

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
НАЦИОНАЛЕН ИНСТИТУТ ПО ГЕОФИЗИКА, ГЕОДЕЗИЯ И ГЕОГРАФИЯ

ЙОРДАН ВАСИЛЕВ ДИМИТРОВ

**УПРАВЛЕНИЕ НА РЕЧНИТЕ ВОДНИ РЕСУРСИ В СЕВЕРОЗАПАДНА
БЪЛГАРИЯ В УСЛОВИЯТА НА ЗАСУШАВАНЕ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**на дисертация за присъждане на образователна и научна степен “ДОКТОР”
в професионална област 4.4. „Науки за Земята“,
специалност „Хидрология на сушата и водните ресурси”**

Научен ръководител НИГТГ: доц.д-р Мариан Върбанов
Научен консултант НИМХ: доц. д-р инж. Ирена Илчева

София, 2018 г.

Дисертационният труд е обсъден на разширен научен семинар на департамент „География“ към НИГГГ – БАН на 05.07.2018 г.

Дисертантът е отчислен докторант, с право на защита към секция „Физическа география“, на департамент „География“ към НИГГГ – БАН.

Обща характеристика:

Дисертационният труд е в обем 215 страници, 77 таблици, 166 фигури и 8 страници литература с 53 заглавия на кирилица, 97 заглавия на латиница и 3 източници от интернет.

В цитираните библиографски източници са посочени общо 152 заглавия, от които 53 на български, 96 на английски език, и 3 интернет сайта.

Номерацията на фигурите и таблиците в автореферата съответства на тази в дисертацията.

Защитата на дисертационният труд ще се състои на
от часа в зала № на НИГГГ – БАН пред открито заседание на Научно жури (Заповед № 01-181/23.07.2018 г.) в състав:

- Проф. д-р Игор Няголов – НИМХ-БАН;
- Доц. д-р Ирена Илчева - НИМХ-БАН;
- Доц. д-р Даниела Златунова – СУ „Св. Кл. Охридски“ – ГГФ;
- Проф. д-р Зоя Матеева – НИГГГ-БАН;
- Доц. д-р Мариан Върбанов – НИГГГ-БАН

Материалите по защитата са на разположение на интересувашите се в канцеларията на департамент „География“, каб. 309, 3 ет. III на НИГГГ – БАН, ул. „Г. Бончев“, бл. 3.

Автор: Йордан Василев Йорданов

Заглавие: Управление на речните водни ресурси в Северозападна България в условията на засушаване.

ВЪВЕДЕНИЕ	
1. АКТУАЛНОСТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО	5
2. ОБЕКТ, ПРЕДМЕТ, ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД	5
3. ПРАКТИЧЕСКА НАСОЧЕНОСТ	6
ГЛАВА ПЪРВА. ДЕФИНИРАНЕ, ОБЗОР И АНАЛИЗ НА СЪСТОЯНИЕТО НА ПРОБЛЕМА	7
1.1. Дефиниране на проблема засушаване	7
1.2. Недостиг на вода (Operational и Socio-economic drought). Планове за управление при недостиг на вода и засушаване.	8
1.3. Маловодие и нисък отток.	8
1.4. Генезис на процесите	9
1.5. Идентификация и анализ на засушаването	9
1.6. Индекси на маловодие	9
1.7. Оценка на тенденциите и климатичните промени	10
1.8. Индекси за недостиг на вода и за управление на водностопанските системи	10
1.9. Състояние на проблема в чужбина.	10
1.10. Състояние на проблема в България	11
ГЛАВА ВТОРА. МЕТОДОЛОГИЯ, ИНДИКАТОРНА СИСТЕМА, МЕТОДИ И СРЕДСТВА	12
2.1. Методична рамка.	12
2.2. Индикаторна система за идентифициране и управление в условия на засушаване.	12
2.3. Основни етапи на методологията, индекси, методи и средства за оценка.	13
ГЛАВА ТРЕТА. КРАТКА ФИЗИКОГЕОГРАФСКА ХАРАКТЕРИСТИКА НА РАЙОНА НА СЕВЕРОЗАПАДНА БЪЛГАРИЯ	17
ГЛАВА ЧЕТВЪРТА. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ПРИЛОЖЕНИЕ НА ПОДХОДА, ИНДИКАТОРНАТА СИСТЕМА И МЕТОДИТЕ ЗА ПОРЕЧИЯТА НА СЕВЕРОЗАПАДНА БЪЛГАРИЯ	19
4.1. Климатична характеристика, тенденции и промени. Метеороложко засушаване.	19
4.2. Тренд-анализ на настоящите и бъдещи хидроложки и климатични сценарии	19
4.3. Интегриран пространствено - времеви анализ на засушаването, недостига на вода и маловодието. Приложение на Индикаторна система за оценка на състоянието.	22
4.4. Оценка и характеризиране на оттока, маловодието и регионални зависимости	27
4.5. Интегриран анализ с индекси на състоянието. Управление на риска в моделни поречия на северозападна България	41
4.5.1. Актуализация на изчислителната водностопанска схема	42
4.5.2. Прилагане на индикаторната система за идентификация и дефиниране на продължителни засушавания, състояние на спешност и сценарии засушаване.	43
4.5.2.1. Индикатор за притока към язовирите (reservoir inflow, RI), като част от индикаторната система при засушаване	43
4.5.2.2. Индикатор за напълване на язовирите и индекс на състоянието (State index, SI)	44
4.5.2.3. Резултати от приложение на комплексната индикаторна система и изводи от експериментите	45
4.5.3. Анализ и управление на риска при засушаване. Имитационно моделиране и водностопански баланси на ниво речен басейн.	46
4.5.4. Анализ на функционирането на комплексните и значими ВС и язовири и изводи.	50
4.5.5. Експериментално приложение и анализ на възможностите за развитие на интегрираната индикаторна система.	51
4.6. Анализ на земеползването. Оценка на възможностите за допълване каталога с добри практики в подкрепа на екосистемните функции за опазване на водите.	54
5. Обобщение на мерките за управление на речните басейни на Северозападна България	55
ЗАКЛЮЧЕНИЯ И ИЗВОДИ	56
ПРИНОСИ	59
ПРАКТИЧЕСКА НАСОЧЕНОСТ	59
ПУБЛИКАЦИИ СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД	59

ОСНОВНИ СЪКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

AM(n-days)- годишен минимален n-day отток
BFI – индекс на базовия отток
CMI – Crop Moisture Index
DSS - Системи за подпомагане вземането на решения
DMP – Планове за управление при засушаване
DPSIR – подход движещи сили-натиск-състояние-въздействие-отговор
GES - Добър екологичен статус
GIS – Географски информационни системи
FDC – Flow Duration Curve
IPCC – Междуправителствен панел за климатичните промени
IHA - индикатори на промяната на хидроложкия режим
MAM (n-days) – средногодишен минимален n-day отток
PaDI – Индекс на засушаване на Palfai
PoM – Програма от мерки
P% - Индекс свързан с процента от многогодишни средни валежи
Qx - x-процентил от FDC
SIMYL – Имитационен модел SIMYL
SPEI - Стандартизиран индекс на валежите и сумарното изпарение
SPI - Стандартизиран индекс на валежите
SRI – Стандартизиран индекс на повърхностния отток
SSI – стандартизиран статус индекс
WEI+ - Индекс за експлоатация на водите плюс
WMO – Световна метеорологична организация
WS&D EG – експертна група по засушаване и недостиг на вода

БДДР – Басейнова дирекция „Дунавски район”
BC – Водностопанска система
ВЕЦ – водноелектрическа централа
ГИ – Геологически институт
ДГ – диспечерски графици
ЗВ - Закон за водите
ИАГ – Изпълнителна агенция по горите
МОСВ – Министерство на околната среда и водите
МРР – Министерство на регионалното развитие
НЕК – Национална електрическа компания
НИГГГ – Национален институт по геофизика, геодезия и география
НИМХ – Национален институт по метеорология и хидрология
ПСРВ – пречиствателна станция за питейни води
ПУРБ – планове за управление на речни басейни
РДВ - Рамкова директива за водите

ВЪВЕДЕНИЕ

Количеството на водата на Земята по изчисленията на Shiklomanov (1993) е 1,386,000,000 км³, но тя е разпределена неравномерно и на места почти липсва. Съществува в огромни количества в недрата на планетата, като свързана вода, а на повърхността част от нея е в океаните, ледниците, организмите, атмосферата, друга част е подземна и само 0.06 % е в езерата, 0.0082 % във влажните зони и 0,0014 % в реките. С други думи тези три типа води са с обем на сфера с диаметър от около 50 км (USGS).

Водните ресурси са неравномерно разпределени в пространството и времето. През последните години нарастват екстремните явления (засушаване и наводнения). Засушаването е процес, който за разлика от наводненията, започва бавно и отнема време, но засяга по-обширни области. Натрупването на дефицит на валежите може да отнеме месеци, преди дефицитът да се прояви като намаление на оттока в реките, спадане на нивото на язовирите или намаление на нивата на подземните води. Това води до недостиг на вода и оказва негативно въздействие върху хората, околната среда и икономиката.

1. АКТУАЛНОСТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Актуалността на предложената тематика произтича от новите цели и задачи на Европейската рамкова директива за водите (РДВ) и актуализацията на Планове за управление на речни басейни (ПУРБ). Предстои разработването на Планове за управление при недостиг на вода и засушаване, и включването им като под-планове в ПУРБ. Засушаването и недостигът на вода са мащабни процеси, с голям обхват в пространството и времето, последствията, които касаят социални, икономически и екологични сфери.

Резултатите от дисертационния труд ще са в подкрепа на управление на язовирите и речните басейни и обвързването с разработваните от НИМХ системи за ранно предупреждение при засушаване, на национално ниво, ниво речен басейн и локално ниво.

Ново и актуално направление в научните изследвания е разработването на мерки, добри практики, за обезпечаване на достатъчно по количество и качество вода в подкрепа на екосистемните услуги. Дисертационният труд ще допринесе за допълване на каталозите и развитието на тези изследвания, вкл. т.нар. „зелена инфраструктура“.

Резултатите ще подпомогнат Басейнова дирекция „Дунавски район“ при разработването на Планове за управление управление на речните басейни на Северозападна България в условие на засушаване, маловодие и недостиг на вода.

2. ОБЕКТ, ПРЕДМЕТ, ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

2.1 ОБЕКТ И ПРЕДМЕТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО.

Обект на настоящото изследване са речните басейни на Северозападна България, които са обект на значими природни изменения и антропогенни въздействия.

Предмет на изследването са факторите и закономерностите за формиране на речния отток и минималните водни количества, както и техните пространствено-времени изменения, което ще позволи да бъде направена оценка на водните ресурси и условията на засушаване и недостиг на вода с цел определяне на подходящи мерки за превенция и смекчаване на последиците от засушаванията. Това съответства на основните цели на Европейската Рамкова директива за водите (РДВ).

Характерна особеност на речните басейни от Северозападна България е връзката с трансграничните речни басейни на Дунав и Нишава, като и прехвърлянето на води, посредством множество водохващания и събирателни деривации от един басейн към друг.

2.2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Основна цел на настоящото изследване е въз основа на анализа на факторите за формиране и на пространствено-времевите изменения на речните водни ресурси в

Северозападна България да се формулират принципни решения и мерки в подкрепа на Плановите за управление на речните басейни в условията на засушаване, маловодие и недостиг на вода. Други поставени цели са:

1. да се извърши интегриран пространствено - времеви анализ на засушаването, маловодието и недостига на вода, оценка на речния отток и неговото изменение във връзка с антропогенните и природни процеси;
2. да се предложи методичен подход, методи и средства за идентификация, анализ и управление при засушаване и комплексна индикаторна система и интегрален индекс за оценка на състоянието на засушаване – нормална, предупреждение, тревога, спешност;
3. да се идентифицират и анализират основните фактори, взаимодействия и тенденции в Северозападна България, в съответствие с подхода движещи сили –натиск – състояни е– въздействие – отговор, изискван от РДВ.

В изпълнение на поставената цел са формулирани следните основни **задачи**:

1. Проучване на съвременното състояние на изследванията по проблемите на засушаването и недостига на вода: дефиниране, идентификация, генезис, планове за управление. Извършване на обзор и анализ на литературни източници.
2. Избор и обосновка на подход за интегриран пространствено-времеви анализ на засушаването, маловодието и недостига на вода.
3. Избор и адаптиране на подходящи за целите методи и софтуер. Обосновка на комплексна индикаторна система за идентификация и управление при засушаване.
4. Анализ на различни индекси за идентификация и управление при засушаване, и приложимостта им според целите и наличната информация.
5. Идентификация на основните природни и антропогенни движещи сили и тенденциите в изменението им в изследвания район.
6. Анализ на съвременното състояние на речните водни ресурси по поречия в изследвания район и избор на моделен басейн.
7. Експериментално приложение и тестване на избраните методи, индекси, и софтуер с актуална информация за речните басейни на Северозападна България и избран моделен речен басейн.
8. Актуализация и детайлизация на схемата на използване на водите, имитационния модел и водностопанските баланси. Оценка на недостига на вода и управлението при засушаване на моделния речен басейн.
9. Допълване на каталога от мерки и добри практики, в подкрепа на екосистемните услуги за опазване на водните ресурси и управление при засушаване.
10. Обосновка на мерки в подкрепа на Плановите за управление на речните басейни на Северозападна България, в условие на засушаване, маловодие и недостиг на вода.

3. ПРАКТИЧЕСКА НАСОЧЕНОСТ

Получените резултати от експерименталното приложение на подхода с актуална информация и за конкретни речни басейни и водностопански системи е възможно да се приложат в практиката за целите на Басейнова дирекция „Дунавски район“ за ПУРБ, при издаването на разрешителни, Планове за управление на речните басейни на Северозападна България в условие на засушаване и маловодие.

ГЛАВА ПЪРВА

ДЕФИНИРАНЕ, ОБЗОР И АНАЛИЗ НА СЪСТОЯНИЕТО НА ПРОБЛЕМА

1.1. Дефиниране и характеризане на проблема засушаване.

Съществува обща рамка и нормативна база, залежали в редица ръководства на Европейската комисия, Световната метеороложка организация (World Meteorological Organization, WMO), има много разработки, но още няма единен подход за анализ.

1.1.1. Дефиниране на засушаването

„Засушаване“ (*drought*) или „суша“ е природно явление, което засяга различни по големина територии и е със специфичен характер на въздействието. Засушаването започва с отклонение на валежите от нормалните или очаквани стойности. Може да изминат дни и месеци, преди дефицитът на валежи да доведе до намаление на оттока в реките, спадане на нивата на подземните води, намаление на притока и на нивата на язовирите и дефицити във водоснабдяването.

Основните характеристики на засушаването са :

- няма универсална дефиниция;
- няма единствен индикатор за оценка, прибягва се до няколко индикатора;
- времевите граници са от месеци до години;
- пространствените граници са по-големи в сравнение с други природни явления;
- въздействията са мащабни: върху природата, хората и икономиката;

Сложността и обхватността на процесите правят засушаването трудно за дефиниране, идентификация, оценка и анализ.

1.1.2. Класификация и типизация - видове засушаване.

Категоризирането на дефинициите е в посока на т.нар. концептуални дефиниции (*conceptual definitions*), които формулират засушаването по-общо и т.нар. оперативни дефиниции (*perational definitions*), които характеризират засушаването в реално време, и според неговото начало, суровост и край (Hisdal, H. , L. Tallaksen, 2000; Dakova, Sn., 2004).

В основата на генезиса на явлението засушаване е хидроложкият цикъл.

Могат да се формулират следните видове засушаване: метеороложко (*meteorological*), агро-метеороложко (*agricultural*), хидроложко (*hydrological*) засушаване и недостиг на вода (т.нар. социално-икономическо засушаване - *socio-economic drought*) (Rossi, 2011; Van Lanen and Peters, 2000; Hisdal, H., L. Tallaksen, 2000).

А.Метеороложко засушаване (Meteorological drought):

„Метеороложкото засушаване определя степента на недостиг на валежите спрямо прагова стойност (*threshold*), посочваща нормални условия (напр. средни), за един период от време“ (Rossi, G., 2011). В разширената дефиницията: „В допълнение към валежите, метеороложкото засушаване също означава: високи температури, увеличена евапотранспирация, по-малка облачна покривка и силно слънчево греење, водещи до намалена инфилтрация и др.“ (Rossi, G., 2003).

