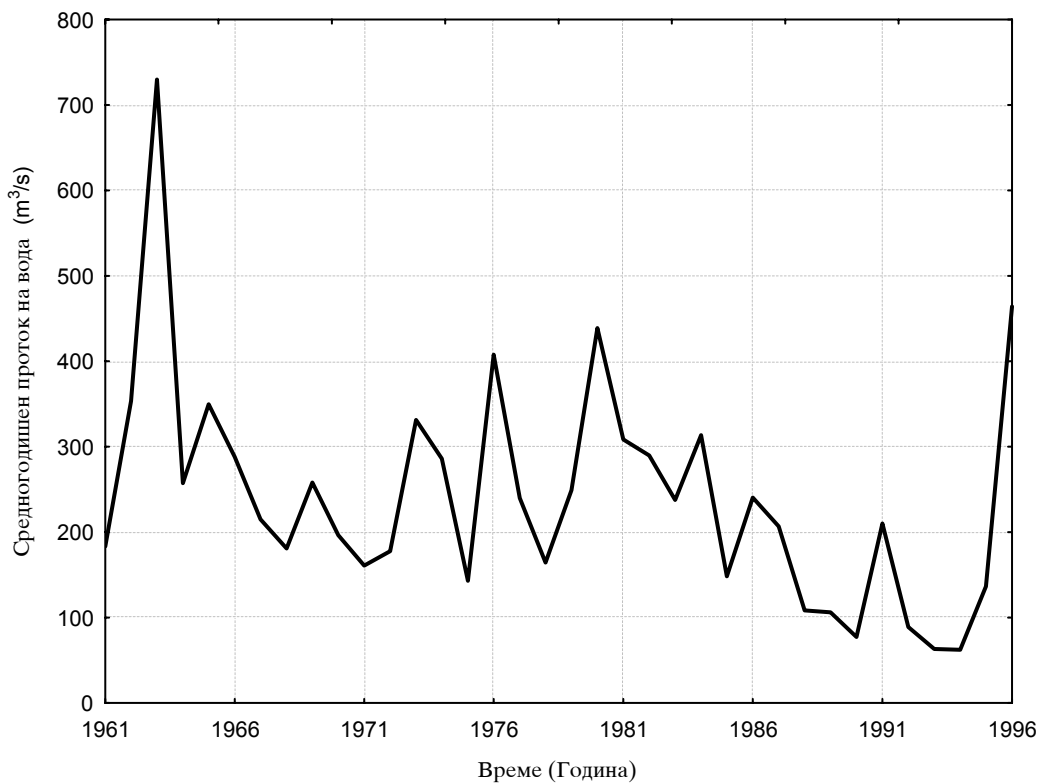


Сл. VII-26. Средногодишен проток на вода во река Брегалница (1961-1996 година)



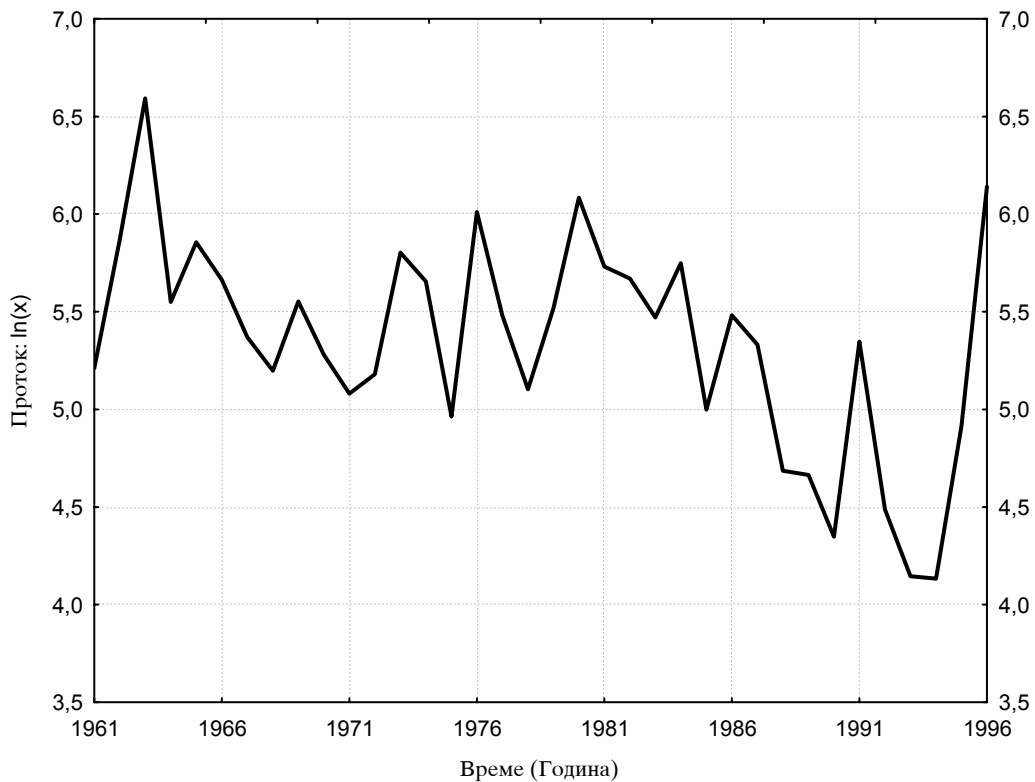
Сл. VII-27. Средногодишен проток на вода во река Брегалница (1961-1996 година)

Слика VII-28. ни ја преставува средногодишниот проток на вода во река Брегалница за периодот од 1961 до 1996 година.



Сл. VII-28. Средногодишен проток на вода во река Брегалница (1961-1996 година)

Следен чекор во ARIMA моделирањето е логаритамската трансформација на низата $x = \ln(x)$ (Сл. VII-29).



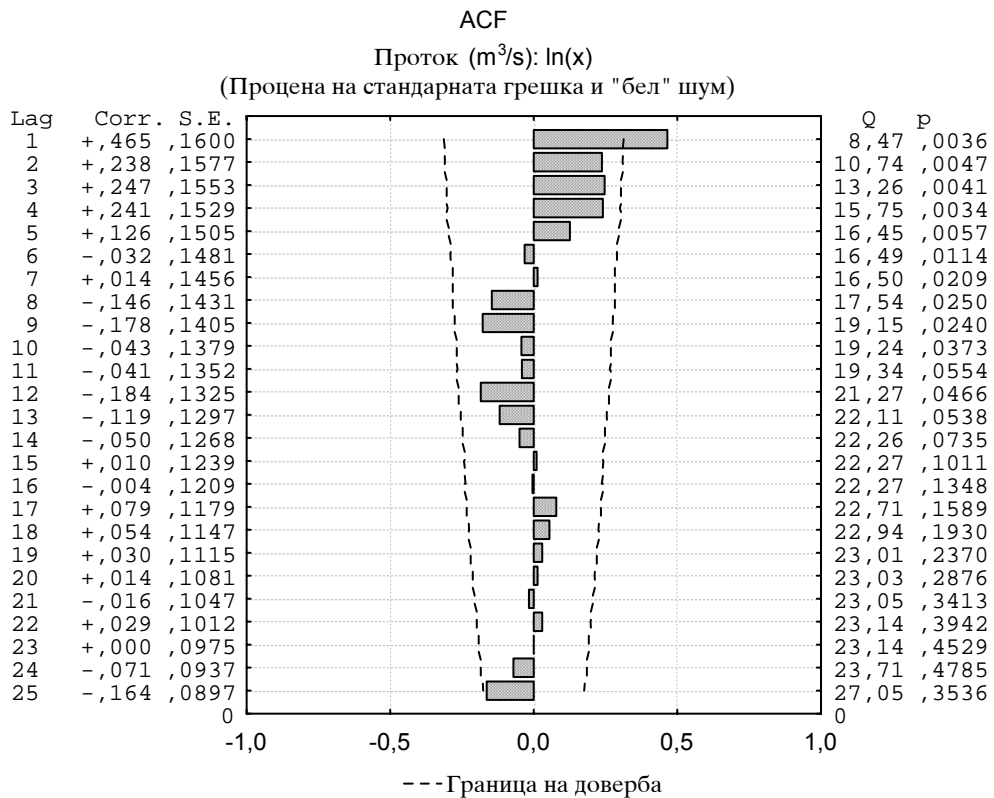
Сл. VII-29. Логаритамска трансформација на влезната низа $\ln(x)$ (1961-1996 год.)

Трансформираната низа $\ln(x)$ се споредува со оригиналната низа т.е. се спроведува т.н автокорелационата функција (ACF), која покрај другото служи за процена на стандардната грешка (Std. Err.).

Табела VII-16. Автокорелациона функција (ACF) на средногодишниот проток $\ln(x)$ со процена на стандардна грешка (Std. Err.)

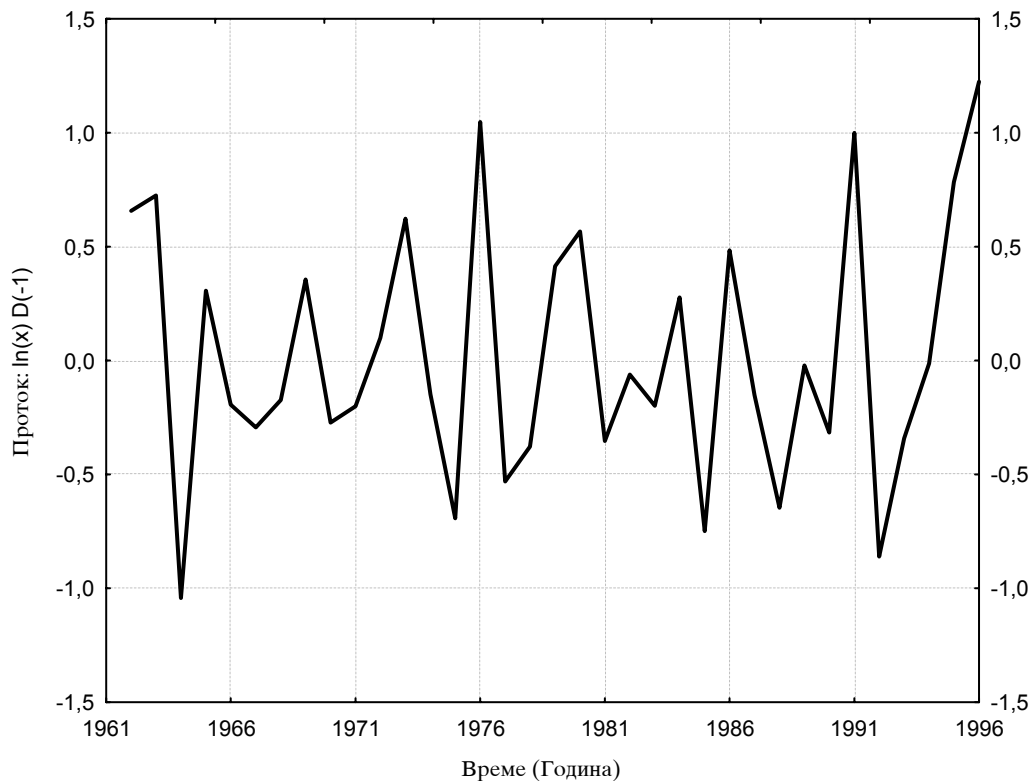
	ACF	Std. Err.	Q	p		ACF	Std. Err.	Q	p
1	0,465430	0,159952	8,46696	0,003619	14	-0,049523	0,126814	22,26135	0,073470
2	0,237622	0,157651	10,73881	0,004661	15	0,009793	0,123899	22,26760	0,101057
3	0,246696	0,155315	13,26169	0,004108	16	-0,004386	0,120913	22,26892	0,134807
4	0,241038	0,152944	15,74543	0,003386	17	0,078654	0,117851	22,71434	0,158877
5	0,125908	0,150535	16,44501	0,005690	18	0,054465	0,114708	22,93979	0,193011
6	-0,031722	0,148087	16,49089	0,011363	19	0,029721	0,111476	23,01087	0,236958
7	0,013627	0,145598	16,49965	0,020946	20	0,013669	0,108148	23,02685	0,287567
8	-0,146158	0,143066	17,54335	0,024951	21	-0,016264	0,104713	23,05097	0,341344
9	-0,177877	0,140488	19,14646	0,024005	22	0,029416	0,101163	23,13552	0,394175
10	-0,043013	0,137862	19,24380	0,037313	23	0,000164	0,097483	23,13553	0,452925
11	-0,041062	0,135185	19,33606	0,055373	24	-0,070808	0,093659	23,70710	0,478481
12	-0,184203	0,132453	21,27011	0,046613	25	-0,163871	0,089671	27,04673	0,353639
13	-0,118750	0,129664	22,10885	0,053756					

На следната слика е преставена автокорелационата функција ACF на временската низа $\ln(x)$ на средногодишниот проток на вода.