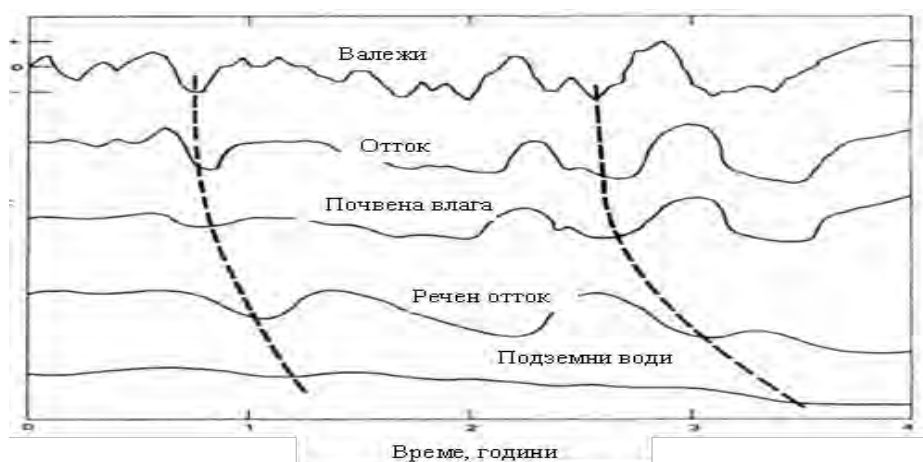
В.Агро-метеороложко засушаване (agricultural drought)

„Агрометеороложкото засушаване за селското стопанство, подхранвано с дъжд, се определя като дефицит на почвена влага вследствие на метеорологичното засушаване, която оказва отрицателно въздействие върху продукцията от земеделски култури и естествения растеж на растенията“ (Rossi, G., 2011).

С.Хидроложко засушаване (Hydrological drought)

„Хидроложкото засушаване касае последствията от недостига на валежи в хидроложката система“. Хидроложкото засушаване обикновено не съвпада по фаза или

изостава от появата на метеорологичната и земеделската суша, защото е необходимо повече време, за да се прояви недостигът на валежи в компонентите на хидроложката система (фиг.1.4. – номерацията в текста е идентична с дисертацията) Хидроложкото засушаване включва: засушаване на повърхностните води (streamflow droughts) и на подземните води (groundwater drought).



Фиг.1.4. Схематична илюстрация на индексите за оценка по типове засушаване(drought index) и изоставяне на проявлението (по Rasmussen et al., 1993; Rossi, 2011).

D.Хидроложко засушаване на подземните води (groundwater drought)

„Засушаването на подземните води (groundwater drought) възниква, когато нивото на подземните води спада под определен критичен праг за определен период от време, което води до негативни последици“ (Hisdal, H., L. Tallaksen, 2000).

1.2. Недостиг на вода (Operational drought и Socio-economic drought). Планове за управление при недостиг на вода и засушаване.

Следва да отбележи, че недостигът на вода, сам по себе си не се явява индикатор или обосновка за засушаване. Важно е да се оцени недостига на вода в условия на намаляваща водност и засушаване - т.нар. „*управленското засушаване*“ (вкл. намаление на нивата и притока на язовирите) (Rossi,G., A.Cancelliere 2009; Ilcheva, I., et al.2015). Намаляване на наличните водни ресурси за всички форми на водоснабдяване, включително регулиране на отток и пренос на вода, се дефинира като “**недостиг на вода**” (*operational drought*). (Ръководство, 2015).

1.2.1. Дефиниране на „Продължително засушаване“ (Prolonged Drought).

Екологичните цели на РДВ са постигането на "добър екологичен статус" (GES). Чл. 4.6. на РДВ позволява временно влошаване състоянието на водните тела в резултат на "продължителна суша". За целта групата WS&D дава общите принципи и критерии за идентифициране на "продължителна суша" (“Prolonged drought”..., 2007): оттокът и нивата на реката; валежи; нивото на водата в водоносните хоризонти; нивото на водата в язовирите и приток към язовирите; екологични показатели; влажност на почвата; снежни запаси; неспособността на мерките за управление на водите да се справят с обичайното водопотребление и др.

1.2.2. Планове за управление при недостиг на вода и засушаване.

Предстои разработване на Планове за управление при засушаване. Съгласно Чл.13.5 на РДВ., когато и където е необходимо трябва да се разработят такива планове и в програмата от мерки (РоМ) на ПУРБ трябва да се допълнят съответните мерки.

1.3. Маловодие и нисък отток.

Ниският отток (low flow) включва три елемента: маловодие, минимален отток и пресъхване. Трябва да се има предвид и взаимовръзката между хидроложкото засушаване, и по-точно на *повърхностните води (streamflow drought)* и *маловодието и ниския (минималния) отток (low flow)*. Както се подчертава, че хидроложкото засушаване може да се дефинира в съответствие с маловодието и характеризирането на дефицитите (Tallaksen., L., H. van Lanen, Key aspects of low flow and drought, www.EU-watch.org).

1.4. Генезис на процесите.

Речният отток е резултат от комплексни природни процеси, които се проявяват на ниво водосбор. Основните природни фактори влияещи върху режима на маловодието включват инфилтрационна способност на почвите, хидравлика и обхват на водоносните хоризонти, норма, честота и обема на подхранването, евапотранспирация, земното покритие, топография и климат. Тези фактори и процеси могат да се групират на *приходна* и *разходна* част. Антропогенната дейност се разглежда отделно.

1.5. Идентификация и анализ на засушаването.

Съществуват различни индекси и методи за идентификация и оценка (Drought management plan report, 2008; Ръководство за управление ..., 2015). В момента с широко приложение за ЕС са индикаторите предложени от Експертната група по недостиг на вода и засушаване (Update on Water Scarcity and Droughts indicator development, May 2012). По-подробно индексите за оценка са анализирани в глава 2 и 3.

1.5.1. Методи и индекси за идентификация на метеороложкото засушаване

- **Стандартизиран индекс на валежите (Standardized Precipitation Index, SPI-n)**

Най-прилагания индекс е стандартизираният индекс на валежите (SPI), разработен е от McKee и др. (1993). Индексът е част от индикаторната системата на НИМХ (www.meteo.bg). Други индексите са: *Стандартизиран индекс на снега (Standardized SnowPack Index – SSPI)*; *Глобален индекс на овлажняване (Торнтъейт)*; *Индекс на относителната влажност*; *De Martonne's Index of Aridity*; *Стандартизиран индекс на валежи и сумарно изпарение (SPEI)* и др.

1.5.2. Модели и индекси за идентификация на агрометеороложкото засушаване

- **Индекс на засушаването на почвата SMI**

Индикатор е почвената влага (Soil moisture), а за оценка се прилага индексът Soil moisture (SMI). Индексът характеризира почвеното засушаване в шест степенна скала и е част от системата на НИМХ (www.meteo.bg). *Palfai* е друг прилаган индекс.

1.5.3. Хидроложки индекси на засушаване

За хидроложко засушаване на повърхностния отток се прилагат индекси като:

- **Стандартизиран индекс на оттока – Standardized Runoff Index (SRI)**

За идентификация на хидроложкото засушаване съгласно изискванията на експертната група WS&D се прилага индексът SRI - стандартизиран индекс на оттока. Индексът е също е част системата на НИМХ (www.meteo.bg).

- **Метод на праговите стойности също се прилага за анализ на засушаването.**

- **Нива на подземните води (Groundwater level (H)).** Определят се прагови стойности (Q90, Q60, Q40 и Q10). Прилага се в Англия, Франция и др.

1.1.4. Индикатор fAPAR - Fraction of Absorbed Photosynthetic Solar Radiation

Индикаторът отчита ефектите на засушаване върху растителната покривка и капацитетът и по отношение на слънчевата радиация. Има още индекси за оценка на засушаването (Ръководство..., 2015).

1.6. Индекси на маловодие

Повече за индексите за оценка на маловодието е дадено в глава 2 и 3. Част от оценката стъпва на метода на трайностните криви. Изчисляват се характерни персентили Q75, Q85, Q95, и др. Използват се и дневни минимуми с различни продължителности - 1, 3, 7, 10, 30 и 90 дни.

Актуално за целите на РДВ е и приложението на т.нар. индикатори на промяната на хидроложкия режим *IHA* (Acreman, 2009; Ilcheva, I., et al., 2015; Лизама, Б., 2011). Съществуват още десетки индекси за състоянието на речната система, като 7Q10 (7-дневен минимум за 10 годишен период на повторемост), baseflow и др.

1.7. Оценка на тенденциите и климатичните промени

За идентификация на значими трендове се прилага Манн-Кендал тест. За оценка на климатичните промени се анализират сценарии и климатични симулации за бъдещи периоди, и влиянието им върху оттока (CC-WARE; Балабанова, Сн.,И. Илчева, 2012).

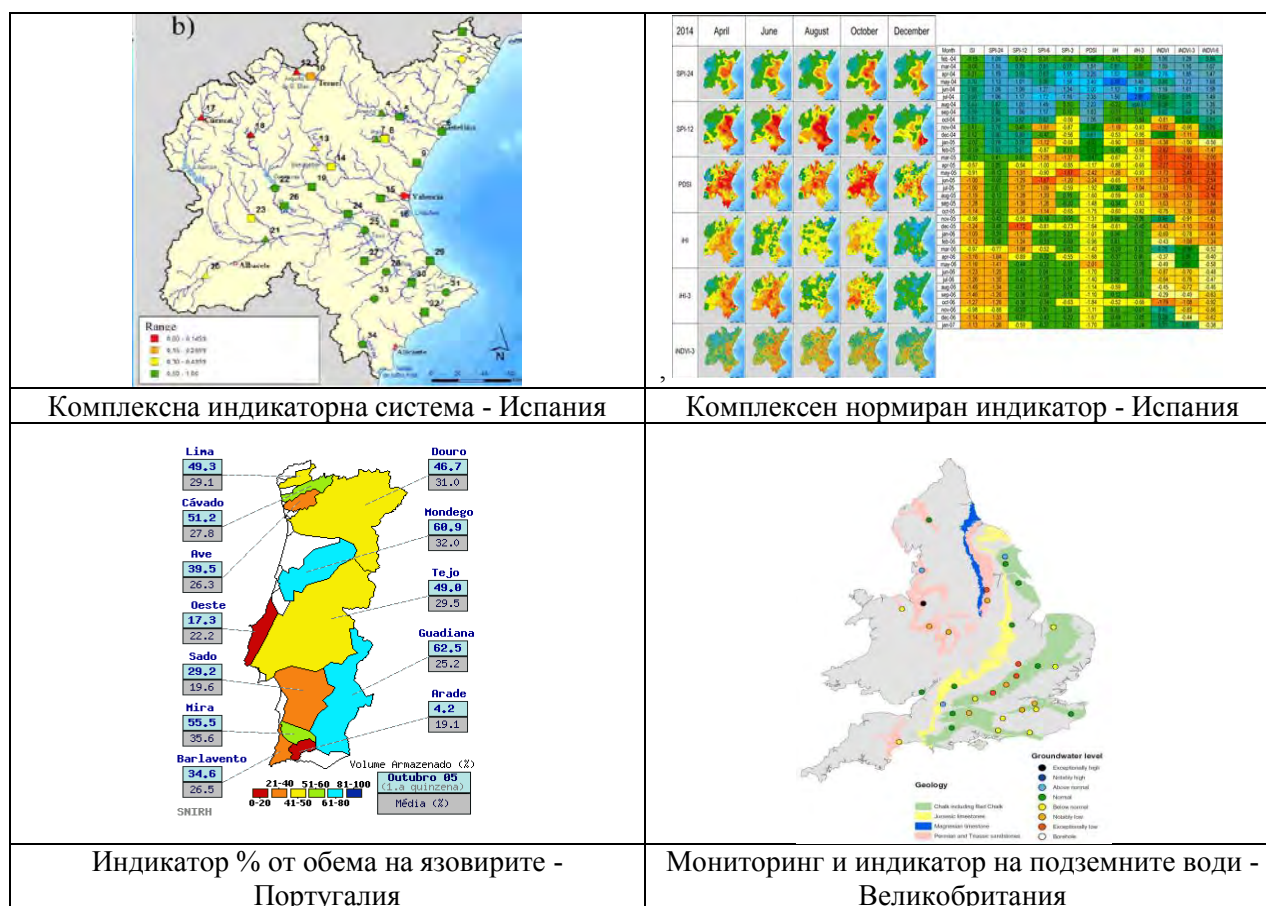
1.8. Индекси за оценка на недостига на вода и управление при засушаване

Опитът на експертите доказва, че индексът WEI не е подходящ за оценка на недостига на вода и засушаването (Mitigation vulnerability..., 2014c). За оценка на управленското засушаване се прилагат индекси за анализ на състоянието на водостопанските системи (индикаторни системи) и надеждността на водоснабдяването.

1.9. Състояние на проблема в чужбина.

Голяма част от литературните източници са свързани с Европейската Рамкова директива за водите и други стратегически документи и ръководства като (DMP Drought Management Plan Report, 2007; MEDROPLAN, 2007и др.). В тях се дафинира нормативната рамка на Плановите за управление при недостиг на вода и засушаване.

Индикаторни системи за идентификация и управление при засушаване



Фиг.1.6. Индикаторни системи за идентификация и управление при засушаване.

ГЛАВА ВТОРА

МЕТОДОЛОГИЯ, ИНДИКАТОРНА СИСТЕМА, МЕТОДИ И СРЕДСТВА

2.1. Методична рамка

Методологичният подход стъпва на интегриран пространствено - времеви анализ на засушаването, маловодието и недостига на вода. За целта е предложена Индикаторна система за идентифициране и управление в условията на засушаване. За всеки етап на подхода са обосновани и адаптирани съответни индекси, методи, средства и софтуер.

Методичната рамка съответства на общата методология при разработване на Планове за управление при засушаване - фиг.2.2.

За разработването на План за управление на при засушаване и недостига на вода са необходими най-малко три компонента (DMP, 2009; Ръководство..., 2015) - фиг.2.2:

1. Характеризиране и мониторинг (Drought Characterization and Monitoring);
2. Анализ на риска (Drought Risk Assessment).
3. Управление и мерки (Drought Management and Mitigation) - ответни действия и мерки за управление и смекчаване в условия на засушаване.



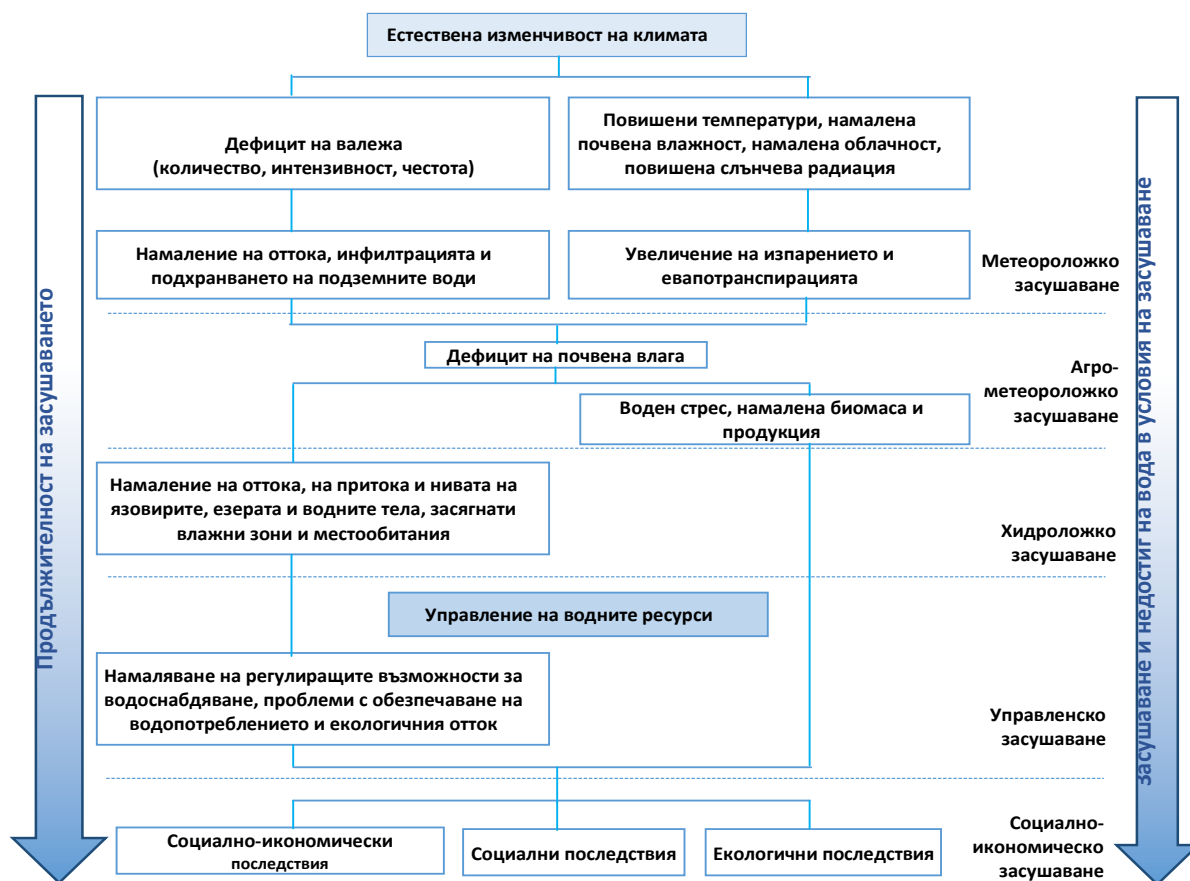
Фиг.2.2. Основни етапи на Планове за управление при недостиг на вода и засушаване (DMP, 2009, Medroplan, адапт. Ilcheva, I. et al., 2015; Ръководство..., 2015)

2.2. Индикаторна система за идентифициране и управление в условия на засушаване.

Предложената в дисертационния труд Индикаторна система за идентифициране и управление в условията на засушаване в България, отчита чуждестранния опит (Испания, Англия, Португалия и др.) и разработеното в НИМХ за нуждите на МОСВ и БД: индикаторна система за засушаване на национално ниво, модели, индекси и средства за подпомагане вземането на решения и управление при недостиг на вода и засушаване (www.meteo.bg, www.moew.bg, Ръководство за управление на маловодието ..., 2015; Ilcheva, I., et al., 2015; Няголов, И. и кол., 2011-2017; WS&D expert network, etc.). Тя включва индикатори и индекси за оценка и управление на основните видове засушаване, вкл. дългосрочното засушаване и недостиг на вода при засушаване – фиг.2.3. и табл.2.1.

Оценката и управлението на недостига на вода при намаляваща водност е неразделна част от системите за ранно предупреждение и база за дефиниране на т.нар. „продължително засушаване“ за целите на РДВ.

Фазите на засушаване са: нормално, предупреждение, тревога, спешност.



Фиг.2.3 Взаимовръзка между видовете засушаване и продължителността (Monzonís et al.)

№ и Тип засушаване	Индикатор и индекси за оценка	Експериментално приложени в дисертацията
1.Метеороложко засушаване	Валежи. Индекс - стандартизиран индекс на валежите – SPI (www.meteo.bg)	SPI1, SPI3, SPI6, SPI9, SPI12, SPI24
2.Агromетеороложко засушаване	Почвена влага Индекс на почвената дефицит на влага SMI (www.meteo.bg)	n.a.
3.Хидроложко засушаване	Отток Стандартизиран индексите на оттока за оценка хидроложкото засушаване – SRI (www.meteo.bg)	SRI1, SRI3, SRI6, SRI9, SRI12, SRI24
4.Хидрогеоложко засушаване	Ниво на подземните води (метод на праговите нива, BFI и др.)	Анализ на нива на кладенци и дебит на извори, BFI.
5.Управленско засушаване (Operational и Socio-economic drought) и недостиг на вода (water scarcity) при засушаване	Приток към язовирите. Прагови нива на притоци с характерна обезпеченост. (www.moew.bg)	Прагови нива на месечни и годишни притоци с характерна обезпеченост – 50%, 75%, 95% <i>Разработвани в НИИМХ (секция „Водностопански изследвания“) за целите на МОСВ.</i>
6.Управленско засушаване (Operational и Socio-economic drought) и недостиг на вода (water scarcity) при засушаване	Напълване и нива на язовирите Оперативни индекси и Диспечерски графици, ДГ, (<i>разработвани в НИИМХ секция „Водностопански изследвания“ за целите на МОСВ.</i>) Индекси за състоянието на язовирите (State Index Испания). Процент от обема (Португалия). % от обема се ползва и в МОСВ (www.meteo.bg)	Индекси за състоянието на язовирите, базиран на процент от обема и Стандартизиран индекси на състоянието (<i>Standardised State Index, SSI</i>) на язовирите и речените басейни. <i>Разработвани в НИИМХ по примера на Португалия и Испания (секция „Водностопански изследвания“) в подкрепа на МОСВ.</i>
7.Управленско засушаване (Operational и Socio-economic drought) и недостиг на вода (water scarcity) при засушаване	Недостига на вода при засушаване. Индикатори за оценка на социално-икономически и екологични последствия. Индекс за уязвимост (надеждност) на водоснабдяването е екологичния отток и др. (www.meteo.bg)	Индекси на надеждност на водоснабдяването и екологичния отток. Критерии за дефиниране на значимостта на язовирите и др. <i>Разработвани в НИИМХ (секция „Водностопански изследвания“) за целите на МОСВ и др.</i>

2.3. Основни етапи на методологията, индекси, методи и средства за оценка.

Основните етапи, приложените индекси, методи и средствата са дадени по-долу.

1. Първи етап. Анализ и оценка на природните фактори. Климатични фактори, тенденции и промени. Идентификация на метеороложкото засушаване.

Основни климатични индикатори за анализ са: валежите (P), температурите (T), потенциалната и актуална евапотранспирация.

1.1. Оценка на климатичните фактори и тенденциите

Идентификацията на трендове е от значение за интерпретацията на възможни бъдещи промени (Dimitrov, Y., A. Yodranova, 2017). За оценка на значимостта на тренда може да си приложи Mann-Kendal тест.

1.2. Анализ на климатичните индекси и очакваните климатични промени

На този етап от дисертационния труд се анализират очакваните климатични промени въз основа на проекти и ПУРБ (CC-WARE, 2014; ПУРБ -2016-2020).

1.3. Идентификация на метеороложкото засушаване, чрез Стандартизиран индекс на валежите SPI.

Най – прилаганият индекс е Стандартизиран индекс на валежите SPI. Представява трансформацията на многогодишна редица от валежи по стандартно нормално разпределение. Според (McKee и колектив, 1990, WA&D Expert group):

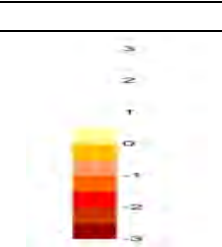
$$SPI = \frac{P_i - P_m}{P_m} \times 100 / s\% \quad (2.2)$$

където:

P_i - текущи валежи за период i ; P_m - многогодишни средни валежи за период I ; $s\%$ - коефициент на вариация на средните валежи за период i .

За целите на дисертацията е приложена скалата на НИМХ – табл.2.3.

Таблица 2.3. Класификация на засушаването НИМХ (www.meteo.bg) и прагове:

SPI	Скала	Вероятност %	
2 или повече	Изключително влажно	2,3	
От 1,50 до 3,00	Много влажно	4,4	
От 1,00 до 1,50	Умерено влажно	9,2	
От 0 до 1,00	Леко влажно	34,1	
От 0 до -1,00	Леко сухо	34,1	
От -1,00 до -1,5-	Умерено сухо	9,2	
От -1,50 до -2,00	Тежко засушаване	4,4	
-2,00 или по-малко	Изключително сухо	2,3	

2. Втори етап. Анализ и оценка на водните ресурси и тенденциите. Идентификация на хидроложкото засушаване. Оценка на маловодието с индекси на маловодие.

2.1. Анализ и характеризирание на оттока. Регионални зависимости.

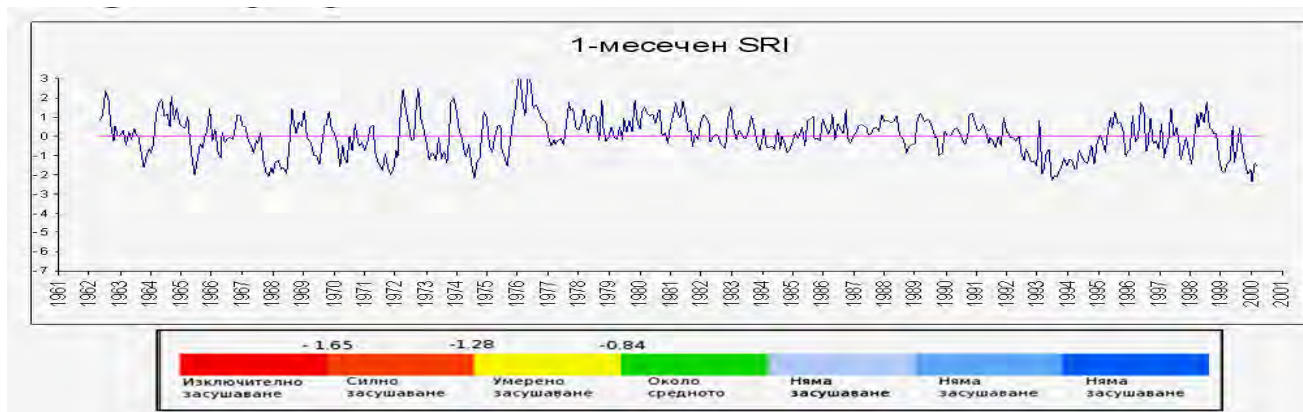
Промяната на метеороложките фактори се отразява директно върху формирането на оттока. За целите на дисертацията се ползват редици и данни, както за регистрирания отток, така и редици за естествения отток, от разработки като (Водностопански баланси на Огоста и Западно от Огоста, 2006 г.; Герасимов и кол., Генерални схеми..., 2000).

За избрания тест-район е приложен методичен подход на НИМХ за регионализация за целите на ПУРБ (споразумение с на НИМХ с МОСВ 2016-2017) и са разработени регионални зависимости.

2.2. Анализ на тенденциите на водните ресурси и очакваните климатични промени

Анализира се влиянието на климатичните промени върху оттока (CC-WARE, 2014; ПУРБ -2016-2020). Оценката на влиянието на антропогенната дейност, използването на водните ресурси и промяната в земеползването са обект на следващи етап 3 и етап 4.

2.3. Идентификация и на засушаването с хидроложки индекси на засушаване.



2.3.2. Ниво на подземните води

Подходящи за поставените в дисертацията цели са индексът на базовия отток (base flow index) и нивата на подземните води (Groundwater level, H).

2.4. Оценка на маловодието с индекси на маловодие.

2.4.1. Индикатори на промяната на хидроложкия режим (ИНА, Acreman, 2009).

Индикаторите ИНА са препоръчани като средство за анализ на модифицирането на режима на оттока и постигане на добър екологичен статус (Guidance Document No. 31, 2015; Acreman, 2009; Ilcheva, I., D.Georgieva, A.Yordanova, 2015).

2.4.2. Разделяне на хидрографа. Базисен отток и flow index BFI

Отношението на „baseflow” към общия речен отток се нарича индекс на подземния отток “BFI” (base flow index) (Методика за определяне на ресурсите на подземните водни тела ..., НИМХ). Според индекса се оценява степента на засушаване (Dakova, Sn., 2004).

2.4.3. Други методи за идентификация и оценка на засушаването и маловодието. Метод на праговите нива и вариационни прагове - методика на Tallaksen.

Един от най-прилаганите методи е методът на желаните/праговите/ нива, индекс TWD (Total Water Deficit), характеризиращ суровостта на сушата S (severity), като функция на продължителността D (duration) на периода, през който оттокът е под някаква целево ниво и степента M (magnitude), която характеризира величината на отклонението от целевия отток – фиг.2.5. На този етап се прилага **методиката на Tallaksen, L. M. И van Lanen, H. A. J.** (Tallaksen, L. M. , van Lanen, H. A. J., 2004).

3. Трети етап. Интегриран пространствено - времеви анализ на засушаването, недостига на вода и маловодието. Индикаторна система за оценка на състоянието. Анализ и управление на риска при засушаване.

Индикатори като валежи, температури, евапотранспирацията и индексите SPI описват природните процеси. Всички останали са повлияни от човешката дейност. Важно да се анализират интегрирано в пространството и времето, съвместно с индикаторите за състоянието за язовирите.

2.3.1. Индекси за оценка на състоянието на язовирите и речните басейни.

2.3.1.1. Индекси за оценка на „притока към язовирите“.

Подходящи индикатори за „притока към язовирите“ притоци с определена обезпеченост. За целите на дисертацията се ползват прагови стойности за месечни и годишни притоци с обезпеченост 50%, 75%, 95%. Разработени са в НИМХ за целите на МОСВ („Актуализация на ползваните данни за притоците в язовирите от Прил. 1 на ЗВ за нуждите на годишните графици за използване на водите им“ първи етап, Споразумение НИМХ с МОСВ, 2017, www.moew.bg) – табл.2.6.

Таблица 2.6. Прагови нива на индикатор приток към язовирите – обезпеченост

>50	50% (средна година) 50% - 75%	75% (средно суха) 75%-95%	95% (много суха) <95%

2.3.1.2. Индекси за оценка на състоянието на язовирите и речните басейни.

За нивата на язовирите като оперативен индикатор се прилагат запрограмирани в EXCEL продукти разработвани в секция „Водностопански изсредвания“ за оценка на:

1. Индекс *обем на язовирите в % от полезния обем* (по примера на Португалия);
2. Новият *Стандартизиран индекс на състоянието* (Standartised State Index), (по примера на Испания (Hero.D., et al, 2018);
3. *Интегриран индекс на състоянието на ниво речен басейн* (под-басейн).

В индикаторната система на Испания всички индекси се нормират и се калибрират в единен показател, чрез теглово сумиране.

➤ *Наличния обем на язовира в % от полезния/общия обем*

Подобен анализ се прави от МОСВ, но не е изчислен като индекс и няма скала.

Таблица 2.8. Праговите нива за индикатора за наличен обем в % от полезния обем на язовирите (по примера на индикаторна система за засушаване в Португалия)

81 - 100	61-80	51-60	41-50	21 - 40	0 - 20

➤ *Стандартизираният статус индекс /Standartised State Index, SSI /*

Стандартизираният статус индекс (SSI) е подобрение на прилаганият в Испания SI, защото отчита напълването на язовира по месеци и е по-подходящ за оценка на засушаването при речни басейни и язовири със сезонно регулиране на оттока. Формулите за оценка са:

$$V_{i,t} \geq V_{med,t} \rightarrow SI_{i,t} = 1/2 * (1 + ((V_{i,t} - V_{med,t}) / (V_{max,t} - V_{med,t}))) \quad (2.3)$$

$$V_{i,t} < V_{med,t} \rightarrow SI_{i,t} = 1/2 * (V_{i,t} - V_{min,t}) / (V_{med,t} - V_{min,t}),$$

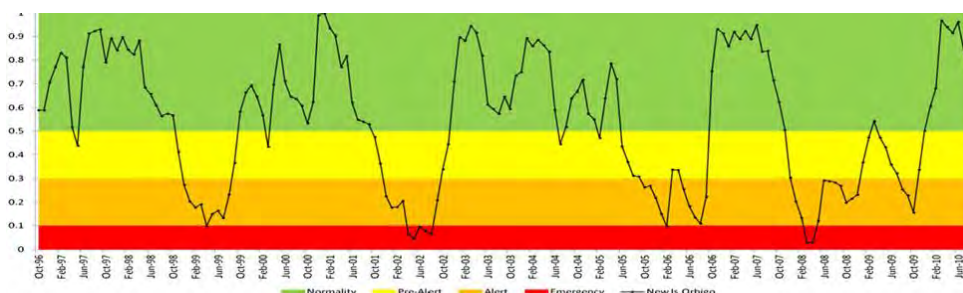
където: $SI_{i,t}$ е Standartised State Index за година i и месец t ; $V_{i,t}$ е стойността на индикатора за година i и месец t ; $V_{med,t}$, $V_{max,t}$ и $V_{min,t}$ са месечните ($t = 1, 2, 3, \dots, 12$) статистики на индикатора (mean, maximum, minimum) за оценявания период.

Таблица 2.9. Прагови нива за индикатор на състоянието речните басейни, водостопанските системи и язовирите (по примера на индикаторна система на Испания)

Нормално (Normality)	$Is \geq 0,5$
Предупреждение (Pre-alert)	$0,5 > Is > 0,3$
Тревога (Alert)	$0,3 > Is > 0,1$
Спешност /критично (Emergency)	$0,1 > Is$

➤ *Интегриран индекс на състоянието на ниво речен басейн*

Добре е всички индикатори да се нормират в интервал 0-1 и да се разработи единен индикатор на ниво речен басейн.



Фиг.2.8. Индекс State Index на Orbigo River (Испания; Haro, D., et all., 2014)

2.3.1.3. Управляващи функции (Диспечерски графици)

Диспечерските графици не са обект на дисертацията. Добре е за управление на язовирите, да се прилагат ДГ, разработвани в НИМХ за МОСВ (Няголов, И., и кол., 2011-2017).

2.3.2. Анализ и управление на дългосрочния и краткосрочен риск при засушаване в Северозападна България.

Анализът и оценката на недостига на вода и риска от дефицити при засушаване е основен етап от управление на водните ресурси на Северозападна България. Етапите са:

2.3.2.1. Актуализация на изчислителната схема и водностопанските баланси на поречия от Северозападна България.

2.3.2.2. Прилагане на индикаторната система за идентификация и дефиниране на продължителни засушавания, състояние на спешност е сценарии засушаване.

2.3.2.3. Имитационно моделиране и анализ на функционирането на ВС при различни сценарии. Набелязване на мерки за управление на ВС.