Сл. VII-30. Автокорелациона функција (ACF) на средногодишниот проток ln(x) со процена на стандардна грешка (S. E.) (1961-1996 година)

Следен чекор на ARIMA моделирањето е трансформација на временската низа со диференцирање $x = x - x$ (log), каде $\log = 1$.



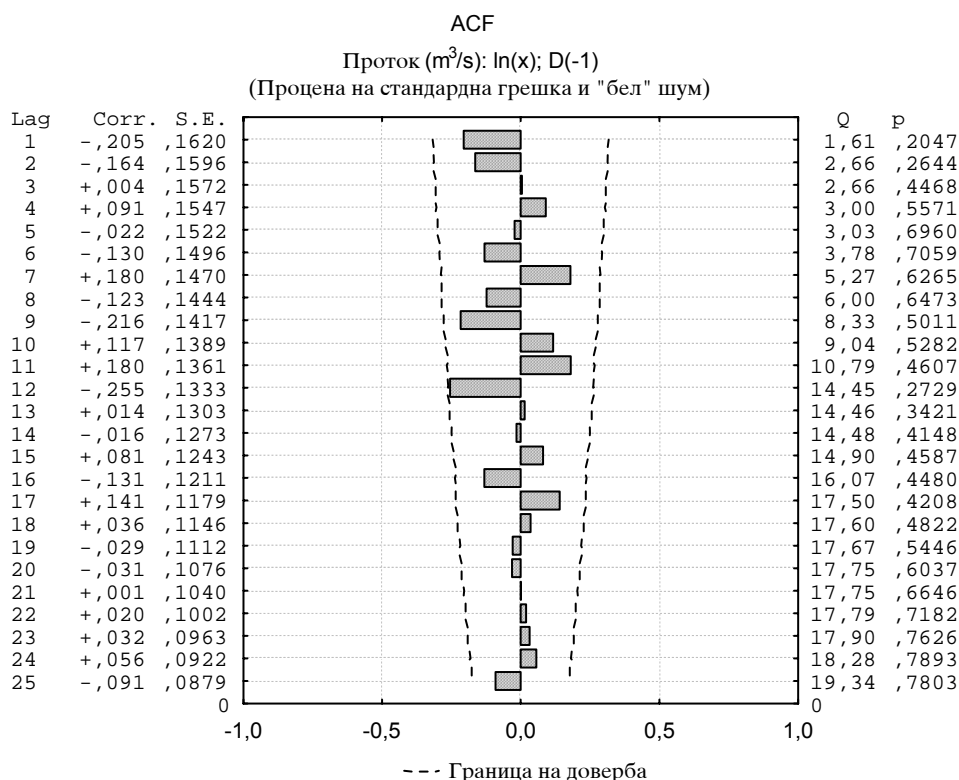
Сл. VII-31. Логаритамска трансформација ln(x) и диференцијација D(-1) на средногодишниот проток (1961-1996)

На оваа трансформирана низа $\ln(x)$ D(-1) се прави автокорелациска анализа ACF (Табела VII-17).

Табела VII-17. Автокорелациона функција (ACF) на средногодишниот проток $\ln(x)$ D(-1) со процена на стандардна грешка (Std. Err.)

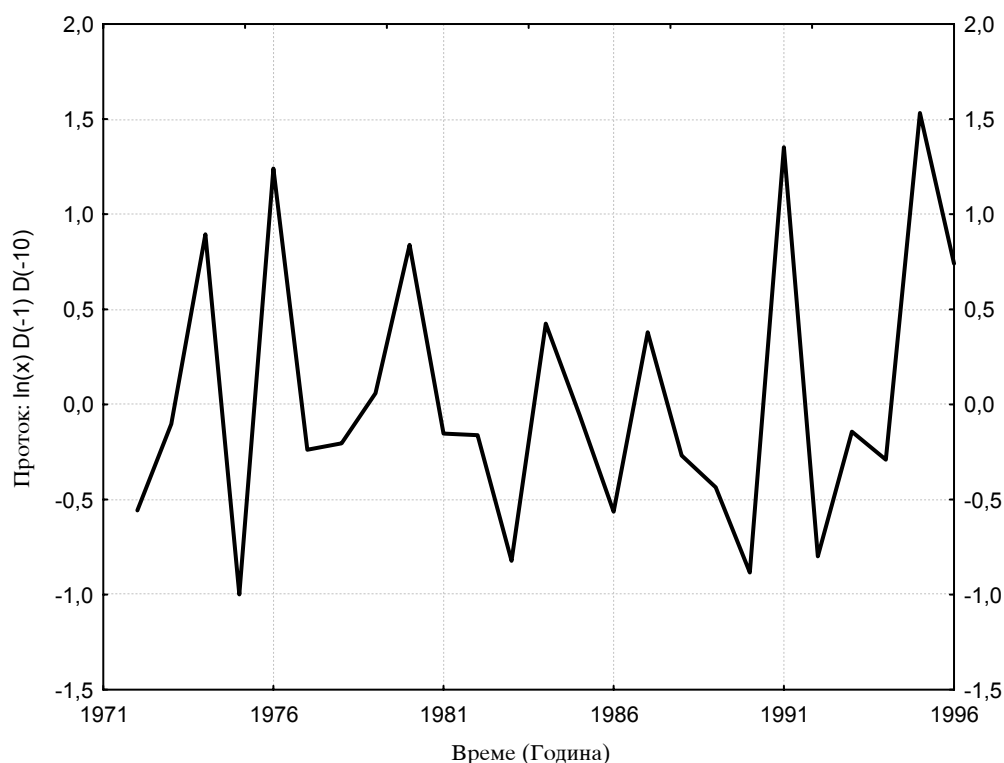
	ACF	Std. Err.	Q	p		ACF	Std. Err.	Q	p
1	-0,205487	0,162033	1,60827	0,204744	14	-0,01551	0,127343	14,47796	0,414783
2	-0,163753	0,159633	2,66056	0,264418	15	0,080767	0,124274	14,90034	0,458651
3	0,004420	0,157195	2,66135	0,446848	16	-0,13109	0,121127	16,07168	0,448006
4	0,090604	0,154720	3,00427	0,557118	17	0,141137	0,117897	17,50478	0,420751
5	-0,022259	0,152204	3,02566	0,696030	18	0,035532	0,114575	17,60095	0,482246
6	-0,130309	0,149646	3,78393	0,705887	19	-0,02906	0,111154	17,66935	0,544629
7	0,179513	0,147043	5,27433	0,626527	20	-0,03102	0,107624	17,75243	0,603709
8	-0,122916	0,144393	5,99897	0,647348	21	0,000739	0,103975	17,75248	0,664588
9	-0,216418	0,141694	8,33179	0,501103	22	0,019824	0,100193	17,79163	0,718233
10	0,116995	0,138943	9,04082	0,528248	23	0,032390	0,096262	17,90484	0,762584
11	0,180237	0,136135	10,79368	0,460733	24	0,056312	0,092164	18,27816	0,789257
12	-0,254870	0,133269	14,45114	0,272891	25	-0,09066	0,087875	19,34272	0,780343
13	0,014268	0,130340	14,46312	0,342108					

Резултатите добиени од автокорелациската анализа на трансформираната серија $\ln(x)$ D(-1) (Табела VII-17) се претставени на следната слика.



Сл. VII-32. Автокорелациона функција (ACF) на средногодишен проток $\ln(x)$ D(-1) со процена на стандардна грешка (S. E.) (1961-1996 година)

Следен чекор на ARIMA моделирањето е трансформација на временската низа со диференцирање $x = x - x$ (log), каде $\log = 10$. Овој чекор претставува сезонско диференцирање за време од 10 години (декада).



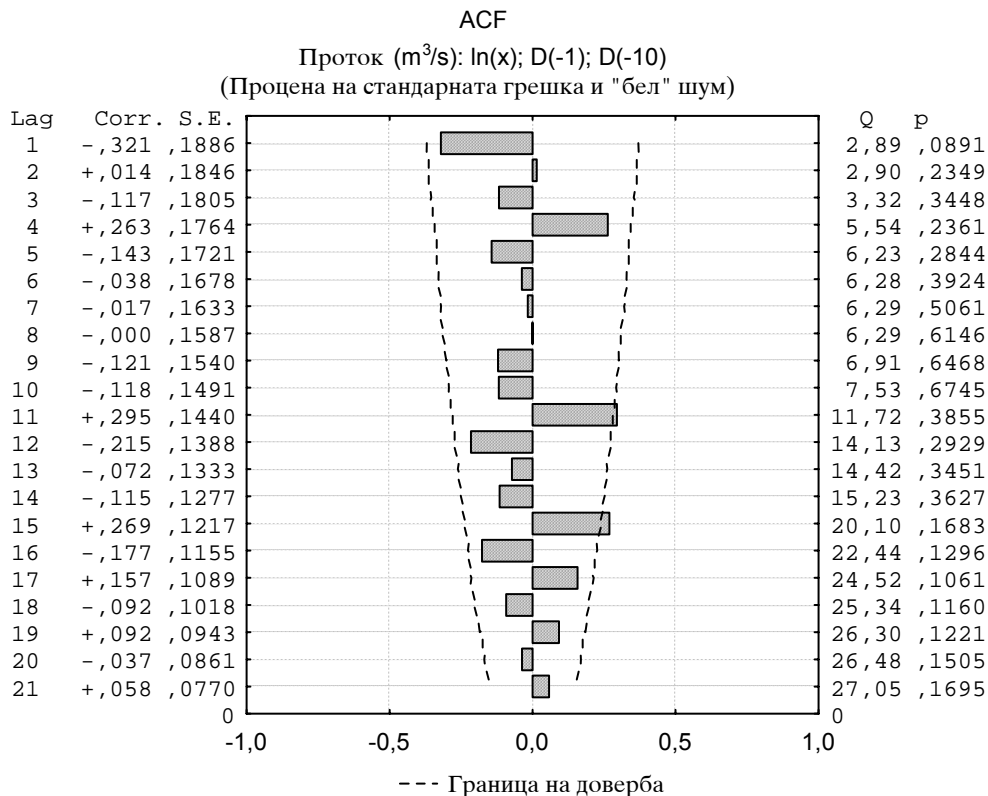
Сл. VII-33. Логаритамска трансформација $\ln(x)$ и диференцијација $D(-1) D(-10)$ на средногодишниот проток (1961-1996 год.)

На оваа трансформирана низа $\ln(x) D(-1) D(-10)$ се прави автокорелациона анализа ACF (Табела VII-18)

Табела VII-18. Автокорелациона функција (ACF) на средногодишниот проток $\ln(x) D(-1) D(-10)$ со процена на стандардна грешка (Std. Err.)

	ACF	Std. Err.	Q	p		ACF	Std. Err.	Q	p
1	-0,320608	0,188562	2,89096	0,089088	12	-0,21544	0,138778	14,12506	0,292850
2	0,014351	0,184592	2,89700	0,234937	13	-0,07214	0,133333	14,41788	0,345139
3	-0,117456	0,180534	3,32029	0,344845	14	-0,11505	0,127657	15,23023	0,362651
4	0,262878	0,176383	5,54151	0,236131	15	0,268568	0,121716	20,09892	0,168255
5	-0,142968	0,172133	6,23136	0,284382	16	-0,17673	0,115470	22,44164	0,129583
6	-0,037508	0,167774	6,28134	0,392447	17	0,156921	0,108866	24,51932	0,106087
7	-0,016860	0,163299	6,29200	0,506112	18	-0,09219	0,101835	25,33896	0,115956
8	-0,000427	0,158698	6,29201	0,614562	19	0,092422	0,094281	26,29993	0,122147
9	-0,120709	0,153960	6,90671	0,646831	20	-0,03686	0,086066	26,48342	0,150541
10	-0,117867	0,149071	7,53187	0,674453	21	0,057707	0,076980	27,04537	0,169468
11	0,294554	0,144016	11,71505	0,385477	12	-0,21544	0,138778	14,12506	0,292850
12	-0,254870	0,133269	14,45114	0,272891	13	-0,07214	0,133333	14,41788	0,345139
13	0,014268	0,130340	14,46312	0,342108					

Резултатите добиени од автокорелационата анализа на трансформираната серија $\ln(x) D(-1) D(-10)$ (Табела VII-18) се претставени на следната слика.