На този етап се прилага имитационен модел SIMYL (разработен в НИМХ от проф. И. Няголов). Мрежовият модел се състои от възли и дъги. Възлите представляват водоизточниците (язовири, водохващания), водоползватели и др., а дъгите са елементите на връзките между възлите – речни течения, деривации, канали и т.н. **Извършва се оценка на индексите на недостиг на вода** и обезпечеността на водоползването и екологичния отток за различните варианти.

4. Етап 4. Анализ на земеползването. Допълване на каталога от мерки и добри практики в подкрепа на екосистемните функции, чрез “зелена инфраструктура” и създаването на изкуствени влажни зони (малки водоеми).

В допълнение на разработени каталози от мерки /СС-/ в дисертацията ще се предложат мерки за повишаване на задържащата способност на терена, чрез влажни зони.

5. Етап 5. Разработване и анализ на мерки за управление на речните басейни на Северозападна България в условия на засушаване. Изводи и препоръки.

ГЛАВА ТРЕТА КРАТКА ФИЗИКОГЕОГРАФСКА ХАРАКТЕРИСТИКА НА РАЙОНА НА СЕВЕРОЗАПАДНА БЪЛГАРИЯ

3.1. Характеристика на оттокообразуващите фактори в Северозападна България. Геоложки строеж, релеф и речна мрежа. Почвена и растителна покривка

Физико-географските характеристики на Северозападна България засвидетелстват определена зоналност на оттокообразуващите фактори в условията на засушаване, но и азоналност предопределена от наличието на лъос и карст. Изворите и кладенците се влияят различно от продължителните засушавания и следват флуктоациите на валежите и речния отток със закъснение.

3.2. Геоложки строеж, релеф и речна мрежа.

От физикогеографска гледна точка Северозападна България е част от Севернобългарската физикогеографска провинция. Тя включва земите между р. Дунав, южния, разседно обусловен склон на Главната Старопланинска верига, източната част на восборната област на р. Огоста и българо-сръбската граница на запад. По редица физикогеографски признаци за южна граница се приема Главното било на Стара планина (Минков, 1968).

Разграничават се три физикогеографски области: Дунавска равнинно-хълмиста, Предбалканска и Старопланинска област.

3.3. Климат

Районът на СЗБ попада почти изцяло в Умереноконтиненталната климатична област. Тя обхваща Крайдунавските низини, Западния Предбалкан и Западна Стара планина. Най-характерните белези на климата са топло лято и студена зима с големи годишни температурни амплитуди (средно 25,7 °C). Максимумът на валежите е пролетно-летен, а минимумът е зимен, но със сравнително устойчива снежна покривка. Планинската климатична област, чертите на която се наблюдават в най-високите части на басейна на р. Огоста се характеризира със средногодишни температури около 0 °C, с максимум през август, с по-голям относителен дял на твърдите валежи, ниско атмосферно налягане, висока относителна влажност и силни ветрове.

3.4. Води. Речни системи. Хидрография на района

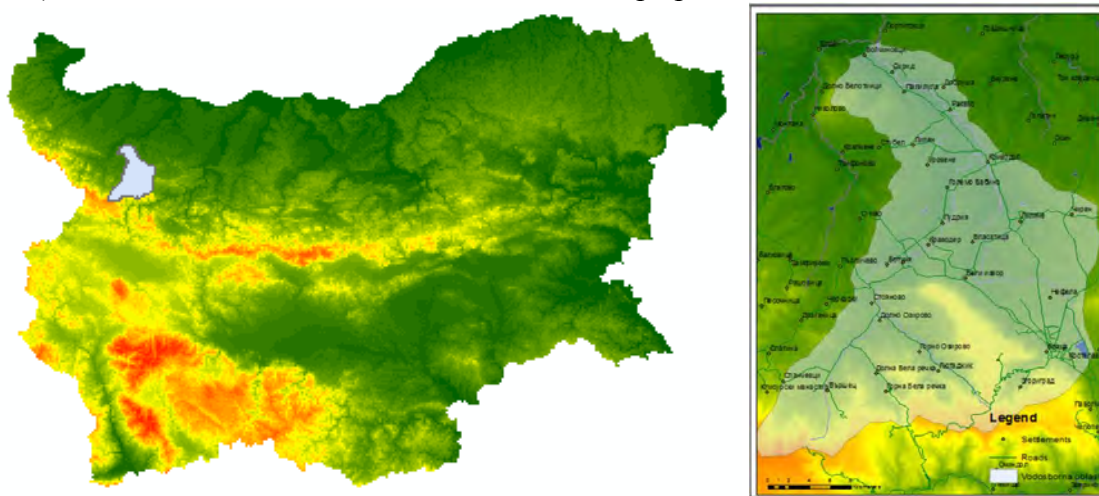
Реките в Северозападна България формират своя отток от район от 8022 км², разположен между Западна Стара планина, р.Тимок, р.Дунав и р.Искър. По-значителните от тях по реда на вливането си в р.Дунав са: р.Тополовец, р.Войнишка, р.Видбол, р.Арчар, р.Скомля, р.Лом, р.Цибрица, р.Огоста и р.Скът. Началото на реките основно е от извори под билото на Стара планина или Западния Предбалкан.

От всички реки в този район Огоста е най-голямата река, с най-голям дебит, дължина и водосборна площ и с многобройни притоци (фиг. 3.2.). Формирана е от множество малки рекички, водещи своето начало от Чипровската планина, като до гр. Монтана тече през тясна долина, а след това навлиза в Дунавската равнина и при гр. Оряхово се влива в р.Дунав. Река Огоста има около 40 притока, от които най-големи са Ботуня (дължина 69 km, водосборна площ 732 km²) и Бързия (дължина 35 km, водосборна площ 241 km²) (Христова Н. 2012).

За целите на изследването са използвани данни за средномесечни и минимални водни количества, любезно предоставени от ръководството на НИМХ, за различни по продължителност периоди (дадени в таблици с характеристики на водосборната област, най-рано от 1936 г. до 2007 г. за действащите станции), които покриват цялостно територията на района на СЗ България, а дневните водни количества са за по-кратък отрязък от време от 1973 до 1983 г.

Моделно поречие на река Ботуня

Басейнът на река **Ботуня** е десен приток на р. Огоста. Дължината ѝ е 68.9 км, а водосборната площ е 732 км². Река Ботуня е вторият по големина приток на Огоста след р. Скът. Извират източно от връх Тодорини кукли (1 785 м, най-високата точка на планината Козница) на около 1550 м н.в. под името Малка Стара река.



Фиг.3.5. Картохема на водосборната област на р. Ботуня

3.5. Почви

Територията на СЗБ се причислява към Севернобългарската горско-степна почвена зона, в която основните почвени зонални типове са черноземите и граничещите с тях на юг сиви горски почви.

3.6. Залесеност

Залесеността на района е около 25% от цялата площ. Преобладават широколистните гори. Буковите гори имат най-голямо разпространение в поречието на Огоста, като за целия район на СЗБ са разположени във висок пояс по билото на Западна Стара планина (ПУРБ 2016-2020).

3.7. Кратка характеристика на използването на водните ресурси

Подробно описание и актуализация на водностопанската схема и балансите на поречия от Северозападна България е дадено в глава 4.5.

ГЛАВА ЧЕТВЪРТА

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ПРИЛОЖЕНИЕ НА ПОДХОДА, ИНДИКАТОРНАТА СИСТЕМА И МЕТОДИТЕ ЗА ПОРЕЧИЯТА НА СЕВЕРОЗАПАДНА БЪЛГАРИЯ

Методологията, индикаторната система, методите и средства са приложени и експериментирани за речните басейни на Северозападна България. Експериментите са проведени на три нива: цялостно за всички поречия на Северозападна България, детайлно за речен басейн Огоста и подбасейн Ботуня.

4.1. Климатична характеристика, тенденции и промени. Метеороложко засушаване.

4.1.1. Оценка на климатичните фактори и тенденциите.

Климатичните условия обуславят района на СЗ България да се причисли към умерено-континенталния тип климат, характеризиращ се с наличието на засушливи периоди, както през зимното, така и през лятното полугодие.

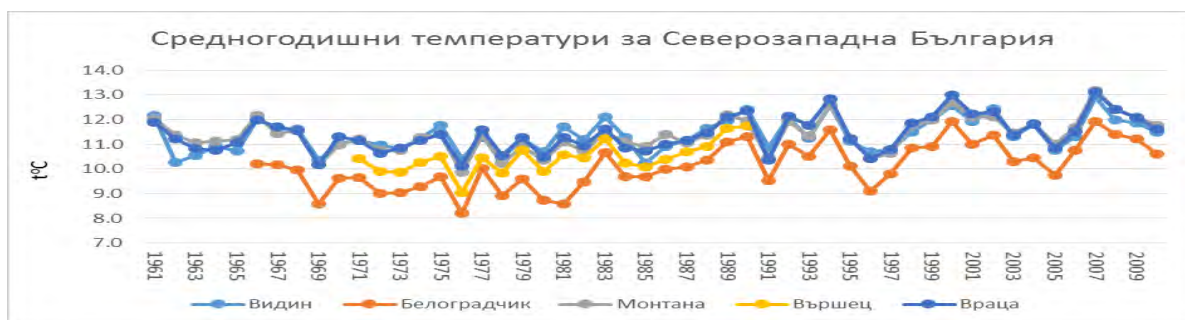
Средногодишната валежна сума за района на изследване е около 550-770 мм за периода 1961-2010г и над 1000 мм за ст. Вършец (табл. 4.1.1.). Във Видин има 3 случая с месец без валеж (10.1965 г., 01.1989 г. и 08.1992 г.).

Таблица 4.1.1. Средногодишни температури и сума на валежите (1961-2010 г.)

	Видин	Белоградчик	Монтана	Вършец*	Враца	Криводол**
Температура	11.4	10.1	11.4	10.4	11.4	
Валеж	559	718	585	1112	773	617

*Налични дневни данни за периода 1971-1990 г. **За периода 1966-1990 г.

Средногодишните температури са около 10-12°C, с максимум за Враца от 13.1 °C и минимум за Белоградчик от 8.2 °C (фиг 4.1.1.). януари е най-студен 0 до -1 °C, а за юли и август температурата е 20-23°C.



Фиг. 4.1.1. Средногодишни температури за периода 1961-2010 г.

Вътрешногодишното разпределение на температурите, че максимумът на температурите е юли и август. Максимумът на валежите е основно през юни, а минимумът от август до октомври.

4.2. Тренд-анализ на настоящите и бъдещи хидроложки и климатични сценарии

4.2.1. Оценка на тренда на температурите и валежите

Извършената оценка на тенденциите в среда на Excell и с Манн-Кендал тест, разкрива неблагоприятното разпределение на валежите спрямо температурите, допринасящо за хидроложкото засушаване (Фиг. 4.2.1). При температурите за всички станции е установен положителен тренд на нарастване на средногодишните стойности. Резултатите от Манн-Кендал при Враца и Монтана показват значим нарастващ тренд на температурите $Z = 2.8$ и 2.7 (Dimitrov., Y., A.Yodranova, 2017, Trends Assessment ..., 2017). Няма изявен тренд за годишните стойности на валежите.

Разпределението на валежа по дни във Вършец (фиг. 4.2.5) показва нарастване на броя на поройните валежи.



Фиг 4.2.1. Тренд на годишните температури и валежни суми – Видин



Фиг 4.2.5. Тренд на дневните температури и валежни суми – Вършец (1971-1990)

4.2.2. Тренд-анализ на оттока

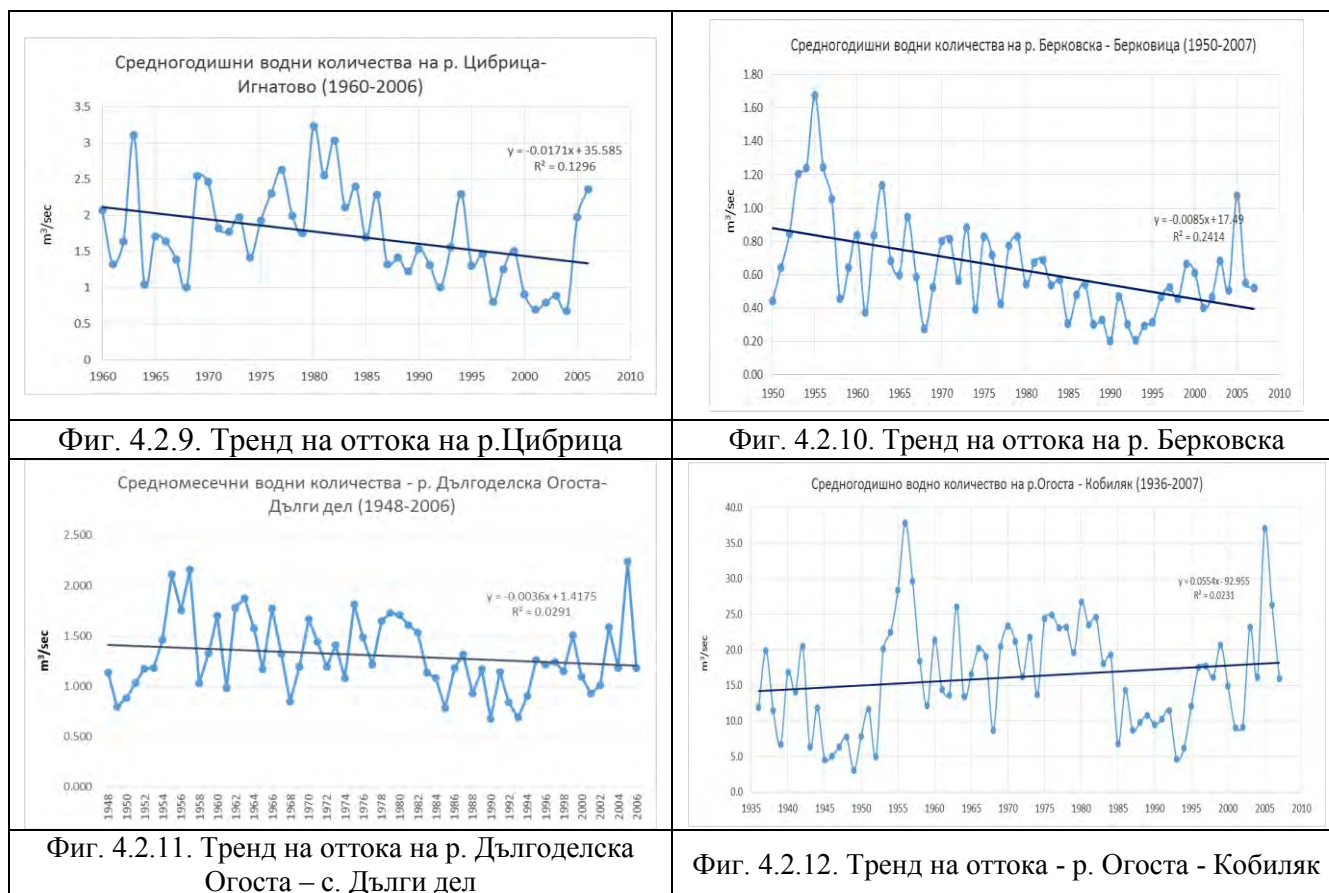
Резултатите от Манн – Кендал теста са за изследвания тест-район на р.Ботуня (Dimitrov., Y., A.Yodranova, 2017) и показват статистически значим намаляващ тренд на годишния отток за два пункта. На фиг. (4.2.8) са дадени резултатите от анализа на тенденциите на оттока за р.Ботуня.



Фиг. 4.2.8.Тренд Ботуня регистриран отток, Стояново за периода 1947 – 2007

За регистриран отток за ХМС № 16500 (145) р. Ботуня – Стояново, за период 1947-2007 г. имаме статистически значим намаляващ тренд на оттока. За ненарушения отток на р.Ботуня при устието и при ХМС 16500 трендът отново е значим за 1961-2004г.

Извършената в Excell оценка на тенденциите на водните количества в други ХМС (Фиг. 4.2.9 - 4.2.12), разкрива известни различия.



При реки като Цибрица, Берковска и др. се наблюдава силно намаляващ тренд. Притоците в горното течение на р. Огоста са с по-малко изразен отрицателен тренд. В средното течение на р. Огоста (при Кобиляк) се наблюдава положителен тренд и периоди с различна водност, което може да се дължи на построяването и експлоатацията на комплексните и значими язовири. Притоците към язовирите „Среченска бара“, „Огоста“, „Кула“ и „Рабиша“ също намаляват („Актуализация на ползваните данни за притоците ...“, 2017 г).

4.2.3. Анализ на очакваните климатични промени

Оценките на тенденциите на климатичните фактори показват, че водеща движеща сила е температурата. Това се потвърждава и от резултатите от международни проекти, в които участват и експерти на НИМХ (CECILIA, DMCSEE, Danube WATER, CC_WaterS,

CC-WARE). и др. Резултатите за Югоизточна Европа от CC-WARE сочат, че се очаква покачване на температурите за всички сезони и региони. При сравнение на средните температури за 2021-2050 г. спрямо настоящето 1990-2020 най-големи различия се наблюдават лятото. Затоплянето на Балканския полуостров е с около 2⁰С.

Очаква се валежите да са по-балансираны, като има райони в северна Европа, където валежите нарастват, а в Южна Европа и на Балканите – намаляват.

Извършеният анализ за СЗ България потвърждава тенденциите от сценариите. Подобни са резултатите от ПУРБ на БДДР дадени в табличен вид.

4.2.4. Анализ на очакваните промени в оттока

Дунавската равнина попада в граничната зона (между районите от Югоизточна Европа с очаквано намаление и тези с очаквано увеличение на оттока) /CC-WARE/. Очакват се промени във вътрешногодишното разпределение на оттока и екстремни явления. Подобни са изводите и в ПУРБ на БД“Дунавски район“.

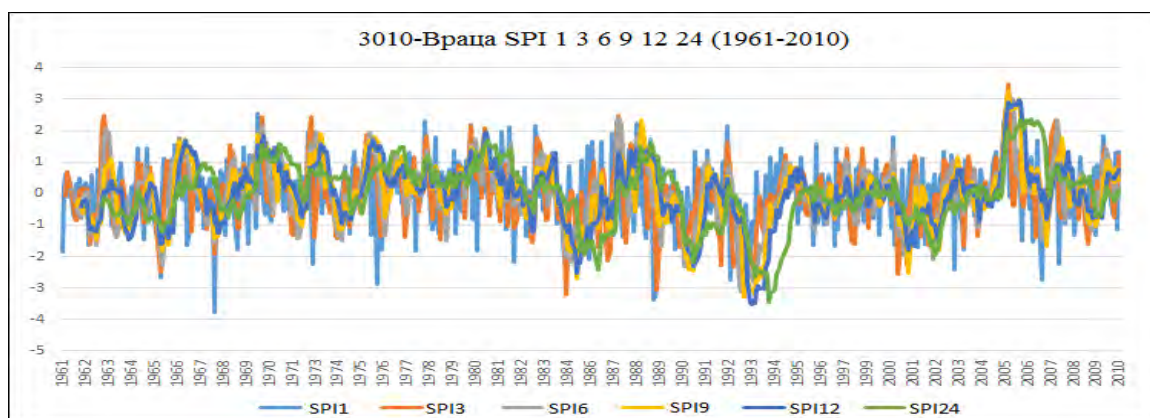
4.3. Интегриран пространствено - времеви анализ на засушаването, недостига на вода и маловодието. Приложение на Индикаторна система за оценка на състоянието.

Извършен е интегриран пространствено-времеви анализ и оценка за идентификация, характеризиране и управление на засушаването с предложената Индикаторна система.

Приложени са софтуерни продукти SPI-SL6, IHA_v-7.1, анализи в среда на EXCEL, имитационно моделиране със SYMIL.

4.3.1. Идентификация на засушаването на Северозападна България.

Проведени са числени експерименти и са оценени индексите SPI на 1,3,6,9,12 и 24 месечна база (Фиг. 4.3.1).



Фиг. 4.3.1. Стандартизиран индекс на валежа SPI за 1, 3, 6, 9, 12, 24 месеца за 3010-Враца (1961-2010)

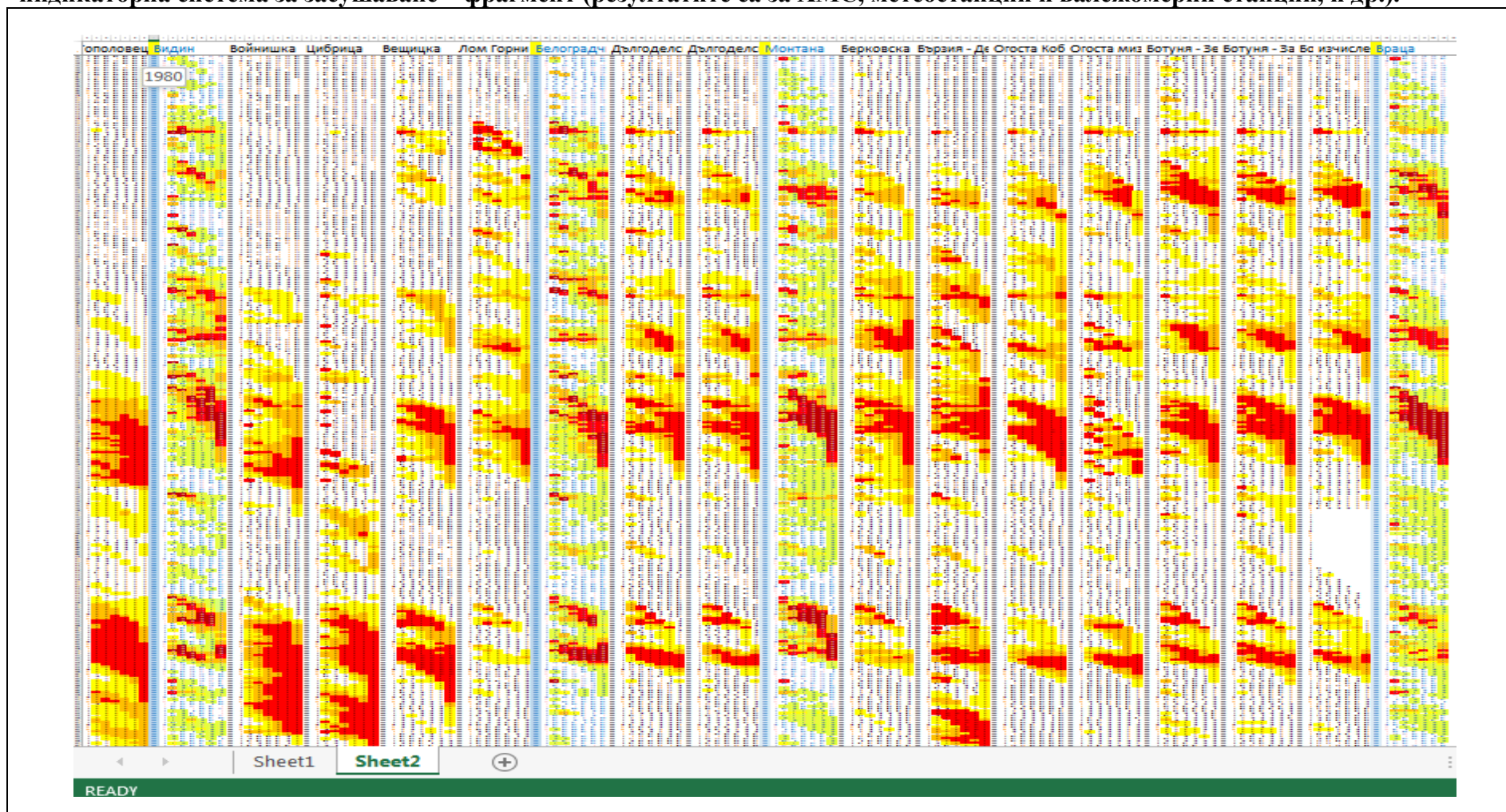
Анализ и идентифициране на метеороложко засушаване в Северозападна България

В Таблица 4.3.2.а. са дадени фрагменти от анализа на метеороложкото засушаване в Северозападна България с индексите SPI1, SPI3, SPI6, SPI12, SPI24 за различни времеви периоди. Резултатите са представени, чрез скалата на SPI, прилагана в НИМХ. Идентифицирани са няколко периода на метеороложко засушаване в СЗБ: краткосрочно и средносрочно (основно SPI3) 1963/1964 (умерено); засушаване 1965г. (умерено до тежко); продължителното засушаване 1983-1994: начален период 1983-1987 (умерено до тежко засушаване SPI6, SPI12, SPI24), краен период 1991 – 1993 (тежко и екстремно, идентифицирано с дългосрочен SPI6, SPI12, SPI24); дългосрочно и екстремно засушаване 200-2002 (SPI6, SPI12, SPI24); краткосрочно 2007 и др.

Таблица 4.3.2.а. Оценка и анализ на метеороложното засушаване в Северозападна България с индексите SPI1, SPI3, SPI6, SPI12, SPI24 – фрагменти

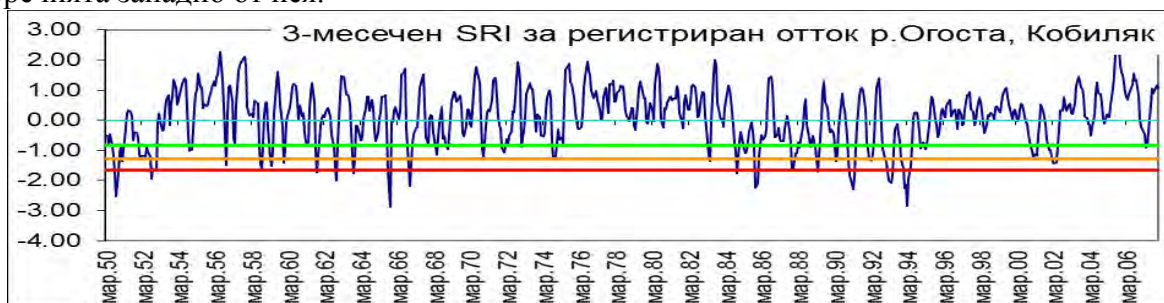
Анализ на метеороложното засушаване в Северозападна България с индексите SPI1, SPI3, SPI6, SPI12, SPI24				Анализ на метеороложното засушаване в Северозападна България с индексите SPI1, SPI3, SPI6, SPI12, SPI24 по периоди - фрагменти			
Видин	Белоградчик	Монтана	Враца	Видин	Белоградчик	Монтана	Враца
				Анализ на метеороложното засушаване в Северозападна България с индексите SPI1, SPI3, SPI6, SPI12, SPI24 - продължително засушаване 1984-1994, фрагмент – период 1983-1987			
				Анализ на метеороложното засушаване в Северозападна България с индексите SPI1, SPI3, SPI6, SPI12, SPI24 - продължително засушаване 1984-1994, фрагмент – период 1991 - 1993			
				Анализ на метеороложното засушаване в Северозападна България с индексите SPI1, SPI3, SPI6, SPI12, SPI24 – засушаване период 2000 - 2002			

Таблица 4.3.3. Интегриран пространствено-времеви анализ и идентификация, характеризиране и управление на засушаването с индикаторна система за засушаване – фрагмент (резултатите са за ХМС, метеостанции и валежмерни станции, и др.).



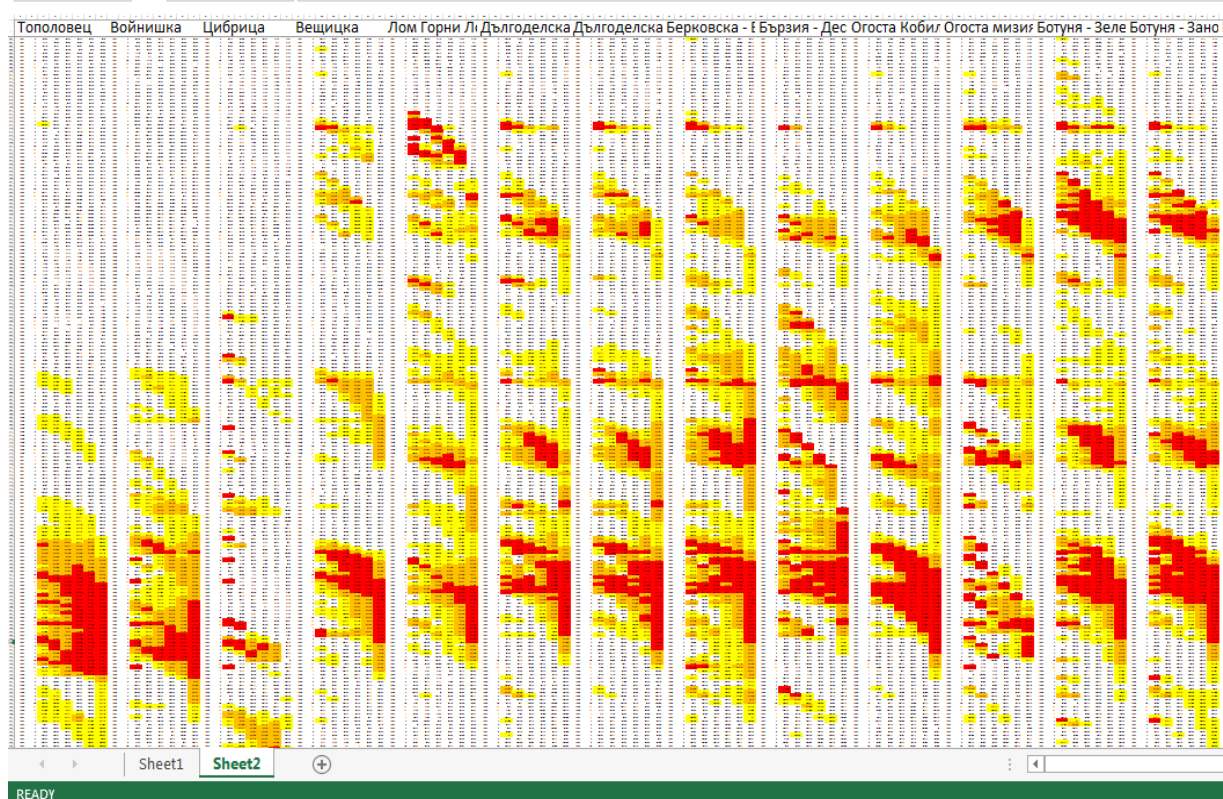
4.3.2. Идентификация на засушаването със стандартизиран индекс на оттока SRI

Индексът SRI изчислен за SRI 1, 3, 6, 9, 12 и 24 месечна база. По-долу са дадени част от резултатите за SRI3 за река Ботуня, където оценките са за регистриран и естествен отток. Само за регистриран отток са разгледани р.Огоста, с някои от главните ѝ притоци и поречията западно от нея.



Фиг. 4.3.2. SRI3 за регистриран отток р.Огоста, Кобиляк

Таблица 4.3.4. Анализ на хидроложкото засушаване на СЗБ с индекси SRI 1, 3, 6, 9, 12 и 24 - фрагмент за периода 1981-1997 г.



В таблица 4.3.4 е даден фрагмент от анализа на хидроложкото засушаване и съпоставката между SPI и SRI за използваните ХМС, метеорологични и дъждомерни станции и. Ясно личи, че проявлението на валежите е сходно за цялата разглеждана територия, а реакцията на водосборите е почти в пълен синхрон с тях.

Анализ и идентифициране на хидроложкото засушаване в Северозападна България

Идентифицирани са няколко периода на хидроложка засушаване в СЗБ: краткосрочно засушаване (основно SRI1-3) 1963 г., 1965 г.; продължителното засушаване 1983-1995: начален период 1983-1987 (умерено до тежко засушаване средносрочно SRI3,SRI6), краен период 1991 – 1993 (тежко до екстремно засушаване SRI6,SRI12,SRI24); дългосрочно засушаване 2000-2003; краткосрочно засушаване 2007 и др.

Съпоставката на идентифицираните периода на метеороложко (точка 4.3.1.) и хидроложко засушаване (точка 4.3.2.) в СЗБ показват синхронност и съвпадение .

Изключение правят р. Тополовец, р. Войнишка и р. Цибрица, при които късите негативни отклонения на валежите не се отразяват съществено на оттока, а по-продължителните - със закъснение, като засушливите периоди се удължават, тъй като подхранването след нормализиране на климатичната обстановка, също е със закъснение.

4.3.1.3. Анализ на хидрогеоложкото засушаване при подземните води

4.3.1.3.А. Нива на подземните води и дебит на изворите

Нивата на подземните води и дебитът на изворите, също допринасят за характеризиране на засушаването и последиците от него.

Предоставените от НИМХ данни са за кладенец при р.Огоста и два карстови извора (Палилула и Стояново). Водното тяло Порови води в Кватернера на р. Огоста е алувиален водоносен хоризонт и има площ 250,46 km² (Методика за оценка на подземните води...). На таблица е дадена хидрогеоложката информация, за използваните пунктове.

Анализирана е връзката река - кладенец (Фиг. 4.3.5.) за периода 1962-2007 г.



Фиг. 4.3.5. Съпоставка средномесечни нива на кладенец W_023S1 и средномесечни водни количества на р. Огоста ХМС 16800-Кобиляк (1962-2007)

Според (Методика за определяне на ресурсите на подземните водни тела, ...). има много добра връзка между р. Огоста и подземните води при високи води. В терасите съществува наличие на странично подхранване от други водни тела, което важи и за кладенеца при с. Владимирowo. При минималните годишни стойности, сходствата между оттока и нивото са основно при по-големи минимални водни количества.