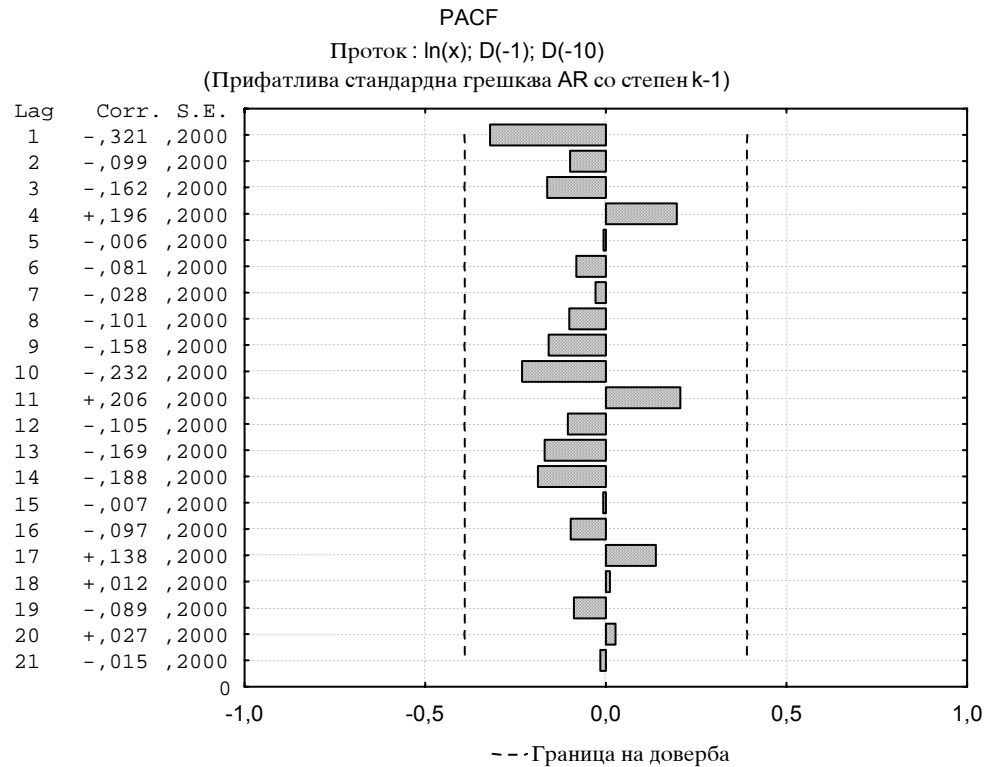
Сл. VII-34. Автокорелациона функција (ACF)
на средногодишниот проток ln(x) D(-1) D(-10)
со процена на стандардна грешка (S. E.) (1961-1996 година)

Во делот со сензонското диференцирање е преставена и делумната автокорелациона функција PACF која се користи за споредба на сите автокорелации без lag-ови. Таа ги анализира вредностите добиени од трансформираната ln(x) временска низа со средногодишниот проток која е подложена на сезонско диференцирање D(-1) D(-10) (Табела VII-19).

Табела VII-19. Делумна автокорелациона функција (PACF) на средногодишниот проток: ln(x); D(-1) D (-10) со прифатлива стандардна грешка (Std. Err.) за AR со степен k-1

	PACF	Std.Err.		PACF	Std.Err.
1	-0,320608	0,200000	12	-0,105148	0,200000
2	-0,098571	0,200000	13	-0,169186	0,200000
3	-0,162077	0,200000	14	-0,188147	0,200000
4	0,196384	0,200000	15	-0,007208	0,200000
5	-0,005998	0,200000	16	-0,096727	0,200000
6	-0,081452	0,200000	17	0,138476	0,200000
7	-0,028348	0,200000	18	0,011795	0,200000
8	-0,100855	0,200000	19	-0,088576	0,200000
9	-0,158292	0,200000	20	0,026713	0,200000
10	-0,232116	0,200000	21	-0,014918	0,200000
11	0,206200	0,200000			

Резултатите од делумната (парцијалната) автокорелационската анализа PACF на трансформираната серија $\ln(x)$ D(-1) D(-10) (Табела VII-19) се претставени на следната слика.



Сл. VII-35. Делумна автокорелациона функција (PACF) на средногодишниот проток $\ln(x)$; D(-1) D (-10) со прифатлива стандардна грешка за AR со степен k-1

Врз база на досегашната анализа на податоците со ARIMA моделите се прават и последните два чекора: процена и прогноза.

Процената на параметрите е направена со максимално зголемување на веројатноста на податоците, давајќи им предност на вредностите на параметрите. Добиените податоци за процената на параметрите од ARIMA моделирањето се претставени во следната табела.

Табела VII-20. Собирање на податоците за средногодишниот проток:

- трансформација: $\ln(x)$,D(1),D(4);
- ARIMA модел:(0,1,1)(0,1,1);
- Сезонски чекор: 10 (декада);
- Остаток = 0,41003

	Параметар	Asympt.	Asympt.	p	Долна Граница	Горна Граница
q(1)	0,711582	0,410608	1,732996	0,093719	-0,128205	1,551370
Qs(1)	-0,114390	0,287373	-0,398055	0,693505	-0,702134	0,473354

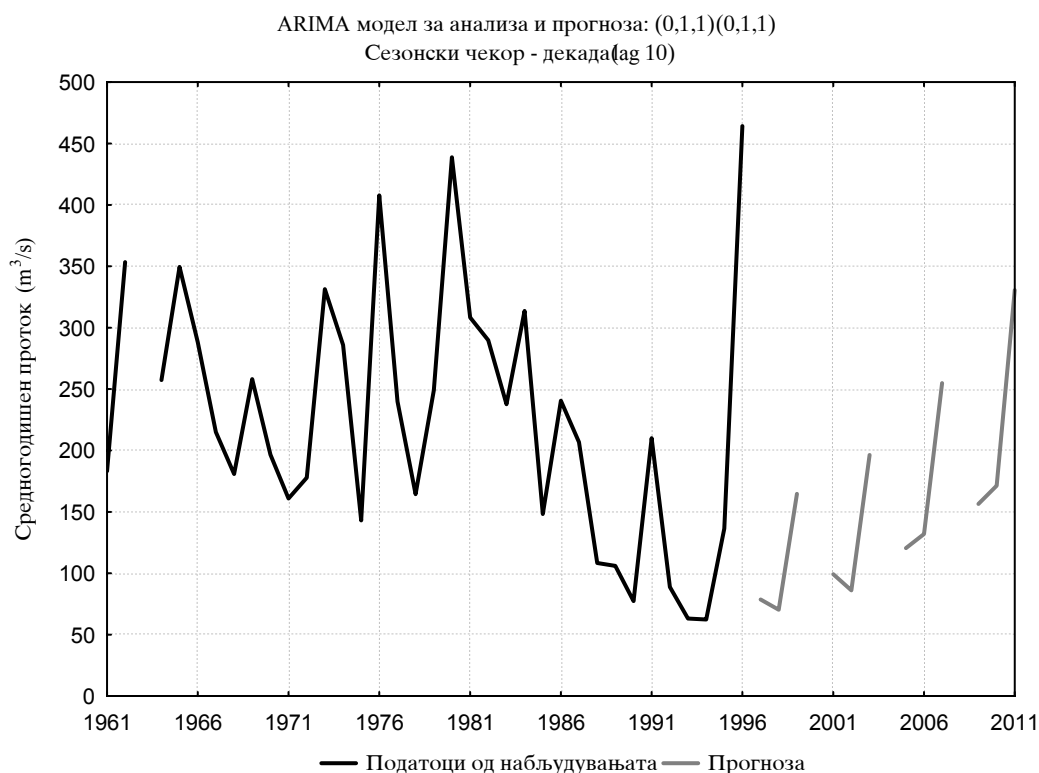
Како што кажавме, во воведниот дел, ARIMA моделирањето се користи за прогноза (Forecast). Прогнозата на податоците која се базира на анализата на податоците од временската низа на средногодишните протечи се презентира со граница на доверба (Табела VII-21)

Табела VII-21. Прогноза на средногодишниот проток (1996-2011 год.)

- ARIMA модел:(0,1,1)(0,1,1);
- Сезонски чекор: 10 (декада);
- Оригинална серија (1961-1999 година)

Година	Прогноза	Долна Граница	Горна Граница	Година	Прогноза	Долна Граница	Горна Граница
10,96389	9,75838	12,31833	10,96389	2005	10,96389	9,75838	12,31833
10,29245	9,14346	11,58583	10,29245	2006	131,9485	7,2036	2416,91
10,95849	9,71704	12,35854	10,95849	2007	254,7941	11,5125	5639,10
11,51499	10,19181	13,00996	11,51499	2008	827,2334	32,1535	21282,75
10,94544	9,10678	13,15534	10,94544	2009	156,4509	3,3337	7342,27
10,27081	8,50483	12,40348	10,27081	2010	171,2652	2,9558	9923,53
10,92391	9,00368	13,25367	10,92391	2011	330,7151	4,4910	24353,67
11,45732	9,40055	13,96411	11,45732				

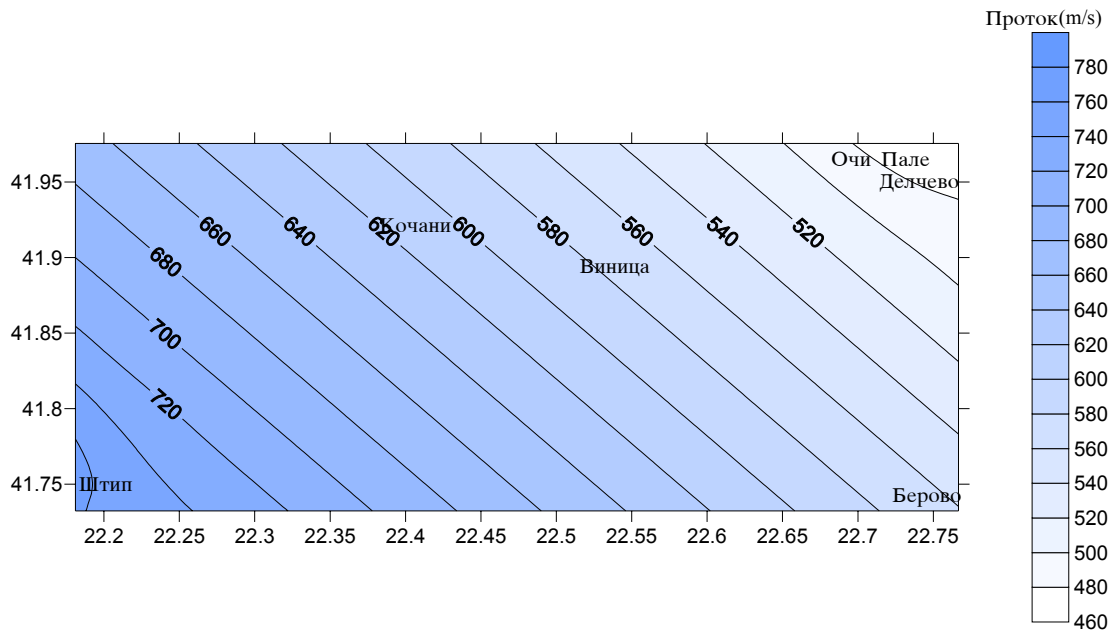
Како што гледаме од Табела VII-21 прогнозата е направена до 2011 година. Тие податоци се претставени на дијаграмот од следната слика.



Сл. VII-36. Прогноза на средногодишниот проток до 2011 година

Од дијаграмот (хистограмот) на проток на вода се гледа дека прогностичкиот модел до 2011 година, добро ги прати годишните и декадните промени. Ова и се очекуваше бидејќи случајната компонента кај протокот е мала. Од овде може да се заклучи дека избраниот ARIMA модел: (0,1,1) (0,1,1) за моделирање на низата за средногодишниот проток на река Брегалница најдобро се прилагодува на анализираниот хидролошки процес.

Од прогнозираните вредности добиен е модел за средногодишниот проток на река Брегалница, прикажан на Сл. VII-37.



Сл. VII-37. Прогностички модел за средногодишниот проток на река Брегалница за периодот од 2006-2011 година

VII.2. Евапорација во сливното подрачје на река Брегалница

Евапорацијата т.е. испарувањето во сливното подрачје на река Брегалница претставува доста комплексен проблем доколку не располагаме со доволен број на податоци добиени од одредени мерења. Како што спомнавме во Глава VI.9. евапорацијата може да се определи на повеќе индиректни начини, т.е. со помош на останатите хидролошки процеси и нивниот меѓусебен однос.