4.3.1.3.В. Дебит на изворите

Дебитът на карстовите извори се влияе пряко от валежите, но с отместване от няколко часа до няколко дни (Фиг. 4.3.8.) в зависимост от предхождащото увлажнение и температурата на въздуха.



Фиг. 4.3.8. Графика дебит на извор Пали Лула - валежите при гр. Криводол за 1974 г.

Дебитът в значителна степен се влияе от валежите, което е от значение при водностопанското използване на каптираните извори. Същото важи за водохващанията на

течащи води. Обикновено те пресъхват при засушаване и алтернативно се ползват регулирани води, например от яз.”Среченска бара”.

Тази взаимовръзка може да се използва при изграждането на системи за ранно предупреждение от суша (Drought early warning system).

4.4. Оценка и характеризирание на маловодието и определяне на регионални зависимости

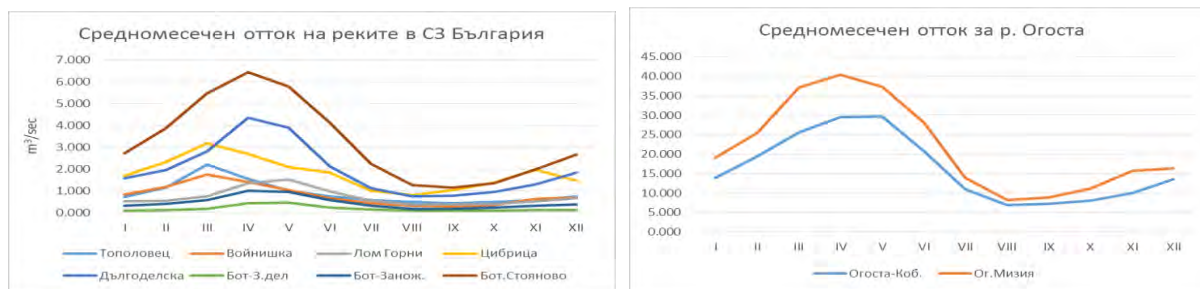
4.4.1. Оценка и характеризирание на оттока на поречието от СЗБългария и моделната водосборна област

За нуждите на дисертацията е нужно изясняване, както на годишния и месечен режим на реките, така и на развитието на засушаването и на маловодните периоди по дни. Коректната оценка на водните ресурси е в основата на доброто им управление и ефективно използване. От значение е оценката на представителността на използваните хидроложки съвкупности. Тази оценка включва изследване за еднородност и случайност на хидроложките съвкупности и избор на изчислителен период. Съгласно методите на изследване, е установено намаление на водните количества в последните десетилетия, което свидетелства за нарушение на еднородността на изследваните хидроложки редици. За оценка степента на изменение на водните количества се налага статистическа оценка на еднородността на използваните извадки от хидроложки съвкупности. Извършени са тестове с приложени критериите на Стюдънт, Фишер и Уилкоксон. Спрямо резултатите от тестовете се открояват два подрайона (Старопланински водосбори и водосбори с води предимно от Предбалкана). Анализът на стандартните статистически характеристики на избраните ХМС (табл. 4.4.2.) разкрива многогодишното разпределение и флуктуации на оттока. Коефициента на вариация е със стойности около 0.6 за реките от Предбалкана и около 0.3-0.4 за останалите.

Табл. 4.4.2. Статистически характеристики на избрани ХМС

	Тополовец	Войнишка	Лом Горни	Цибрица	Дългод. Гов	Зелени дел	Заножене	Стояново	Ог.Кобиляк	Ог.Мизия
Mean	0.7674	0.7185	0.7184	1.7211	1.9348	0.1571	0.4297	3.0893	17.1044	22.2468
Standard Error	0.0744	0.0631	0.0436	0.0966	0.0771	0.0080	0.0191	0.1587	0.9785	1.1737
Median	0.6750	0.6813	0.6800	1.6400	1.9750	0.1411	0.4198	2.9800	16.5899	21.9705
Mode	1.39	#N/A	0.68	1.64	#N/A	0.137	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
Standard Deviation	0.5044	0.4327	0.2987	0.6553	0.5282	0.0546	0.1311	1.0881	6.7081	8.0467
Cv	0.6573	0.6022	0.4158	0.3807	0.2730	0.3474	0.3051	0.3522	0.3922	0.3617
Sample Variance	0.2544	0.1872	0.0892	0.4294	0.2790	0.0030	0.0172	1.1840	44.9980	64.7495
Kurtosis	-0.9381	-0.7244	11.7824	-0.3990	0.2773	1.1908	0.5923	0.1685	0.1985	-0.4434
Skewness	0.4252	0.4736	2.9810	0.4574	0.3117	0.9098	0.5879	0.3927	0.3410	0.2446
Range	1.7760	1.4991	1.8050	2.5570	2.5372	0.2507	0.6407	5.2106	32.4080	32.6378
Minimum	0.064	0.127	0.307	0.683	0.966	0.064	0.161	0.811	4.611	8.110
Maximum	1.840	1.626	2.112	3.240	3.503	0.315	0.802	6.022	37.019	40.748
Sum	35.3	33.8	33.8	79.2	90.9	7.2	20.2	145.2	803.9	1045.6
Count	46	47	47	46	47	46	47	47	47	47

Разпределението на оттока по месеци (фиг.4.4.1.) показва, че за реките Войнишка, Тополовец и Цибрица, пълноводието настъпва през март, за р. Горни Лом - през май, а при останалите реки - през април. Маловодието за всички поречия е през август и септември. Анализа на годишните амплитуди, отново отделя първите три реки в отделна категория. При тях относителната разлика между пълноводието и маловодието е най-малка.



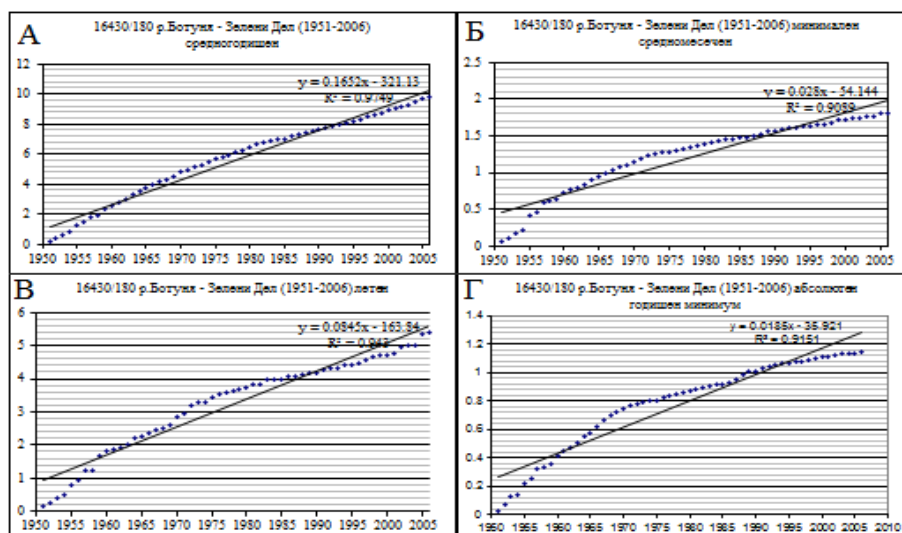
Фиг. 4.4.1. Средномесечен отток за избрани поречия в СЗ България

Средният отток на р. Ботуня при **устието** е $4.748 \text{ м}^3/\text{сек}$ и средно-летен отток от $3.683 \text{ м}^3/\text{сек}$. Тези стойности са изчислени по регионалната зависимост установена по-нататък с помощта на Методиката на НИМХ. В средното течение при ХМС № 16500 р.Ботуня - с. Стояново тези стойности са 3.09 и $1.44 \text{ м}^3/\text{сек}$. Годишният минимален отток спада до 0.032 и $0.017 \text{ м}^3/\text{сек}$ в станции 16450 Вършец кв. Заножене и 16430 Вършец м. Зелени дел закрыта 2006 г., а модулът на оттока варира от 6.5 до 22.5 л/сек/км^2 .

Пристъпва се към определяне на праговите стойности за реките в СЗ България, взети от кривата за вероятностно разпределение на оттока.

Изведени са основните прагови стойности на избраните поречия в СЗ България за средногодишния и минимален отток, след което са дадени в табличен вид за средногодишната и минимална обезпеченост.

Проведения графо-аналитичен анализ на кумулативните криви на оттока за СЗ България (фиг. 4.4.3), показват значителни отклонения след средата на 70-те години, което потвърждава анализа извършен от Дакова (1995). Тези нарушения са най-силно изявиени при кривата за абсолютните минимуми и минималния отток и по-малко за летните и средногодишни криви, личащо от графиките за р. Ботуня при Зелени дел.



Фиг. 4.4.3. Кумулативни криви за р. Ботуня – Зелени дел: А) за средногодишния, Б) минимален средногодишен, В) летен и Г) абсолютно минимален отток.

В резултат на статистическият анализ се приема, че разглеждания период може да бъде разделен и на подпериоди, поради наличието на нееднородна редица. Така например: Условно Естествен отток – (58-72), Условно Нарушен (73-2007), Засушлив период (82-94), Референтен период (61-90). Когато се разгледат месечните стойности на оттока на р. Ботуня за всеки един от подпериодите може да се установи, че за единствено за месец август графика на ненарушения отток е по-нисък от останалите 4 подпериода, а за другите месеци е по-висок. Това говори за влияние на човека и изравняването на лятно-есенния

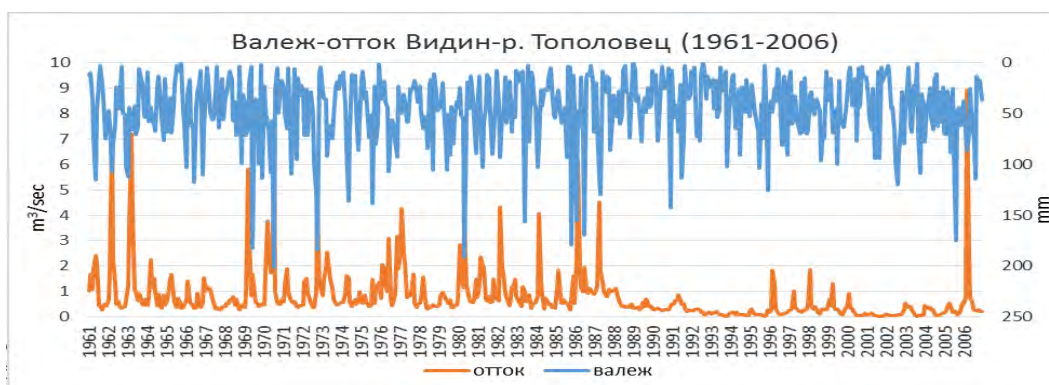
отток с наличие на продължителни периоди с минимален отток близък до абсолютния минимален.

При минималния отток (фиг.4.4.5), картината е подобна, но тогава и м. август е с по-големи водни количества, спрямо минималния отток за август изчислен за другите подпериоди. Това показва, че има промяна в режима на реката, а водосбора на р. Ботуня е рисков откъм засушаване и при съчетание на рисковите фактори, уязвимостта расте..

Годишното и вътрешногодишно разпределение на оттока влияе върху формирането на водните запаси, които подхранват реките по време на маловодие и засуха. Максимумът на оттока е от март-април до май-юни. Минимумът на реките в СЗ България е през август и септември. От графиката за р. Ботуня при с. Стояново (Фиг.4.4.6), се вижда, че минималната средномесечна стойност е през м. септември и е 1.311 м³/сек.

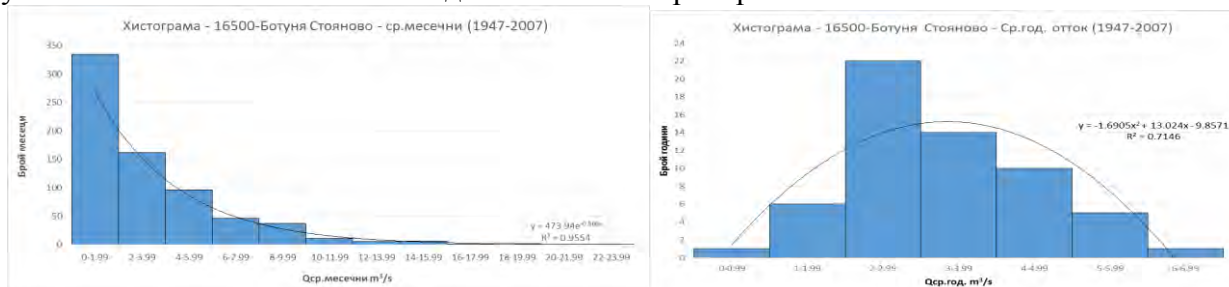
По методиката (Дакова и др.,1978) е установено, че лимитиращият период – Юли - Декември дава 30 % от годишния отток, а през лимитиращия сезон – Август – Октомври, се оттичат 11.5 %. Оттокът през август, септември и октомври не превишава 3 % от средногодишния отток.

При съпоставяне на годишните валежи и отток (Фиг.4.4.8) е установено несъответствие в разпределението на оттокът спрямо валежите след 1986 г. Оттокът на р. Тополовец не следва хода на валежите при Видин. Освен това при оттока също се наблюдава промяна на режима след 1986-1988г. Това доказва изискването, че при всички случаи на регистриран отток трябва да се има предвид и антропогенната дейност (която е анализирана в глава 4.3.).



Фиг.4.4.8. Съвместна графика на валеж при Видин и оттока на р.Тополовец по месеци

Хистограмата за разпределение на годишните водни количества показва (Фиг. 4.4.9), че в почти в половината години р. Ботуня при Стояново е със средногодишен отток между 2 и 3 м³/сек, но има вероятност и за отток под 1 м³/сек, което в съвременните условия би нанесло тежки последствия за тази територия .

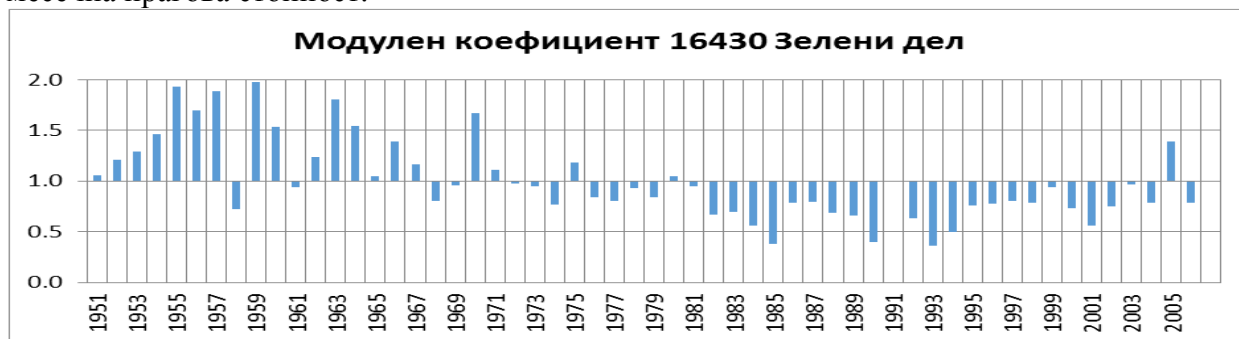


Фиг. 4.4.9. Хистограми на разпределението на средногодишни и средномесечни водни

Честотата на проявление на оттока при р. Ботуня - Заножене, разкрива, че в горното течение при Заножене, реката е лесно уязвима към потенциална засуха, тъй като повече от половината месечни стойности са с отток под 0.4 м³/сек, а в 2/3 от месеците се стига до минимален отток с количесво под 0.04 м³/сек. Ако тези стойности се проявят през

зимата, а след това и няколко последователни месеца през лятото, може да се стигне до значително изтощаване на влагозапасите и подхранването да бъде почти преустановено, което ще доведе до продължително (мултигодишно) засушаване, докато се възстановяват водните запаси.

При разглеждане на модулния коефициент (Фиг. 4.4.11.) за р. Ботуня, Зелени дел, може да се установи съществуващата цикличност на средногодишния отток. Забелязва се, че между 1970 г. и 1980 г. има период на години с отток близък до нормата. Дори и през тези години се наблюдават периоди на засушаване и отток под годишната или дадена месечна прагова стойност.



Фиг. 4.4.11. Модулен коефициент за 16430-Ботуня-Зелени дел (1951-2007)

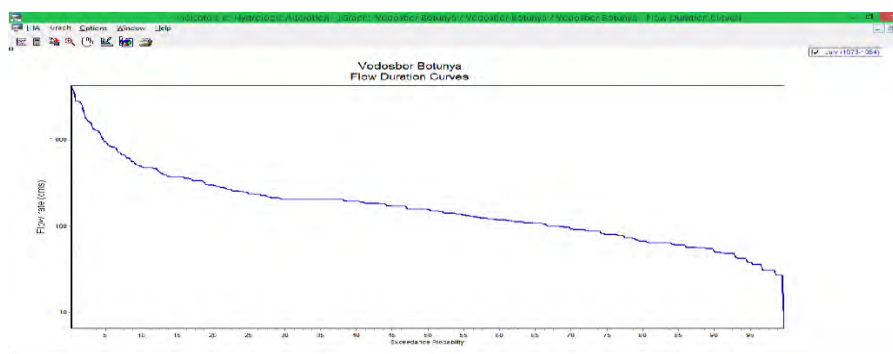
От двойносумарната крива личи, че има съвпадение в реализацията на оттока в горното и средно течение на реката, особено подчертано през последните 25 години от изчислителния период.

4.4.2. Характеризиране на маловодието и минималния отток

От екологична и икономическа гледна точка е важно да се разполага с информация за оценките на емпиричната обезпеченост на водните количества за минимални, средни и максимални водни количества и избор на прагови стойности.

Пресмятането на тези характеристики започва с изготвяне на трайностна крива на оттока FDC (Flow Duration curve) от емпиричните данни за целия наличен или възможен за използване период. По изложените методически изисквания в Хидрологичен наричник (1980) са изчислени прагови стойности за средногодишните и средномесечните минимални и абсолютни минимални водни количества за изследваните реки в СЗ България. Те са подходящи за по-продължителни засушавания, но тези стойности не са достатъчни за по-пълно и точно характеризиране на засушливите периоди и изчисляване на някои от индексите на маловодие, които да са индикатор за настъпващо засушаване. За това трябва да се вземат предвид съображенията за оценка на засушаванията залежали в методиката на Tallaksen & van Lanen 2004, тъй като по-късите засушливи периоди, които също могат да са вредни за икономиката и природата, остават неизяснени. Тези къси периоди са в основата на управлението на засушаванията, защото гъвкавото администриране на системата ще е от жизнена важност при реализация на бъдещите сценарии.

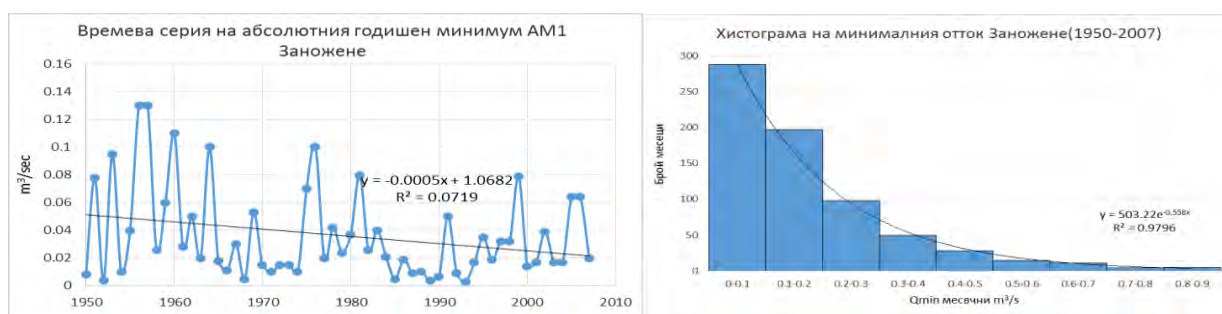
Графиката на трайностната крива (фиг. 4.4.13), възпроизведена от приложението на софтуерния продукт ИНА-v7, е получена от обработката на регистрирани водни количества за периода 1973-1983г. Тя показва, че голяма част от оттока е около 0.1 м³/сек, а след 95 персентил е със стръмен наклон. Това е зоната, за която трябва да сме подготвени при управлението на засушаванията.



Фиг. 4.4.13. Резултат от ИНА-v7 за трайностната крива на р. Ботуня Стояново за периода 1973-1983

В много от случаите през последните 20 години за р. Ботуня, минималния месечен отток се изравнява с абсолютния минимален. Теоретичните и емперичните криви за разпределение на минималния отток за целия период на наблюдение за цялото поречие на р. Ботуня са представени на фигури. За Зелени дел е избрана полиномиално разпределение, а за Заножене и Стояново – логаритмично.

От времевата серия на абсолютният годишен минаимален отток за 1 ден (AM1) (Фиг. 4.4.16) може да се предположи, че проявата на най-ниските му стойности е възможно през всяка една отделна година, без значение дали тя попада в позитивен цикъл или не. Наличието на позитивен цикъл, не е гаранция за висок минимален отток. Реализация на екстреман абсолютен годишен минимум за даден наблюдаван период (съответно и възможност за засушаване), може да се наблюдава, както по време на позитивни така и през негативни цикли. Наблюдава се тенденция на спад на абсолютните минимума, което е причинено и от оттичане на ефективните валежи в непропускливи канали (изградени от бетон, каменен зид и др.), а подхранването от реката към водоносните хоризонти е сведено до 0. Получените резултати потвърждават, че е невъзможно заменянето на AM1 със средномесечния минимум, тъй като разликата е много голяма, за това методиката трябва да се ползва точно (Хидр. Наръчник 1980).

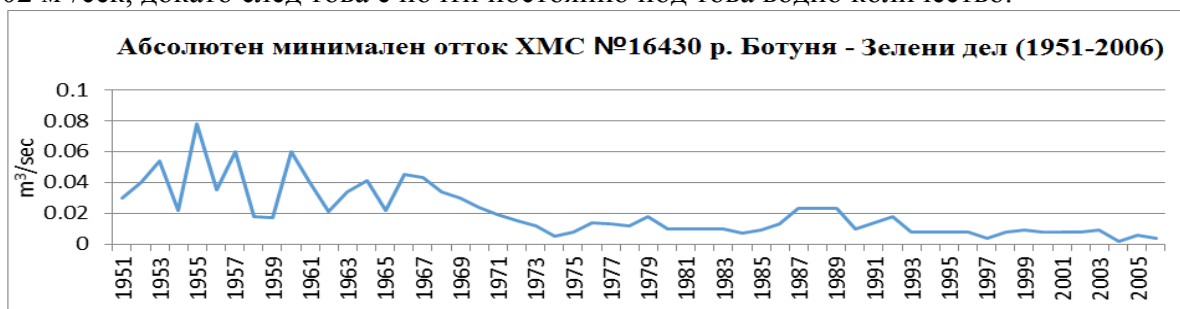


Фиг. 4.4.16-4.4.17. Времева серия на абсолютния годишен минимум с тренд

Тази тенденция за увеличаване на периодите с абсолютно минимален отток (AM1) е по-силно изразена в горното течение на реките, където отнетите водни количества трудно могат да бъдат компенсирани от малките по водност и водосборна площ притоци.

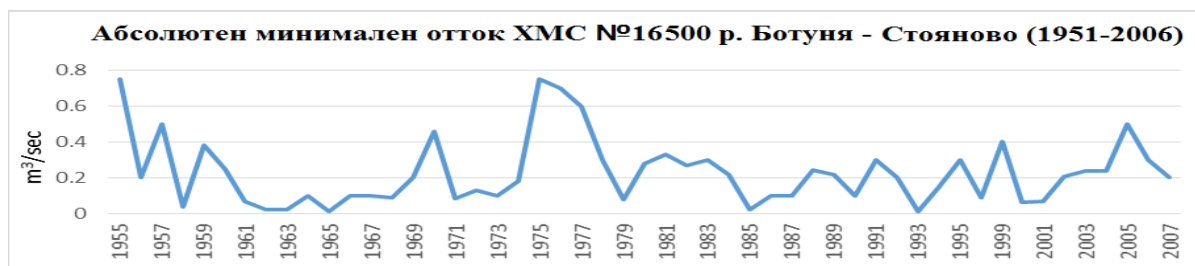
Препоръчително е да се обърне внимание на малките водосбори и тяхната податливост към евентуално засушаване и недостиг на вода. Може да се прилага оводняване на подземните водни тела, особено в райони с BFI около 0.5 (каквто е случая с целия водосбор на р. Ботуня, а не само за горното ѝ течение). Ръководството на DMP (Acseman) посочва, че такива водосбори са от интерес при управление на риска от засушаване.

В повечето случаи абсолютните минимални водни количества не са обхванати с измервания, за това могат да бъдат определени и по косвен метод чрез екстраполация на ключовите криви в долната част. От фиг. 4.4.18 се вижда, че при естествени условия до средата на 70-те години абсолютния минимален отток е по-вариабилен, но не спада под $0.02 \text{ м}^3/\text{сек}$, докато след това е почти постоянно под това водно количество.



Фиг. 4.4.18. Годишен абсолютен минимум (АМ1) на оттока за горното течение на р. Ботуня

В долното си течение (фиг. 4.4.19.) реката компенсира част от загубите причинени от водовземанията в горното течение и тенденцията на намаление на абсолютния минимум не е ясно изразена. Средноминималното водно количество е 0.02 до $0.7 \text{ м}^3/\text{сек}$.



Фиг. 4.4.19. Годишен абсолютен минимум на оттока за средното течение на р. Ботуня

Характеристиките на минималния отток са важни, за да се установи до каква степен реката се подхранва през сухите месеци и дали може да поддържа отток без да пресъхва. От (табл.4.4.7) за р. Ботуня се вижда, че реката е с годишен минимален модул на оттока от $4,3 \text{ л/сек/км}^2$ и месечен от $2,3 \text{ л/сек/км}^2$ в горното течение и с незначителен модул под 1 л/сек/км^2 в средното и долно течение. По принцип минималния отток може да бъде намален силно през лятното маловодие, вследствие изграждането на малки водохранилища или напояване, чрез вземане на вода директно от речното течение. Едновременно с това може да бъде и завишен вследствие на оводняване

Таблица 4.4.7. Характеристики на минималния отток на р.Ботуня

N:	Река. Пункт	Годишни стойности			Месечни стойности		
		$\bar{Q}_{\min}$	$k = \frac{\bar{Q}_{\min}}{\bar{Q}}$	$M = \frac{\bar{Q}_{\min}}{A}$	$\bar{Q}_{\min}$	$k = \frac{\bar{Q}_{\min}}{\bar{Q}}$	$M = \frac{\bar{Q}_{\min}}{A}$
		$\text{м}^3/\text{с}$		л/с/км^2	$\text{м}^3/\text{с}$	--	л/с/км^2
1	Ботуня (Стара река) - Вършец, м.Зелени дел ХМС 16430/180	0,032	0,192	4,3	0,017	0,102	2,3
2	Ботуня (Стара река) - Вършец, кв.Заножене ХМС 16450/178	0,080	0,184	3,9	0,032	0,074	1,5
3	Ботуня - с.Стояново ХМС 16500/145	0,525	0,170	2,2	0,213	0,069	0,9

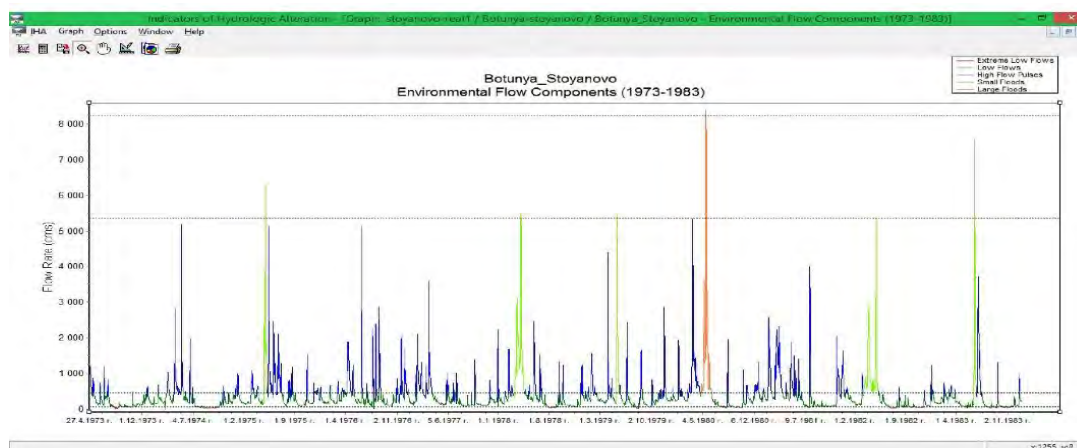
4.4.3. Оценка на маловодието с индекси на маловодие. Индикатори за промяната на хидроложкия режим (Indicators of Hydrologic Alteration, IHA) служещи за оценка и управление.

Рамковата директива по водите на ЕС (WFD) осигурява основа за устойчиво управление на водите в Европа и осигуряване на добър екологичен статус. Точното му описание изисква голям брой параметри, съобразени със съответната речна екосистема. Всички елементи на режима на речното течение, включително магнитуд, време, честота и продължителност на наводнения, средни и ниски води са важни за поддържане на речната екосистема. (Dunbar & Acreman, 2001). Експертите участващи в създаването на WFD си служат с 32 показателя за хидроложки изменения (Indicators of Hydrologic Alteration- IHA) за характеризиране на всички аспекти на режима (табл.4.4.8).

Параметрите включват големината и времето на проявление на годишни екстремни стойности, честота и продължителност на високи и маловодни импулси, плюс скоростта и честотата на промените в условията. Допълнителен проблем е, че праговите стойности на „екологично значима промяна“ би трябвало да бъдат определени за всички 32 IHA параметри, за които не винаги има достатъчно данни. Много от параметрите са взаимосвързани, което позволява редуцирането на броя параметри (Olden & Poff 2003). Таблица 4.4.8. Зависимост между индексите използвани в IHA v7.0 и редуцирания списък ползван в софтуера LowFlows2000

Група	IHA софтуер - пълен списък	LowFlow 2000 кратък списък
1	Средно месечен отток през Декември	
1	Средно месечен отток през Януари/Февруари/Март	Среден отток през януари
1	Средно месечен отток през Април/Май/Юни	Среден отток през април
1	Средно месечен отток през Юли/Август/Септември	Среден отток през юли
1	Средно месечен отток през Октомври/Ноември	Среден отток през октомври
2	1-дневен минимум	Q95
2	3-дневен, 7-дневен, 30-дневен, 90-дневен минимум	
2	1-дневен максимум	Q5
2	3-дневен, 7-дневен, 30-дневен, 90-дневен максимуми	
3	Средна дата на проява на минимума	
3	Средна дата на проява на максимума	
4	Брой на случаите с отток над 25-ия персентил	Индекс на базовия отток BFI
4	Брой на случаите с отток под 75-ия персентил	
4	Средна продължителност на високите пулсации	
4	Средна продължителност на ниските пулсации	
5	Брой на покачванията	
5	Брой на спадовете	
5	Средна скорост на покачванията	Индекс на базовия отток BFI
5	Средна скорост на спадовете	

За по-задълбочено изясняване характеристиките на минималния отток в реката е изследван дневния отток при Стояново с помощта на софтуера IHA v.7, който дава най-разнородни резултати и характеристики, част от които са изложени в тази глава. На фиг. 4.4.20. е представено значението на водното количество за типовете речни условия за екосистемите, спрямо праговите стойности. Различават се 5 вида отток от „екстремно нисък“ до „голямо наводнение“.



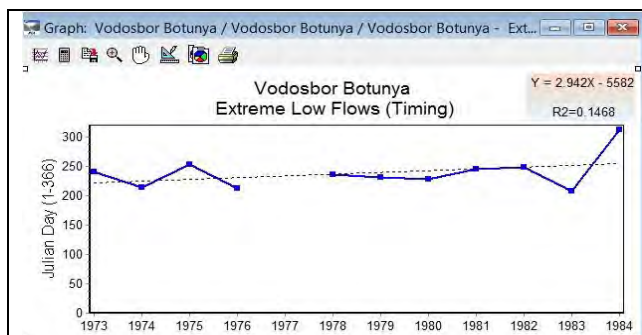
Фиг.4.4.20. Изображение на резултат получен от ИНА v.7 за периода 1973-1974г.

Проявата на екстремния минимален отток (Фиг. 4.4.21) през годината в този период (1973-1983) се случва между 200 и 250-ия ден от годината, което съответства на 20.7-6.09, изключение е 1983 г., когато той е регистриран в края на годината, а най-често започва през края на август. При проявата на годишния минимум картината е почти сходна (Фиг. 4.4.22.), но се вижда, че той може да се регистрира от януари до декември, дори и в края на месец май. По критериите заложи в модела са извлечени броя на периодите с „минимален“ отток достигнат през всяка година разделени от различните по вид високи пулсации и вълни (Фиг. 4.4.23). През 1977 г. не е имало нито един ден с водни количества под прага на засушаване, но въпреки това тренда е към увеличение на тези периоди и се стига до две поредни години, в които са регистрирани по 10 случая. От тях не всички са критично дълги, но е възможно да се натрупва дефицит. Тези характеристики са засегнати в Глава 4.