Во понатамошниот текст ќе ги определиме следните процеси:

- Средномесечни вредности на евапорацијата (Метода на Kostjakov);
- Сума на евапорацијата на годишно ниво (Турс-ова метода).

VII.2.1. Определување на средномесечните вредности на евапорацијата

Средномесечните вредности на евапорацијата т.е. на испарувањето во сливното подрачје на река Брегалница може да се определи на индиректен начин, со методата на Kostjakov (VI-14):

$$E = \alpha T \left(1 - \frac{RH}{100} \right) \quad \text{VII-12}$$

За таа цел ни се потребни податоците за следните хидролошки параметри:

- T е средномесечна температура на воздухот,
- RH е средномесечната вредност на релативната влажност на воздухот,
- α е коефициент кој зависи од брзината на ветерот (од 0,6 до 1,1).
- (За сливното подрачје на реката Брегалница коефициентот α има вредност 1, бидејќи избилува со поголеми брзини на ветерот (1.5 до 2 m/s)).

На следната табела се претставени месечните податоци за хидролошките параметри од сливното подрачје на река Брегалница:

Табела VII-22. Хидролошки параметри од сливното подрачје

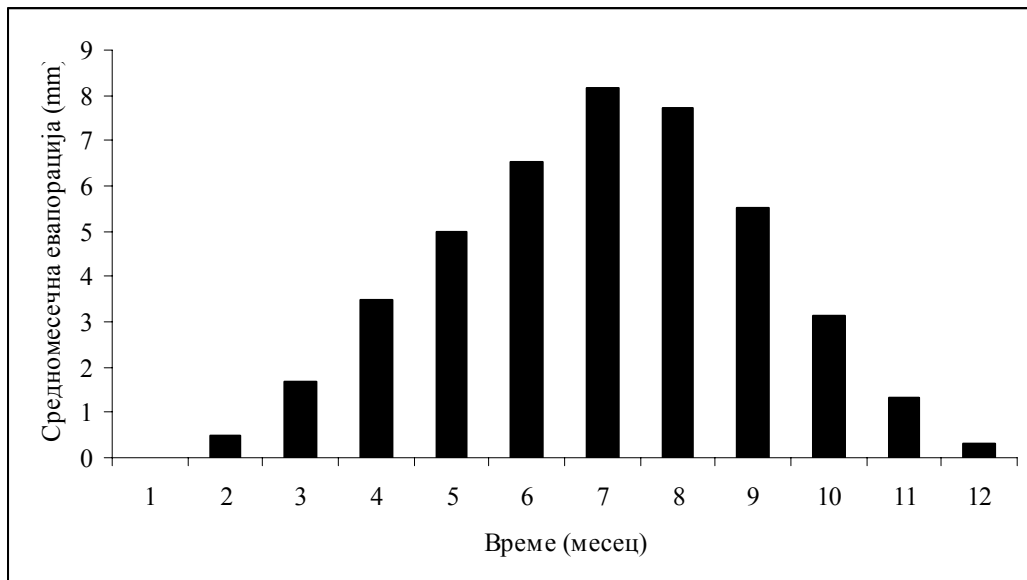
Месец	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Хидролошки параметри												
Средномесечна брзина на ветарот (m/s)	1,39	1,64	1,82	1,85	1,55	1,54	1,51	1,32	1,29	1,28	1,30	1,26
Средномесечна релативна влажност (%)	80,4	77,97	72,96	68,15	68,35	66,03	61,82	63,12	67,63	72,92	78,99	82,01
Средномесечна температура на воздухот (°C)	0,0	2,3	6,2	11,0	15,8	19,2	21,4	20,9	17,1	11,5	6,2	1,7

Користејќи ги податоците за средномесечните вредности на хидролошките процеси и формулата на Kostjakov, можеме да ги определиме средномесечните вредности на евапорацијата (mm) во сливното подрачје на река Брегалница (Табела VI-23.):

Табела VI-23. Средномесечни вредности на евапорацијата (mm) во сливното подрачје на река Брегалница

Месец	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Средномесечна евапорација (mm)	0	0,51	1,67	3,5	5	6,52	8,17	7,7	5,53	3,11	1,3	0,3

Врз база на добиените податоци за средномесечната евапорација (mm) се добива следниот дијаграм:



Сл. VII-38. Средномесечна евапорација (mm) во сливното подрачје на реката Брегалница

Од податоците за средномесечната евапорација, добиени со формулата VI-14 на Kostjakov и претставени со дијаграм од слика VI-38 се гледа дека најинтензивна евапорација има за време на летниот период (јули, 8,17 mm и август, 7,7 mm), додека преку зимскиот период (јануари) има min. вредности.

VII.2.2. Определување на годишната евапорација во сливното подрачје на река Брегалница

Турс-овата формула (VI-13) со која е извршено испитување на 250 сливни подрачја ќе се искористи за определување на годишната евапорација во сливното подрачје на река Брегалница:

$$E = \frac{P}{\left[0.90 + \left(\frac{P}{I_T}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}} \quad \text{VII-13}$$

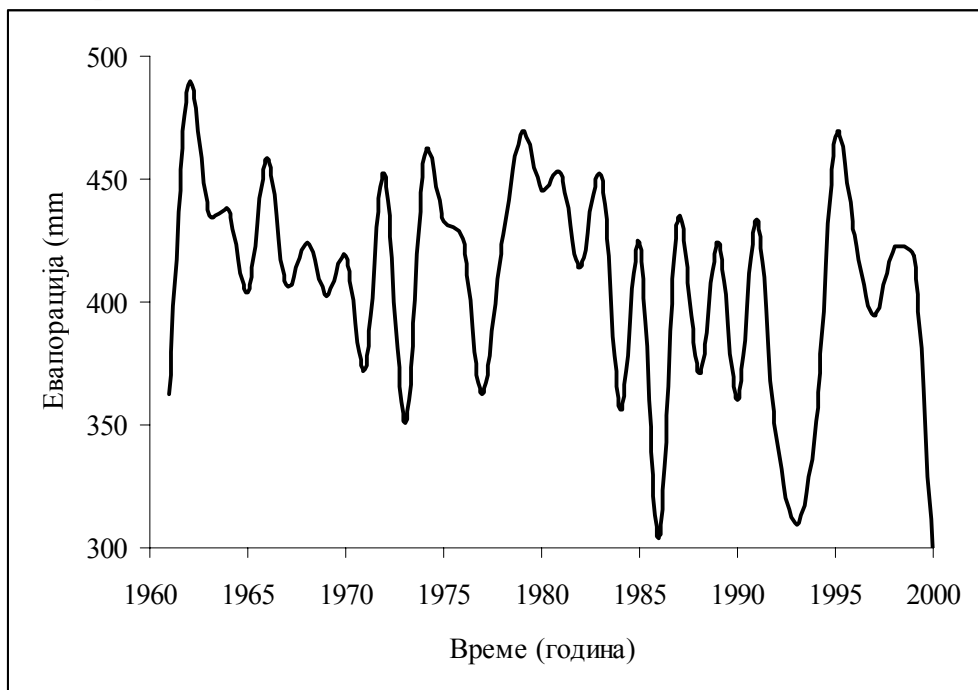
Со Турс-овата формула ќе ги обработиме податоците за средногодишните температури ($^{\circ}\text{C}$) и врнежи (mm) од 1961 до 2000 година. Со корелација на овие хидролошки параметри ги добиваме вредностите за евапорацијата (mm) на годишно ниво. Тие се претставени во следната табела.

Табела VII-24. Хидролошки параметри од сливното подрачје на река Брегалница

Година	Средногодишна температура ($^{\circ}\text{C}$)	Средногодишни врнежи (mm)	$I_T = 300 + 25T + 0.05T^2$	Евапорација (mm)
1961	11,6	408,9	669,1754883	362,34
1962	11,5	681,9	664,6657664	488,0
1963	11,3	551,1	655,7497477	434,81
1964	10,9	569,8	638,3230102	437,41
1965	10,6	501,3	625,5981445	403,69
1966	12,2	580,9	693,4306688	458,98
1967	10,8	503,9	632,9856	406,88
1968	11,6	523,0	665,7899438	424,60
1969	11,3	483,8	653,5420711	402,03
1970	11,3	517,1	654,64485	418,85
1971	11,1	433,0	644,7955523	372,50
1972	11,3	595,2	653,5420711	452,60
1973	10,5	404,1	618,3083063	350,74
1974	11,1	622,9	643,7116313	459,65
1975	10,9	559,3	638,3230102	433,08
1976	10,2	565,3	609,076507	425,93
1977	11,7	409,0	670,3083563	362,56
1978	10,7	552,9	628,75215	427,41
1979	11,4	634,1	660,1906195	469,70
1980	10,7	599,3	628,75215	445,63
1981	11,0	607,5	639,3966188	452,46
1982	11,1	512,8	643,7116313	413,94
1983	10,8	614,0	630,8648438	451,74
1984	11,0	406,8	641,55	356,51
1985	10,9	538,6	637,25145	423,89
1986	11,1	326,4	644,7955523	303,52
1987	11,3	549,6	655,7497477	434,16
1988	11,0	431,8	642,629782	371,43
1989	10,9	540,0	637,25145	424,51

Година	Средногодишна температура (°C)	Средногодишни врнежи (mm)	$I_T = 300 + 25T + 0.05T^2$	Евапорација (mm)
1990	11,7	405,2	670,3083563	360,22
1991	10,2	586,8	608,0604	433,60
1992	10,6	394,9	624,5508	346,39
1993	10,8	336,4	632,9856	309,38
1994	10,6	403,2	625,9477019	351,61
1995	10,6	668,5	624,5508	467,37
1996	10,2	569,5	609,4156352	427,65
1997	13,0	444,0	734,85	394,75
1998	12,3	503,0	700,54335	422,77
1999	12,4	494,0	705,3312	418,92
2000	12,7	307,0	719,91915	295,15

Добиените резултати за годишната евапорација на територијата на сливното подрачје на река Брегалница за подолг временски период (1961-2000 година) се претставени на следната слика:



Сл. VII-39. Движење на евапорацијата во сливното подрачје на река Брегалница за период од 40 години

Од претставените податоци се забележува дека најголемо испарување во сливното подрачје на река Брегалница имало во 1962 година (488 mm), 1978 година (459 mm), 1995 година (467 mm). Додека, години со min. вредности на евапорација на годишно ниво во сливното подрачје се: 2000 година (295 mm), 1986 година (303 mm) и 1993 година (309 mm). Најмали вредности на евапорација има во последната декада на 20-тиот век, а тоа се години со најмали врнежи. Врнежите се единствениот хидролошки процес кој е од позитивната страна на равенката за водениот биланс.

VII.3. Инфилтрација на водата во сливното подрачје на река Брегалница

Врз база на анализата извршена на хидролошките процеси, во периодот од 1961 до 2000 година во сливното подрачје на река Брегалница, се определени следните хидролошки параметри:

- годишни врнежи (mm),
- средногодишна температура ($^{\circ}\text{C}$);,
- средногодишен проток (m^3/s);
- евапорација на годишно ниво (mm);,
- истекување (mm).

Со помош на податоците добиени за овие хидролошки процеси, без разлика дали тие се од директни мерења (врнежи, температури, проток) или преку аналитички пат (евапорација и истекување) може да го определиме и останатиот дел од равенката за воден биланс, т.е. инфилтрацијата на вода во тлото:

$$F = P - E - V \quad \text{VII-14}$$

каде:

- F е инфилтрација на вода во тлото (mm),
- P се врнежи (mm),
- E е евапорацијата на водата (mm),
- V е истекување на водата (mm).

Податоците за инфилтрацијата на површинската вода и водата од атмосферските талози во земјината површина и податоците за останатите хидролошките процеси, потребни за определување на водниот биланс во просторот на сливното подрачје на река Брегалница, се претставени во следната табела.

Табела VII-25. Просечна вредност на инфилтрацијата на вода во земјиното тло за сливното подрачје на река Брегалница во периодот од 1961 до 2000 година.

Хидролошки параметри	Врнежи P (mm)	Истекување V (mm)	Евапорација E (mm)	Инфитрација F (mm)
Сливно подрачје на река Брегалница	538.05	122.60	415.45	22.79

Од табелата се гледа дека просечната вредност на инфилтрацијата е 22.79 mm. Оваа вредност за повеќе години е различна и зависи од параметрите на хидролошките процеси:

- врнежи,
- евапорација
- истекување.

Добиениот податок за просечната годишна инфилтрација во сливното подрачје на река Брегалница доста грубо ја претставува реалната состојба. Тоа се должи на фактот што инфилтрацијата, како процес на премин на вода од површината во внатрешноста на тлото, зависи и од низа други фактори:

- физички карактеристики на тлото (гранулација, порозност, влажност),
- состојба на тлото (густина и вид на вегетација),
- хемиски состав на тлото,
- температура на тлото.

VII.4. Индекс на суши во сливното подрачје на река Брегалница. Метода на De Martonne

Досегашното поединечно набљудување на хидролошките процеси (освен во случајот на корелација помеѓу хидролошките процеси и надморската висина) претставува синтеза на сите хидролошки елементи потребни за создавање на квантитативни и квалитативни индикатори.

Според хидролошкото значење, сливното подрачје на река Брегалница кое е цел на наша опсервација, припаѓа на фреатичкиот вид со хумидна клима (Penck). Тоа се подрачја каде има повеќе врнежи од испарувања, па поради тоа се создаваат обилни површински текови. Секако тие односи може најдобро да се опишат преку два хидролошки елемента: врнежи и температура, од каде вредноста на хумидноста може да се воочи. Исто така, постојат одредени делови на сливното подрачје кои се карактеризираат како области со субхумидни клими (влијанието на човечкиот фактор на реката Крива Лаковица).

De Martonne предлага за систематизација на хидролошките карактеристики во корелација со земјоделскиот потенцијал. Тоа е добиено со т.н. “индекс на суши” кој е претставен со следната равенка:

$$D = \frac{P}{T + 10} \quad \text{VII-15}$$

каде D е годишен индекс на суша, T е средно-годишна температура во °C и P се годишни врнежи во mm.

За пресметка на индексот на суша потребни се одредени хидролошки мерења во централните делови на земјоделските ареали. Во следните табели се претставени податоците за годишните врнежи и средногодишната температура, искористени за пресметка на индексот на суша на годишно ниво, според формулата на De Martonne.

Табела VII-26. Индекс на суши пресметан со помош на хидролошките податоци добиени од хидро-метеоролошката станица Штип.

Година	Средногодишна температура (°C)	Годишни врнежи (mm)	Индекс на суши	Коментар
1961	13,4	352,2	16,42735043	сушна година
1962	13,1	641,0	29,99134199	влажна година
1963	12,9	487,3	24,17030568	влажна година
1964	12,5	529,3	24,92	влажна година
1965	12,3	460,5	23,7309417	влажна година
1966	13,7	477,2	23,65485232	влажна година
1967	12,4	439,7	22,59821429	влажна година
1968	13,1	513,6	19,3982684	сушна година
1969	12,8	365,5	20,87719298	влажна година
1970	12,8	422,4	23,91666667	влажна година
1971	12,6	472,8	15,94690265	сушна година
1972	12,7	596,8	26,83700441	влажна година
1973	11,9	316,5	19,17351598	сушна година
1974	12,6	726,0	21,79646018	влажна година
1975	12,5	513,8	24,92444444	влажна година
1976	11,7	440,4	27,16129032	влажна година

Година	Средногодишна температура (°C)	Годишни врнежи (mm)	Индекс на суши	Коментар
1977	13,2	301,2	18,53017241	сушна година
1978	12,2	364,5	22,94144144	влажна година
1979	12,9	540,2	28,23144105	влажна година
1980	12,0	537,8	24,85909091	влажна година
1981	12,3	552,5	28,70852018	влажна година
1982	12,0	392,7	23,53636364	влажна година
1983	12,0	650,4	25,99545455	влажна година
1984	12,6	365,3	19,32743363	сушна година
1985	12,4	430,6	22,79910714	влажна година
1986	12,5	327,9	12,70222222	сушна година
1987	13,0	474,7	19,45652174	сушна година
1988	12,5	323,8	18,22222222	сушна година
1989	12,3	500,1	20,15246637	влажна година
1990	13,2	295,1	18,38793103	сушна година
1991	12,2	514,2	23,16216216	влажна година
1992	12,8	366,4	16,07017544	сушна година
1993	13,2	290,1	12,50431034	сушна година
1994	12,9	315,9	13,79475983	сушна година
1995	12,1	608,9	27,5520362	влажна година
1996	12,2	501,3	22,58108108	влажна година
1997	13	444	19,30434783	сушна година
1998	12,3	503	22,55605381	влажна година
1999	12,4	494	22,05357143	влажна година
2000	12,7	307	13,52422907	сушна година

Табела VII-27. Индекс на суши пресметан од хидролошките податоци добиени од хидро-метеоролошката станица Кочани.

Година	Средногодишна температура (°C)	Годишни врнежи (mm)	Индекс на суши	Коментар
1961	13,2	384,4	16,56896552	сушна година
1962	13,0	692,8	30,12173913	влажна година
1963	12,8	553,5	24,27631579	влажна година
1964	12,4	560,7	25,03125	влажна година
1965	12,2	529,2	23,83783784	влажна година
1966	13,7	560,6	23,65485232	влажна година
1967	12,3	506,2	22,69955157	влажна година
1968	13,1	448,1	19,3982684	сушна година
1969	12,8	476,0	20,87719298	влажна година
1970	12,9	545,3	23,81222707	влажна година
1971	12,9	360,4	15,73799127	сушна година
1972	13,0	609,2	26,48695652	влажна година
1973	12,2	419,9	18,91441441	сушна година
1974	12,9	492,6	21,51091703	влажна година
1975	12,8	560,8	24,59649123	влажна година
1976	12,1	589,4	26,66968326	влажна година
1977	13,6	429,9	18,21610169	сушна година

Година	Средногодишна температура (°C)	Годишни врнежи (mm)	Индекс на суши	Коментар
1978	12,5	509,3	22,63555556	влажна година
1979	13,3	646,5	27,74678112	влажна година
1980	12,8	546,9	23,98684211	влажна година
1981	13,1	640,2	27,71428571	влажна година
1982	13,5	517,8	22,03404255	влажна година
1983	13,2	571,9	24,65086207	влажна година
1984	13,5	436,8	18,58723404	сушна година
1985	13,1	510,7	22,10822511	влажна година
1986	13,6	285,8	12,11016949	сушна година
1987	13,6	447,5	18,96186441	сушна година
1988	13,5	410,0	17,44680851	сушна година
1989	13,4	449,4	19,20512821	влажна година
1990	14,3	426,6	17,55555556	сушна година

Табела VII-28. Индекс на суши пресметан од хидролошките податоци добиени од хидро-метеоролошката станица Делчево.

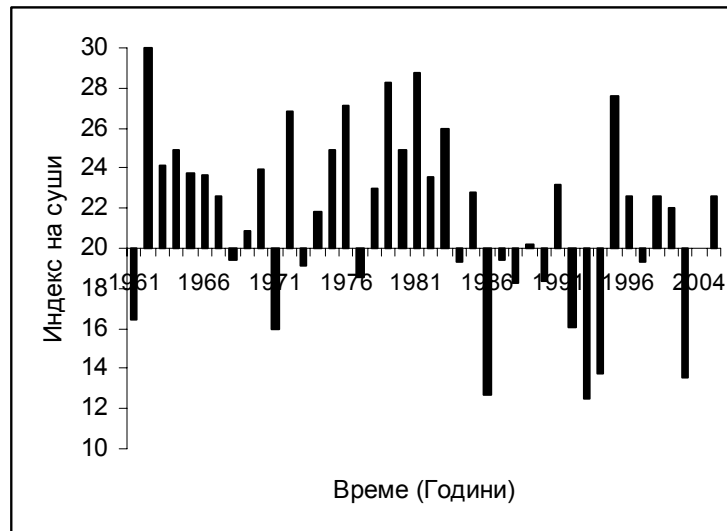
Година	Средногодишна температура (°C)	Годишни врнежи (mm)	Индекс на суши	Коментар
1961	10,9	446,8	21,37799043	влажна година
1962	11,0	571,5	27,21428571	влажна година
1963	10,8	445,0	21,39423077	влажна година
1964	10,4	546,6	26,79411765	влажна година
1965	9,9	456,4	22,93467337	влажна година
1966	11,6	621,1	28,75462963	влажна година
1967	10,2	525,8	26,02970297	влажна година
1968	11,0	558,4	26,59047619	влажна година
1969	10,6	594,7	28,86893204	влажна година
1970	10,7	602,4	29,10144928	влажна година
1971	10,4	361,1	17,70098039	сушна година
1972	10,8	544,1	26,15865385	влажна година
1973	10,0	413,0	20,65	влажна година
1974	10,3	624,1	30,74384236	влажна година
1975	10,2	596,9	29,54950495	влажна година
1976	9,4	637,9	32,8814433	влажна година
1977	10,8	458,2	22,02884615	влажна година
1978	9,9	650,9	32,70854271	влажна година
1979	10,6	652,2	31,66019417	влажна година
1980	9,7	546,2	27,72588832	влажна година
1981	9,9	547,8	27,52763819	влажна година
1982	10,0	506,2	25,31	влажна година
1983	9,6	548,0	27,95918367	влажна година
1984	10,0	348,1	17,405	сушна година
1985	9,5	636,7	32,65128205	влажна година
1986	9,7	303,0	15,38071066	сушна година
1987	9,9	619,2	31,11557789	сушна година
1988	9,7	473,2	24,02030457	сушна година
1989	9,5	616,6	31,62051282	влажна година

Година	Средногодишна температура (°C)	Годишни врнежи (mm)	Индекс на суши	Коментар
1990	10,1	439,1	21,84577114	сушна година
1991	9,3	672,0	34,81865285	влажна година
1992	9,8	387,2	19,55555556	сушна година
1993	9,9	339,3	17,05025126	сушна година
1994	9,8	407,5	20,58080808	сушна година
1996	9,6	528,9	26,98520408	влажна година

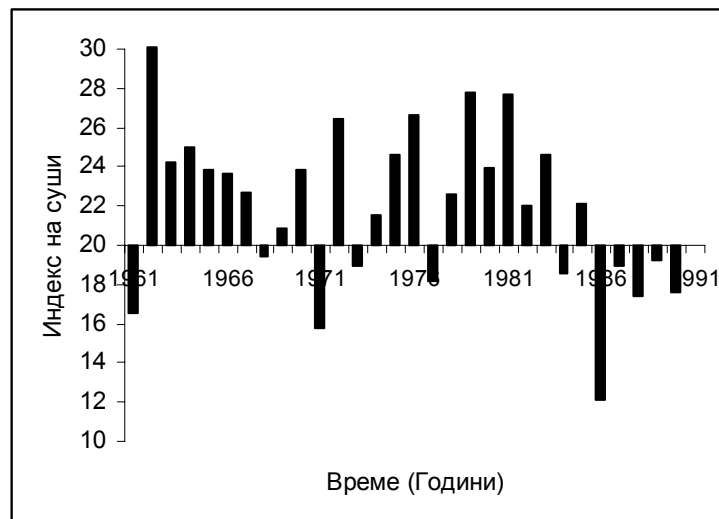
Табела VII-29. Индекс на суши пресметан од хидролошките податоци добиени од хидро-метеоролошката станица Берово.

Година	Средногодишна температура (°C)	Годишни врнежи (mm)	Индекс на суши	Коментар
1961	9,0	452,1	23,79473684	влажна година
1962	9,0	822,3	43,27894737	влажна година
1963	8,8	718,5	38,21808511	влажна година
1964	8,4	642,5	34,91847826	влажна година
1965	8,1	559,2	30,89392265	влажна година
1966	9,6	664,7	33,91326531	влажна година
1967	8,3	543,9	29,72131148	влажна година
1968	9,0	571,8	30,09473684	влажна година
1969	8,9	498,9	26,3968254	влажна година
1970	8,8	498,1	26,49468085	влажна година
1971	8,4	537,5	29,21195652	влажна година
1972	8,6	630,8	33,91397849	влажна година
1973	7,7	466,8	26,37288136	влажна година
1974	8,4	648,8	35,26086957	влажна година
1975	8,2	565,6	31,07692308	влажна година
1976	7,7	593,5	33,53107345	влажна година
1977	9,0	446,5	23,5	влажна година
1978	8,2	686,8	37,73626374	влажна година
1979	8,9	697,6	36,91005291	влажна година
1980	8,3	766,3	41,87431694	влажна година
1981	8,5	689,5	37,27027027	влажна година
1982	8,7	634,5	33,93048128	влажна година
1983	8,2	685,6	37,67032967	влажна година
1984	7,9	477,1	26,65363128	влажна година
1985	8,6	576,3	30,98387097	влажна година
1986	8,5	388,8	21,01621622	влажна година
1987	8,8	657,0	34,94680851	влажна година
1988	8,4	520,2	28,27173913	влажна година
1989	8,4	593,9	32,27717391	влажна година
1990	9,0	460,1	24,21578947	влажна година
1991	9,1	574,1	30,05759162	влажна година
1992	9,2	431,2	22,45833333	влажна година
1993	9,3	379,9	19,68393782	сушна година
1994	9,2	486,2	25,32291667	влажна година
1995	9,1	728,0	38,11518325	влажна година
1996	8,9	678,2	35,88359788	влажна година

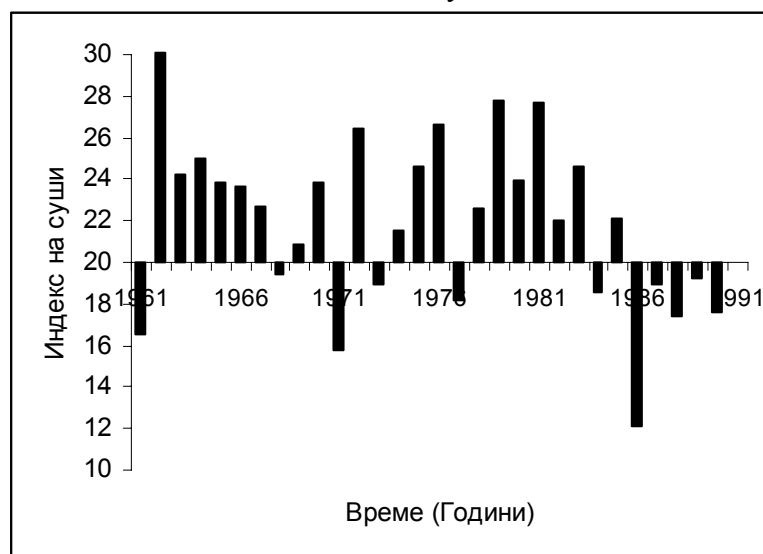
Податоците за индексот на суши од 4 главни хидро-метеоролошки станици во сливното подрачје се претставени на следните дијаграми:



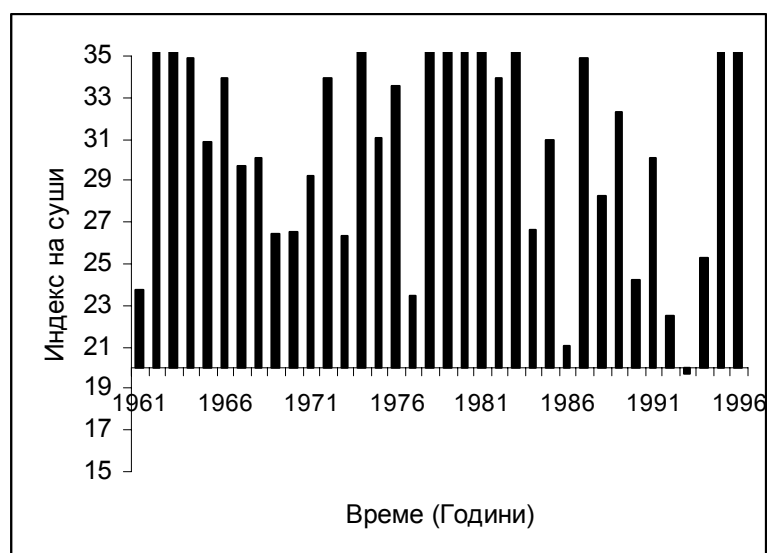
Сл. VII-40. Индекс на суши - Штип



Сл. VII-41. Индекс на суши - Кочани



Сл. VII-42. Индекс на суши - Делчево



Сл. VII-43. Индекс на суши - Берово

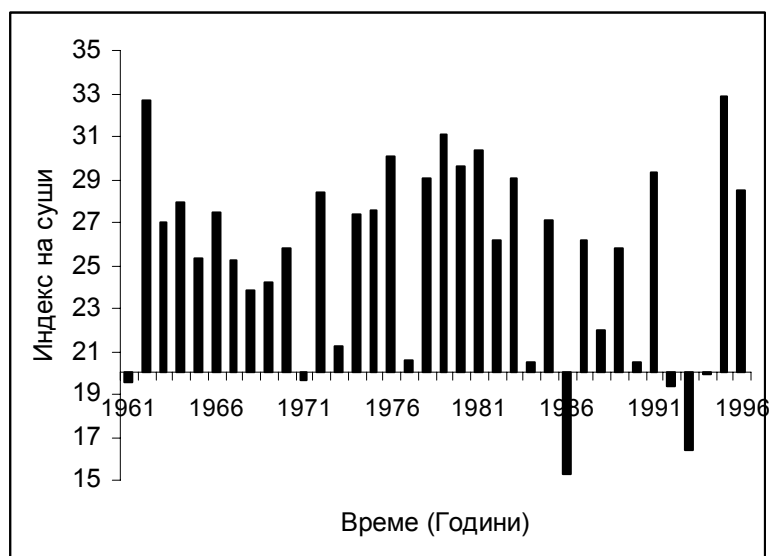
Податоците за средногодишните врнежи и температури добиени од 4 главни хидро-метеоролошки станици во сливното подрачје на река Брегалница се анализирани со цел да се одреди редоследот на сушните години и периоди во сливното подрачје на река Брегалница. Индексот на суши за секоја година е пресметан и прикажан на следната табела.

Табела VII-30. Листа со сушни и влажни години во сливното подрачје на река Брегалница

Година	Индекс на суши	Година	Индекс на суши
1961	19,5422608	1979	31,13711731
1962	32,65157855	1980	29,61153457
1963	27,01473434	1981	30,30517859
1964	27,91596148	1982	26,20272187
1965	25,34934389	1983	29,06895749
1966	27,49439989	1984	20,49332474
1967	25,26219508	1985	27,13562132
1968	23,87043746	1986	15,30232965
1969	24,25503585	1987	26,12019314
1970	25,83125597	1988	21,99026861
1971	19,64945771	1989	25,81382033
1972	28,34914832	1990	20,5012618
1973	21,27770294	1991	29,34613554
1974	27,32802228	1992	19,36135478
1975	27,53684092	1993	16,41283314
1976	30,06087258	1994	19,89949486
1977	20,56878007	1995	32,83360972
1978	29,00545086	1996	28,48329435

На табелата се претставени најсушните и највлажните години. Најсушни години во последниот половина век се: 1993 и 1986, 1992, 1993 и 1994 година, додека 1962, 1963, 1964 и 1966 година се години со најголема влажност. Најсушен период во сливното подрачје на река Брегалница е последната декада од XX век, а периодот од 1962 - 1970 година претставува период со најголема влажност.

На следната слика е претставен индексот на суши за сливното подрачје на река Брегалница.



Сл. VII-44. Индекс на суши сливното подрачје на река Брегалница

Според De Martonne областите кои имаат индекс на суша помал од 5 т.е. во области каде воопшто нема вистинско истекување на вода, се нарекуваат ариични области.

Ендореична област се карактеризира со индекс на суша од 5 до 20. Тоа се области каде водите истекуваат, но не стигнуваат до реципиентот (можеби Крива Лакавица).

Во егзореичната област припаѓаат подрачјата со индекс на суша поголем од 20. Овде водите истекуваат и преку реципиентите заминуваат во морињата. Хидролошките процеси кои се јавуваат во сливното подрачје на река Брегалница се дел на егзореичната област. Во одредени години имаме помали индекси на суши од 20, со што овие години припаѓаат на групата сушни години.

Ако отстапувањата се анализираат во правец на сушноста сосема неточно би било ако индексот на суша се пресметува со просечните односи на хидролошките процеси. Тоа се должи на фактот што осцилациите на врнежите и температурата се големи, при што индексот на сушата добива други, помали вредности. Затоа да се потврди ова треба да се направи подетална анализа, па за таа цел ги искористиме податоците за средномесечните температури и месечни суми на врнежите во сливното подрачје на река Брегалница (Табела VII-31):

Месец	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Средномесечна температура (°C)	0	2,3	6,2	11	15,8	19,2	21,4	20,9	17,1	11,5	6,2	1,7
Месечни врнежи (mm)	35,2	37	38	43,8	63,2	53,9	43,6	39,0	34,8	44,8	60,5	47

За месечните хидролошки карактеристики е даден следниот однос:

$$D_M = \frac{12P_M}{T_M + 10} \quad \text{VII-16}$$

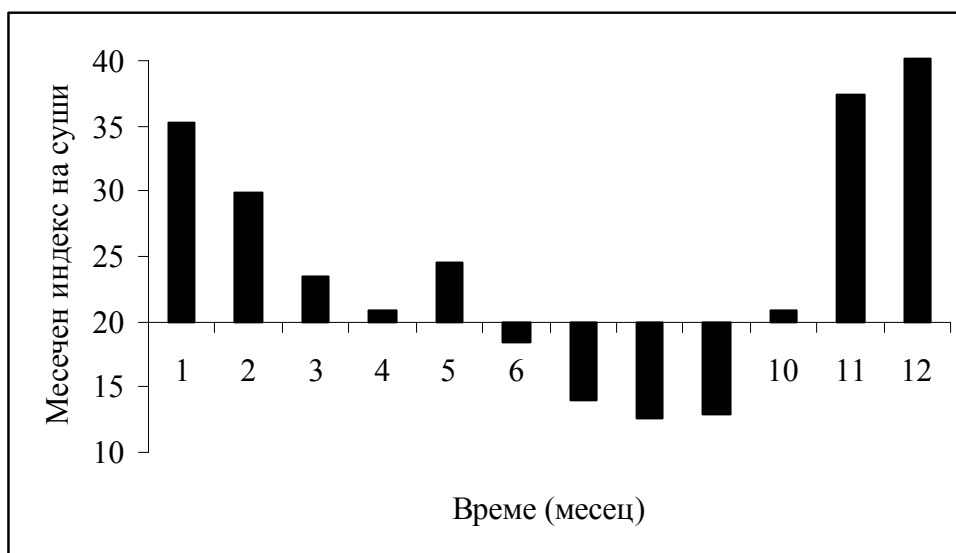
каде D_M е месечен индекс на суша, T_M е средномесечна температура во $^{\circ}\text{C}$ и P_M се средномесечни врнежи во mm.

Во следната табела се претставени вредностите на индексот на суша за период од една година.

Табела VII-32. Месечен индекс на суши во сливното подрачје на река Брегалница

Месец	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Идекс на суши	35,2	29,88	23,45	20,86	24,47	18,39	13,9	12,6	12,83	20,83	37,37	40,1

На следната слика се претставени добиените податоци за индексот на суши за период од една година, пресметан според формулата VII-21.



Сл. VII-45. Месечен индекс на суши во сливното подрачје на река Брегалница

Од добиените податоци се гледа дека сушни месеци се оние во летниот период (јуни, јули, август и септември), што е и логично поради екстремно високите температури.

Случајот со медитеранските подрачја е сосема различен. Особините на ендоречноста се зголемуваат во периодот јули-август. Таков пример немаме во сливното подрачје на река Брегалница, нити во делот од Република Македонија кој се карактеризира со медитеранска клима (Гевгелија, Валандово, Д. Капија).

VII.5. Анализа и зависност на хидролошките процеси со надморската висина

Надморската висина на мерните станици е во тесна корелација со податоците за:

- сумата на годишните врнежи,
- средногодишните температури,
- брзина на ветарот,
- траењето на сончевиот сјај,
- облачноста
- релативната влажност.

VII.5.1. Корелација на сумата на годишни врнежи со надморската висина

Вкупните годишни врнежи измерени од хидро-метеоролошките станици во сливното подрачје на река Брегалница се во тесна врска со надморската висина. На следната табела се претставени сумата на годишните врнежи и надморската висина во сливното подрачје на реката Брегалница.

Табела VII-33. Сума на годишни врнежи врнежи и надморската висина на мерните хидро-метеоролошките станици во сливното подрачје на река Брегалница.

Станица	Сума на годишни врнежи P (mm)	Надморска висина на мерните станици H (m)
Св. Николе	456	270
Штип	641	326
Кочани	517,6	345
Виница	346,7	410
Делчево	546,6	630
Берово	596,5	824
Пробиштип	623,1	550
Лесново	670,5	890
Злетово	575,9	490
Пуздерци	586,6	460
Нивичани	783,2	540
Соколарци	547,7	330
Ерџелија	441,9	330
Горно Трогерци	562,4	580
Долни Балван	479,9	258
Уларци	513,4	300
Теранци	486,4	390
Радање	493,4	380
Зрновци	565,5	340
Ново Село	503,3	252
Долани	492,1	390
Драгоево	454,8	370
Шашаварлија	496,1	770
Лакавица	459,6	415

Станица	Сума на годишни врнежи P (mm)	Надморска висина на мерните станици H (m)
Косбунар	725,8	1130
Кошево	609,3	800
Парналија	641,5	660
Пиперово	434,3	560
Дедино	658,7	600
Истибања	485,1	380
Грљани	477,6	830
Град	580,6	700
Блатец	698,4	700
Лаки	444,7	780
Разловци	528,6	675
Митрашинци	660,6	900
Пехчево	599,1	1040
Владимирово	550,9	840
Миравци	648,4	100

Соодносот помеѓу овие два процеса е опишан со следната равенка:

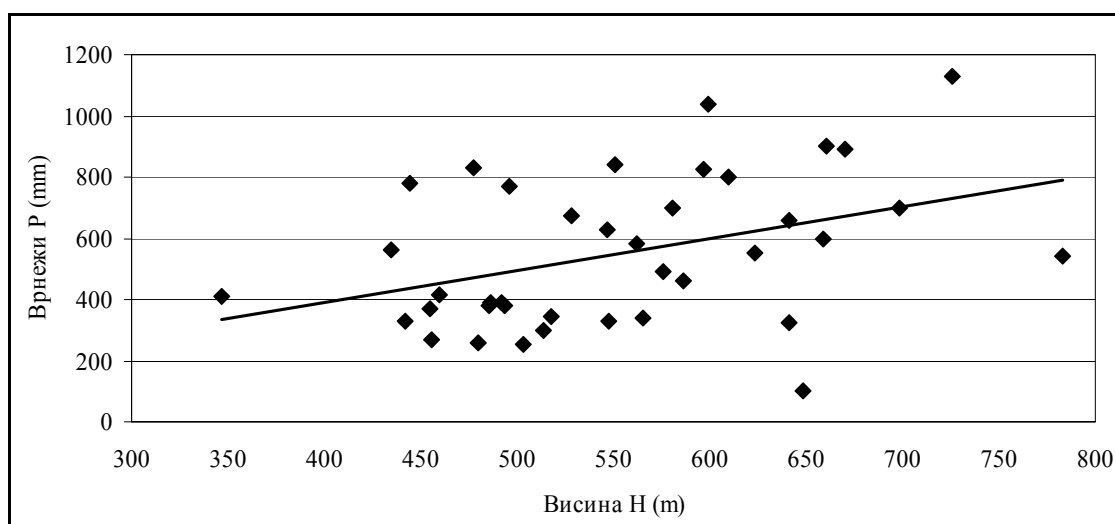
$$P = 506,65 + 0.2432 \cdot H$$

$$R^2 = 00.5216$$

VII-17

каде P се вкупните годишни врнежи (mm), H е надморската висина на набљудувачката хидро-метеоролошка станица и R е коефициент на корелација.

На следната слика се преставени резултатите од односот помеѓу надморската висина и сумата на годишните врнежи.



Сл. VII-46. Однос помеѓу надморската висина и годишните врнежи

VII.5.2. Корелација на средногодишната температура и надморската висина

Меѓусебниот однос, на средногодишната температура и надморската висина во сливното подрачје на реката Брегалница е претставени во табела VII-34 и е определен со равенката VII-18.

Табела VII-34. Средногодишна температура и надморска висина во сливното подрачје на река Брегалница.

Станица	Средногодишна температура на воздухот ($^{\circ}\text{C}$)	Надморска висина на мерните станици H (m)
Штип	12,62	12,62
Кочани	13,07	13,07
Делчево	10,23	10,23
Берово	8,54	8,54

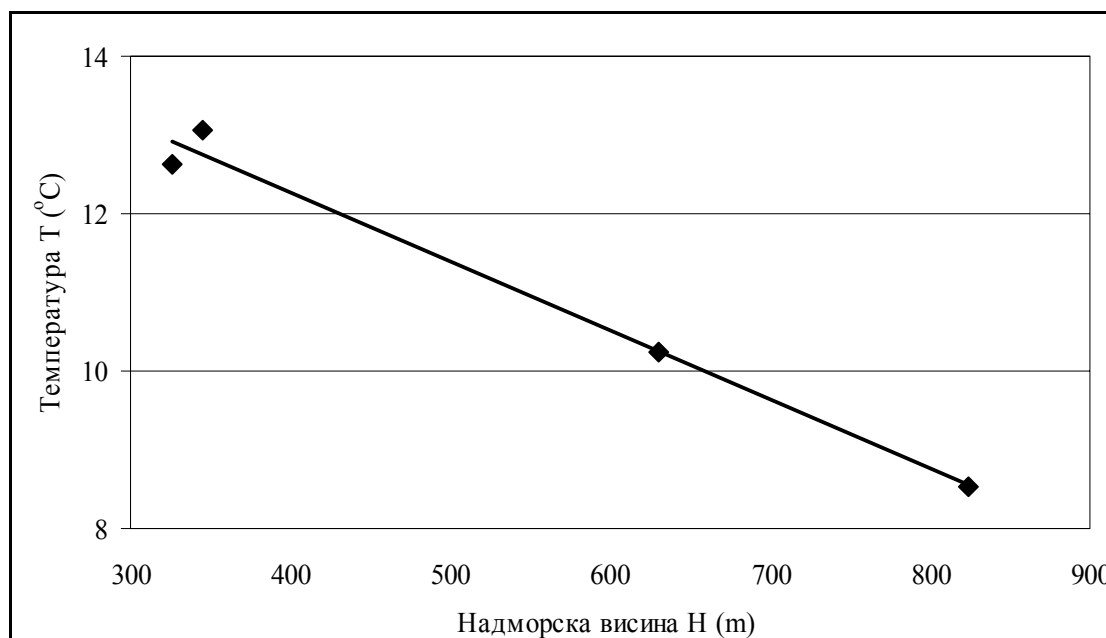
$$T = 14.171 - 0.0056 \cdot H$$

VII-18

$$R^2 = 0.9419$$

каде T е средногодишна температура ($^{\circ}\text{C}$), H е надморска висина на хидрометеоролошката станица (m), а R е коефициент на корелација

Податоците (табела VII-34) за надморската висина и средногодишната температура и нивниот сооднос пресметан со формулата VII-18, може да се претстават графички (Сл. VII-47).



Сл. VII-47. Зависност на температурата од надморската висина

Се забележува дека средногодишната температура е во тесна врска со надморската висина. Тие се обратнопропорционални, т.е со пораст на надморската висина се намалуваат средногодишните вредности на температурата.

VII.5.3. Корелација на средногодишната брзина на ветарот со надморската висина

Податоците за средногодишната брзина на ветарот, исто како кај другите хидролошки процеси, се во тесна врска со надморската висина на мерната станица.

Следната табела содржи податоци за средногодишната брзина на ветарот и надморската висина.

Табела VII-35. Средногодишна брзина на ветарот и надморската висина на станиците.

Станица	Надморска висина (m)	Брзина на ветарот (m/s)
Штип	326	2,12
Кочани	345	1,17
Делчево	630	1,58
Берово	824	1,04

Односот помеѓу двата процеса е опишан со следната равенка:

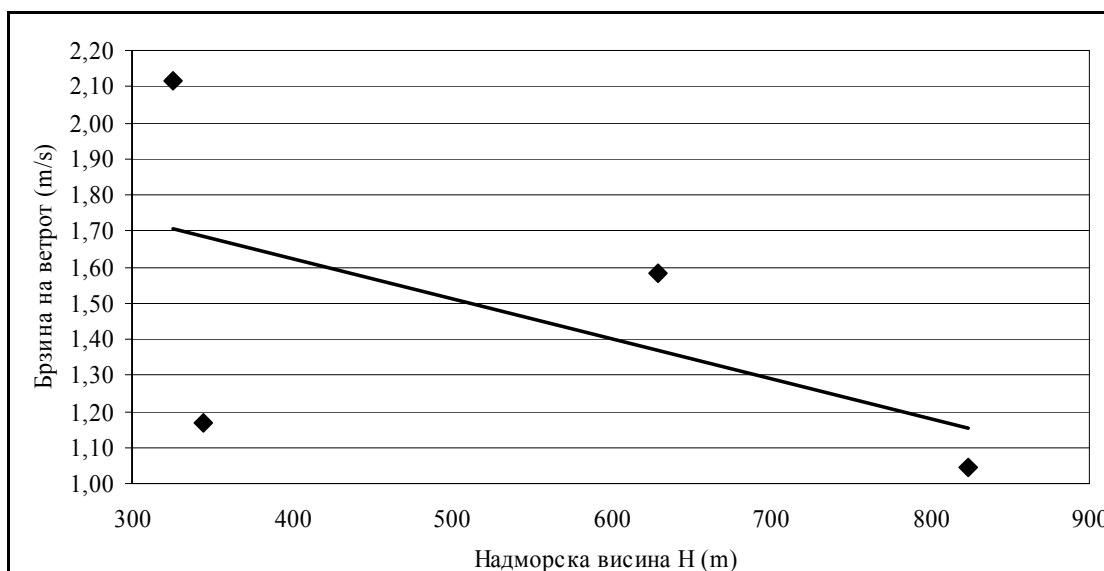
$$W = 0.995 + 0.001 \cdot H$$

VII-19

$$R = 0.3615$$

каде W е средногодишна вредност на брзината на ветарот (m/s), H е надморска висина на хидро-метеоролошката станица (m) и R^2 е коефициент на корелација.

Добиените вредности за корелациониот однос се дадени на следната слика:



Сл. VII-48. Зависност на брзината на ветарот и надморската висина

VII.5.4. Корелација на траењето на сончевиот сјај со надморската висина

Средногодишната вредност за траењето на сончевиот сјај на годишно ниво, кои се во тесна корелација со надморската висина може да претстават табеларно (Табела VII-36).

Табела VII-36. Средногодишна вредност на сончевиот сјај и надморската висина

Станица	Надморска висина (m)	Траење на сончевиот сјај (h/год.)
Штип	326	6,39
Берово	824	6,36

Односот помеѓу овие два процеса е опишан со следната равенка:

$$S = 6,4267 - 0,0004 \cdot H$$

VII-20

$$R = 0.6839$$

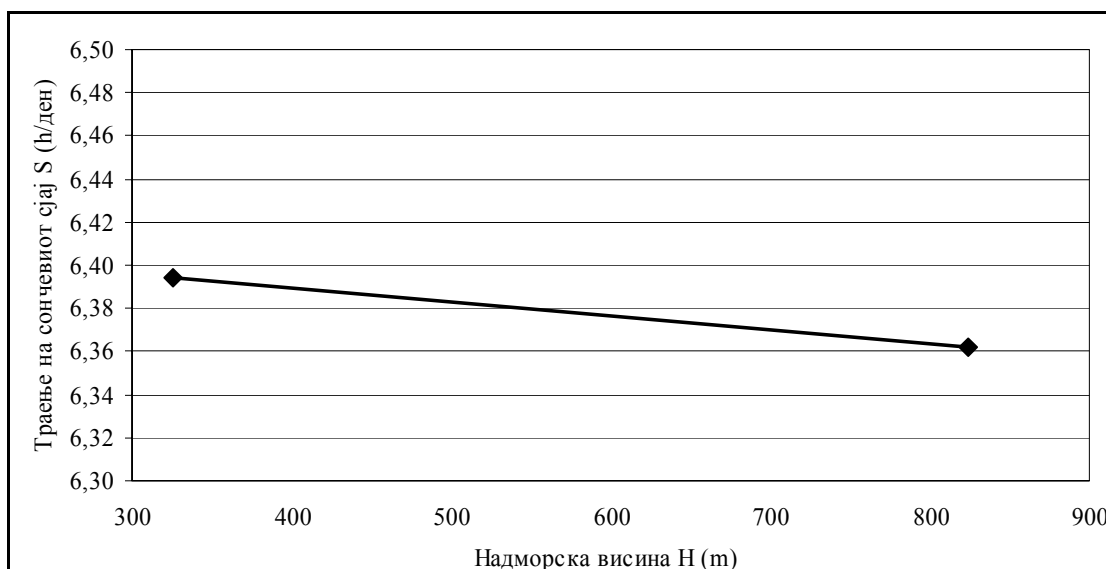
каде:

S е средногодишна вредност на траењето на сончевиот сјај (h/год),

H е надморска висина на хидро-метеоролошката станица (m)

R² е коефициент на корелација.

Од претставените податоци се добива следниот однос на корелираните процеси:



Сл. VII-49. Зависност на траењето на сончевиот сјај и надморската висина

VII.5.5. Анализа и зависност на релативната влажност со средногодишната температура на воздухот

Средногодишната релативна влажност за разлика од останатите хидролошките параметри се споредува со средногодишната температура на воздухот измерена во хидро-метеоролошките станици во сливното подрачје на река Брегалница.

На следната табела се дадени вредностите за средногодишната температура на воздухот и средногодишната релативна влажност.

Табела VII-37. Однос на средногодишната релативна влажност и средногодишната температура на воздухот.

Станица	Релативна влажност RH (%)	Средногодишна температура на воздухот (°C)
Штип	72,12	12,62
Кочани	71,87	13,07
Делчево	72,48	10,23
Берово	73,79	8,54

Односот на релативната влажност и средногодишната температура на воздухот е опишан со следната равенка:

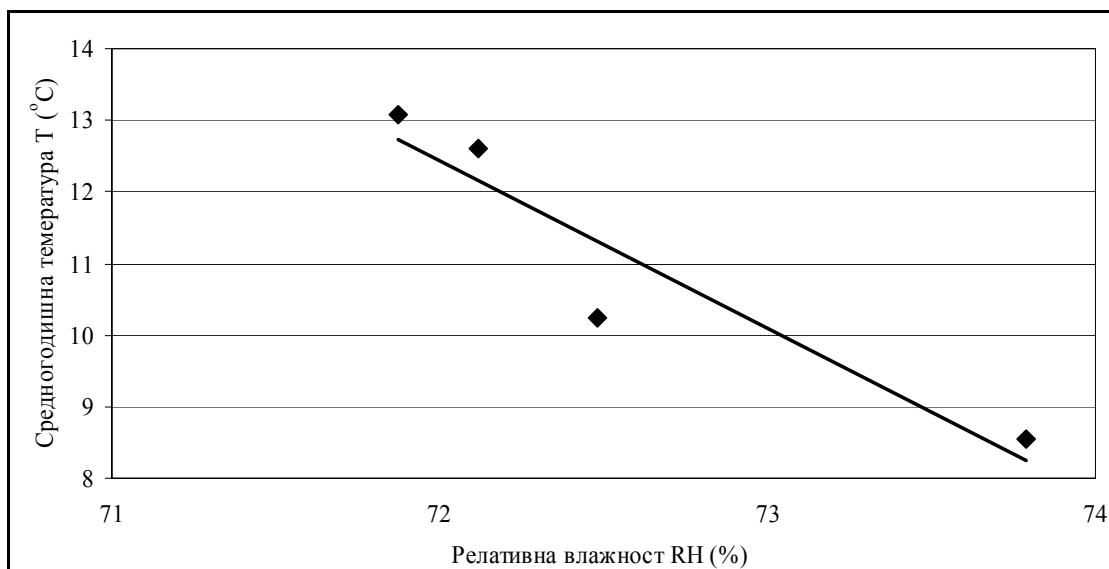
$$RH = 50.559 - 0.5505 \cdot T$$

VII-21

$$R^2 = 0.3767$$

каде: RH е средногодишната вредност на релативната влага (%),
T е средногодишната вредност на температурата (°C)
R² е коефициент на корелација.

На следната слика се преставени резултатите добиени од равенката VII-21:



Сл. VII-50. Средногодишна вредност на релативната влажност споредена со средногодишната температура на воздухот

Заклучок

Анализата на хидролошките процеси, која е дел од магистерската работа “Анализа и моделирање на хидролошките процеси во сливното подрачје на река Брегалница”, овозможува нивно дефинирање. Тоа се должи на фактот што природните процеси, од една страна и наглите климатски промени, зголемената потреба, намалување на ресурсите од чиста вода и нејзиното загадување, од друга страна, претставуваат основа за набљудување, анализа и прогноза на хидролошките услови.

Со магистерската работа се понуди методологија за решавање на проблемите поврзани со анализата на хидролошките процеси и се применија соодветени модели за проучување на нивните параметри, кои се главни фактори во формирањето на површинското течење на водите во сливното подрачје на река Брегалница.

За реализација на поставената задача користев низа со податоци за хидролошките процеси. Од квалитетот на мерењата и должината на временскиот период зависи квалитетот на примената на истите. За сливното подрачје на река Брегалница се располага со податоци за хидролошките големини во период од околу 41 година, со што беа задоволени условите за анализа.

Магистерската работа “Анализа и моделирање на хидролошките процеси во сливното подрачје на река Брегалница” всушност претставува синтеза на детерминистичко и стохастичко проучување на хидролошките процеси, кои беа искористени за добивање на подобра процена и прогноза на хидролошките процеси.

Преку детерминистичкото проучување на хидролошките процеси од сливното подрачје на река Брегалница се добиени и анализирани податоците за:

- месечни врнежи,
- средномесечна температура на воздухот,
- средномесечен проток на вода,
- средногодишна и средномесечна евапорација,
- просек на годишната инфилтрација,
- средногодишна и средномесечна релативна влажност,
- средногодишна и средномесечна брзина на ветарот и негова насока,
- траење на сочевиот сјај и облачност.

Обработката на хидролошките параметри не е заснована само на детерминистички заклучувања. Во магистерската работа се образложени стохастичките ARIMA модели, кои се искористени за проучување и креирање на модели на хидролошките процеси. Основната цел беше илустрација на сливното подрачје на Брегалница преку несезонски ARIMA модели за:

- сума на годишни врнежи за период од 1961 до 1996 година,
- средногодишна температура на воздухот за период од 1961 до 1999 година,
- средногодишен проток на вода во река Брегалница за период од 1961 до 1996 година.

На овие хидролошки параметри се направи Box-Jenkins-ово моделирање со несезонски ARIMA модели, кое вклучува повторувачки процес од четири фази:

- одбирање на моделот,
- процена на параметрите,
- проверка на моделот,
- прогностички модел.

- Подготовката на податоците вклучи стабилизирање на сериите каде што се сретнуваат промените и одредување на разлики помеѓу опсервациите во низата или опсервациите за секоја година посебно. Тоа е најлесен начин за моделирање на оригиналните податоци.

- Бирањето на моделот се направи со разни дијаграми базирани на трансформирани и диференцирани податоци, кои се искористија за одредување на ARIMA процесот.

- Процената на параметрите овозможи одредување на вредностите на моделот и се овозможи најдобро подесување на податоците.

- Проверката на моделот вклучи тестирање на претпоставките на моделот за евентуално одредување во областа каде тој не задоволува. На местата каде моделот не ги задоволи нашите потребите потребно беше враќање два чекора наназад, за да се определи подобар модел.

- Крајна цел на анализата на податоците со ARIMA моделите е добивање на прогностички модел.

После одредувањето, процената и проверката на моделот за секој од параметри на хидролошките процеси, како краен чекор е направена прогноза, која најчесто се реализира со компјутер. Во случајов прогнозата е направена за:

- сумата на годишни врнежи (до 2011 година),
- средногодишна температура на воздухот (до 2013 година),
- средногодишен проток на вода во река Брегалница (до 2011 година).

Од прогностичките модели на хидролошките параметри се гледа дека избраниот ARIMA модел:(0,1,1)(0,1,1) за моделирање на низите од годишни вредности на хидролошките параметри во сливното подрачје на река Брегалница најдобро се прилагодува на анализираните хидролошки процеси:

- прогностичкиот модел до 2011 година за сумата на годишни врнежи, добро ги следи годишните и декадните промени. Ова и се очекуваше бидејќи случајната компонента кај врнежите е голема,

- прогностичкиот модел до 2013 година за средногодишната температура добро ги следи годишните и декадните промени, но не толку добро по апсолутната вредност,

- прогностичкиот модел до 2011 година за средногодишниот проток на река Брегалница, добро ги следи годишните и декадните промени. Ова и се очекуваше бидејќи случајната компонента кај протокот е мала.

ARIMA моделирањето на временските серии овозможи анализа на податоците од хидролошките процеси и пронаоѓање добар модел кој се карактеризира со непотполна точност, т.е. знаејќи ја веројатноста на хидролошкиот процес практично имаме сигурен резултат, кој не е сосема точен, но практично може да се искористи. Ова дава еден нов квалитет со кој донекаде се ослободуваме од емпиријата.

Емпириските формули уште долго време ќе бидат неминовен дел во опишувањето на хидролошките процеси. Тоа се докажува и со оваа магистерска работа каде емпиријата е присутна во анализата и одредувањето на хидролошките процеси и нивниот сооднос, преку:

- Примена на методата на Kostjakov за определување на средномесечните вредности на евапорацијата, од вредностите на останатите хидролошки процеси (средномесечна релативна влажност, температура и брзина на ветарот) во сливното подрачје на реката Брегалница;

- Користење на Turc-овата метода за определување на годишната евапорација со помош на податоците за хидролошките процеси (средногодишни температури и годишни врнежи) во сливното подрачје на реката Брегалница;
- Инфилтрација на вода во сливното подрачје на река Брегалница.
- Определување на годишниот индекс на суша во сливното подрачје на река Брегалница (Метода на De Marton);
- Анализа на зависност на хидролошките процеси (врнежи, температура, брзина и насока на ветарот, облачност и траење на сончевиот сјај) од надморската висина:
- Анализа на зависност на релативната влажност од средногодишната температура на воздухот;

Резултатите добиени во магистерската работа би можеле да бидат солидна основа за понатамошни истражувања, кои би ги насочил кон:

- формирање на бази со податоци за геолошките процеси,
- примена на ARIMA моделите во геологијата,
- анализирање на податоците за подземниот проток што би дало голем придонес во динамиката на подземните води,
- ARIMA моделирање на хидролошки параметри (евапорација, евапотранспирација, загаденост на водите, почвата и воздухот),
- Определување на индексот на суша преку анализа на временските серии со податоци,
- формирање на бази со податоци за повеќе природни процеси,
- примена на нови методи во анализата на временските серии.

Користена литература

1. 1964, Chow V.T. Handbook of Applied Hydrology, New York,
2. 1964, Matalas N.C. A correlation procedure for hydrologic data, USGS
3. 1969, Ракичевиќ, Думурџанов Н. Толкувач на ОГК на СФРЈ - Штип, Геолошки завод – Скопје,
4. 1969, Ракичевиќ, Думурџанов Н. Толкувач на ОГК на СФРЈ - Делчево, Геолошки завод – Скопје,
5. 1970, Srebrenovic, D. Primena stohastickih metoda u hidrologii, Zagreb,
6. 1970, Gray D.M. Handbook on principles of hydrology, Ottawa,
7. 1970, Matalas. N.C. Stohasticki procesi, Zagreb,
8. 1972, Yevjevich V. Stochastic processes in hydrology, Colorado,
9. 1974, Nace R.L. World Water Inventory and Control, London
10. 1974, Varshney R.S. Engineering Hydrology,
11. 1974, Jevdjovic V. Stohasticki procesi u hidrologii, Sarajevo,
12. 1976, Box G. Jenkins G. Time Series Analysis, Forecasting and Control, New Jersey,
13. 1976, Anderson O. Time series analysis and forecasting, London
14. 1977, Lawrence A.. Stochastic modeling of river-flow time series,
15. 1978, Klemes V. Physical Based Stochastic Hydrologic Analysis, in Advances in Hydrosiences, New York, USA,
16. 1980, Salas J.D. Delleur J.W. Yevjevich V.M. Lane W.L. Applied Modeling of Hydrologic Time Series, Colorado, USA,
17. 1981, Jenkins G. Alavi A.S. Some aspects of modeling and forecasting multivariate time series,
18. 1985, Cook E.R, A time series approach to tree-ring standardization, Tucson,
19. 1990, Srebrenovic, D. Primijena hidrologija, Zagreb,
20. 1994, Box G. Jenkins G. Reinsel G.C. Time Series Analysis, Forecasting and Control (3rd Edition), New Jersey, 1994
21. 1993, Janacek K. Swift L. Time Series - Forecasting, Simulations, Applications, England UK,
22. 2001, StatSoft Inc. Statistica 6.0 Manual, Tulsa, Oklahoma, USA,
23. 2002, Fleming S Clarke G. AR noise, deserialization, and trend detection and quantification in annual river discharge time series, Canadian Water Resources Journal,
24. 2003, Каевски И. Придонес кон стохастичкото проучување на просторно временските зависни хидролошки процеси, Скопје,
25. 2005, Patheerpan K. Development of Time Series Modeling Metodology to forecast cropping times of paddy in the Batticaloa district using Climatic data, Batticaloa, Sri Lanka,