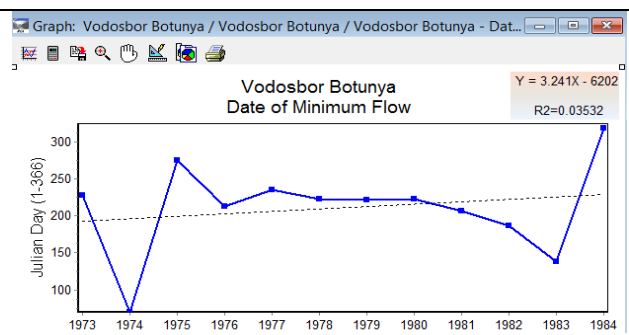
Продължителността на екстремния минимален отток (Фиг. 4.2.24) достига 18 дни, но най-често е между 6 и 10 дни. В контекста на засушаване това не значи, че след тези 18 дни например, сушата приключва, значи че засушаването може да е само прекъснато за кратко, но реално засухата може да продължава. Тези 18 дни може да са само сегмент от общия период на засушаване.

От Фиг. 4.4.25. може да се забележи, че годините с еднакъв брой прояви на екстремно минимален отток, имат различен характер по отношение на вътрешногодишното разпределение на месечните водни количества. Например през месец юли оттока е с над 30 % в полза на 1983 г. спрямо 1982 г., а през август 1983 г. реката почти пресъхва. Има и години със средна продължителност на засушаването, но с огромен среднодневен дефицит.

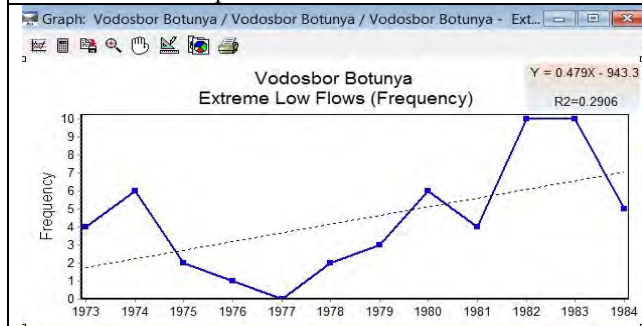
Софтуерния продукт определя подобни характеристики (брой, честота, количество и др.) за останалите типове отток (не само за екстремно ниския), както и проследяване на тенденциите в тяхното проявление. Това допринася за по-пълното описание на характера на речния режим. Например от графиката за продължителност на пулсациите на ниския отток (малки пулсации), се установява, че такива пулсации може да няма, защото годината е многоводна (1976) или да достигат до обща продължителност от около един месец (1980), когато годината е с чести, но незначителни повишавания на речното водно количество (но недостатъчно за определянето му за „висока вълна“).



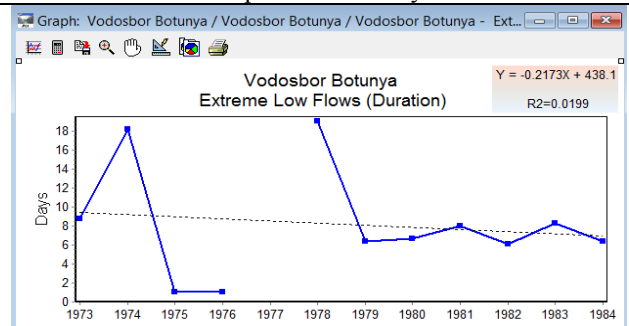
Фиг. 4.4.21. Ден от годината в който се проявява екстремния минимален отток



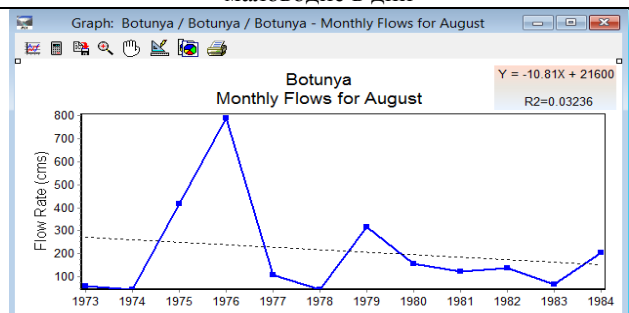
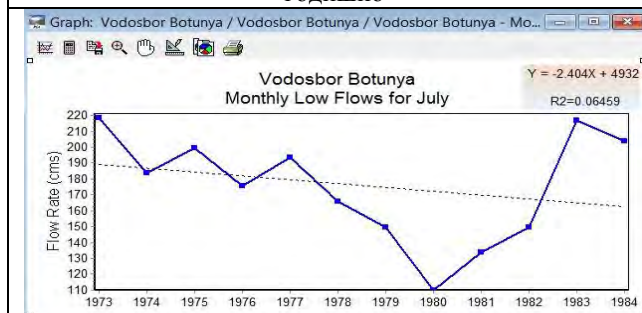
Фиг. 4.4.22. Ден от годината в който се проявява екстремния минимум



Фиг. 4.4.23. Честота на Екстремно нисък отток – брой ГОДИШНО



Фиг. 4.4.24. Продължителност на екстремното маловодие в дни

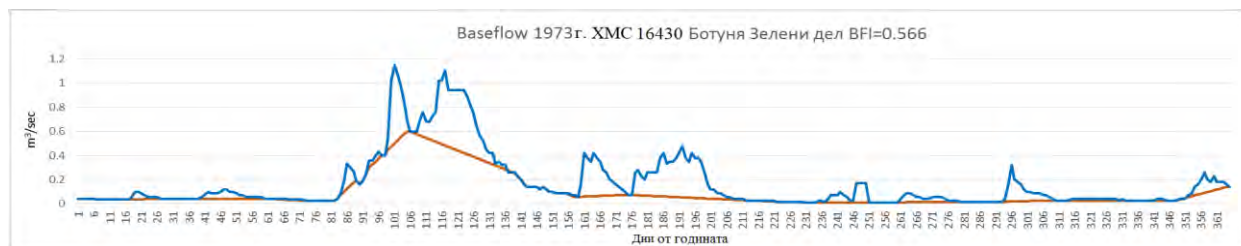


Фиг. 4.4.25. Средномесечен отток за м. юли и м. август

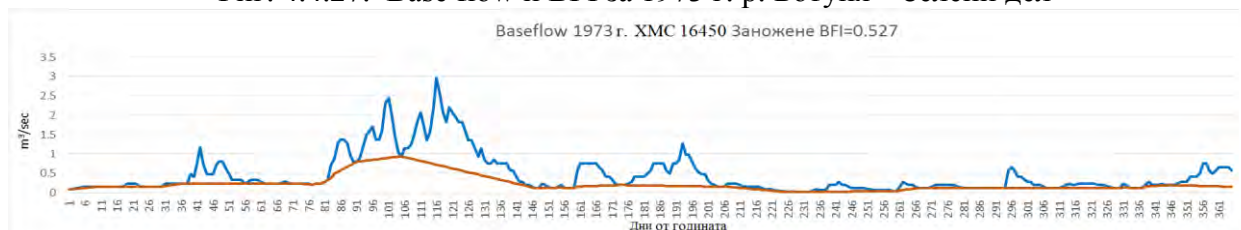
4.4.4. Оценка на базисния отток (baseflow) и индекса BFI (base flow index)

Базисният отток (baseflow), представлява подземния компонент на речния отток. Другата част от общия отток, формирана вследствие на повърхностно оттичане на валежните води от водосборната площ, е така наречения „бърз“ отток. Отношението на „подземната компонента“ към общия речен отток се нарича “BFI” (base flow index - индекс на подземния отток). Оценка му се налага, за да се установи капацитета на подземните запаси и водоотдаването по време на засушавания, както и влиянието на геоложкия строеж за устойчивостта на това подхранване.

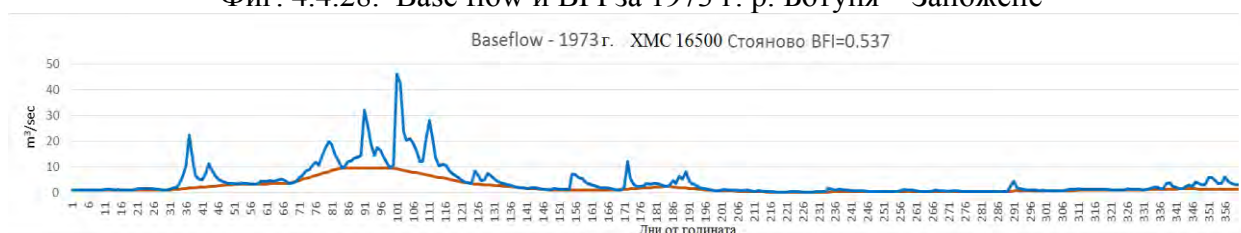
Подземната компонента е изчислена (Съгласно Методика за определяне на ресурсите на подземните водни тела с отчитане на изменението на климатичните фактори и необходимия за изпълнението ѝ мониторинг на количеството на водите, колектив на НИМХ, ГИ-БАН, ръководители проф. Д. Димитров и проф. А. Бендерев) за периода с дневни стойности за р. Ботуня (1973-1983) и не показва значителни изменения през различните по водност години. На фигури 4.4.27-29 е проследено развитието на индекса по течение на реката. При река Ботуня (табл. 4.4.13), той остава относително постоянен и с ниски стойности (около 0.5), което говори за неустойчиво подхранване с подземни води. Това се дължи основно на геоложкия строеж на водосборната област. Подземното подхранване от грунтови, карстови и пукнатинни води, е постоянно, но с нееднакъв обем както през годината, така и в териториален аспект.



Фиг. 4.4.27. Base flow и BFI за 1973 г. р. Ботуня – Зелени дел

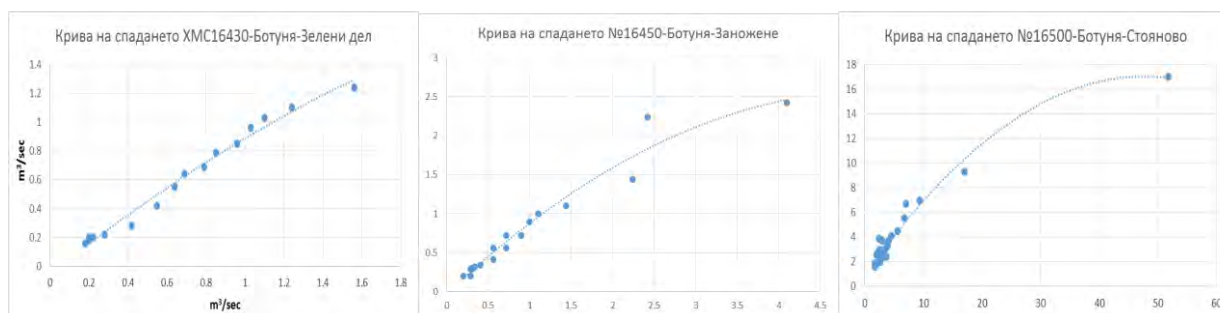


Фиг. 4.4.28. Base flow и BFI за 1973 г. р. Ботуня – Заножене



Фиг. 4.4.29. Base flow и BFI за 1973 г. р. Ботуня – Стояново

След установяване на BFI е необходимо да се знае формата и наклона на кривата на спадане на високите вълни, като се извърши рецесионен анализ, тъй като по нея също може да се съди за устойчивостта на подземното подхранване (колко запаси се натрупват и как се изпускат). По време на подема на речното прииждане намалява подземното подхранване, а кривата на спадане се формира за сметка на акумулираната в руслото вода, след прекратяване на склоновия отток. Тя не зависи от изменението на валежите по време на инфилтрацията, но основно се определя от физическите характеристики на речната мрежа (Дакова, 2005). Обемът на русловите запаси, може да бъде построен на базата на последователното събиране на нарастването на оттока по кривата на спадането (Хидрологичен наръчник, 1980). На фиг. 4.4.30. са дадени рецесионите зависимости на кривата на спадане по протежение на р. Ботуня за период през пролетта на 1974 г.



Фиг. 4.4.30. Спадане на висока вълна за период през пролетта на 1974 г. (Зелени дел - $\text{ALPHA} = -0.1358$; Заножене $\text{ALPHA} = -0.0963$; Стояново $\text{ALPHA} = -0.0071$).

Коефициентът ALPHA определен по рецесионното уравнение описва наклона на рецесията. Неговата стойност (например -0.0963) показва, че има по-бързо оттичане, отколкото при река с добре развита водосборна област и естествена зарегулираност (-

0.0071). Той е слабо зависим от индексите за маловодие, които не са стандартизирани, което е очаквано, тъй като не се влияе от площта на водосбора. ALPHA е зависим от MAM1/Q50 и Q95/Q50 (Tallaksen, 2004). В табл.4.4.9. са дадени някои от най-използваните комплексни индекси ползвани за характеризиране на това колко е стабилна подземната компонента. (базовия отток) При по-висок индекс тя е по-стабилна.

Таблица 4.4.9. Стандартизирани (комплексни) индекси за характеризиране на базисния отток (MAM1/Q_{ср.}; Q50/Q95; Q95/Q50; Q20/Q90; Q10/Q95)

ХМС	Q _{ср.}	Q50	MAM1	Q95	Q90	Q20	Q10	MAM1/Q _{ср.}	Q50/Q95	Q95/Q50	Q20/Q90	Q10/Q95
№ 12700/122 р.Тополовец - Акациево	0.767	0.680	0.166	0.105	0.124	1.360	1.480	0.217	6.476	0.154	10.968	14.095
№ 12850/126 р.Войнишка - Търняне	0.718	0.681	0.132	0.140	0.175	1.074	1.429	0.184	4.881	0.205	6.141	10.239
№ 15850/132 р.Цибрица - Игнатово	0.718	0.680	0.397	0.422	0.470	0.818	0.900	0.553	1.611	0.621	1.740	2.133
№ 14620/131 р.Лом - с.Горни Лом	1.721	1.640	0.181	0.796	0.886	2.366	2.630	0.105	2.060	0.485	2.670	3.304
№ 16380/136 Дългоделска - с.Говежда	1.935	1.975	0.245	1.108	1.208	2.375	2.596	0.127	1.782	0.561	1.965	2.342
№ 16430/180 р. Ботуня - Зелени дел	0.157	0.142	0.012	0.069	0.098	0.195	0.246	0.076	2.054	0.487	1.987	3.559
№ 16450/178 р. Ботуня - Заножене	0.430	0.420	0.069	0.239	0.287	0.542	0.587	0.160	1.759	0.569	1.887	2.459
№ 16500/145 р. Ботуня - Стояново	3.091	3.004	0.409	1.340	1.806	4.272	4.738	0.132	2.243	0.446	2.366	3.537
№ 16800/401 р. Огоста - Кобилък	17.104	16.590	2.870	6.741	8.709	23.151	24.895	0.168	2.461	0.406	2.658	3.693
№ 16850/121 р. Огоста - Мизия	22.247	21.971	3.035	9.999	11.639	29.677	33.115	0.136	2.197	0.455	2.550	3.312

4.4.5. Оценка на засушаването по брой и продължителност на периодите с отток под определен праг – метод на праговите нива. Вариационни прагове. Оценка на месечни и дневни вариационни прагове

Спрямо избрания методически подход са изчислени месечни и дневни вариационни прагове. Месечните (Фиг. 4.4.31) се налагат, тъй като годишния праг не е достатъчно гъвкав, за да „улови“ аномалиите в по-водообилните месеци. В някои случаи се получава, че даден месец е над прага за засушаване (тъй като месеца по принцип е валежен и с висок отток), а в действителност е сух спрямо останалите месеци от хидроложката редица за същия месец. Дневните (Фиг. 4.4.34) биха могли да се използват за системите за ранно предупреждение, тъй като те позволяват следене на ситуацията в реално време. Индексите на месечна, тримесечна и т.н. база, могат да ни предупредят за задаващо се продължително засушаване, а краткотрайните да останат на заден план. Може да има три поредни месеца с висок индекс (реална ситуация от 1983 г.), но реално да е 90-дневно засушаване с няколко покачвания на оттока, които повишават средната стойност и изкривяват резултата.

За пример, може да послужи месец април 1974г., когато оттокът е над изчисления общ годишен праг, но в същото време е под прага изчислен за месец април. Това е предпоставка за недостатъчно попълване на водните запаси, особено ако и предхождащата зима е била с оскъдни валежи от сняг. В този смисъл зимните засушавания, могат да влияят косвено на речни отток през летните месеци.

Подборът на праг е в зависимост от поставените цели и е важен, защото ако е твърде висок, може да се стигне до „престараване“ и опит за осигуряване на по-големи водни количества или до „неглижиране“ на проблема при нисък праг и отнемане на водни количества, които са необходими на живота в реката и водопотребителите в долното течение.





Фиг. 4.4.33. Използване на месечен праг от Q90 за ХМС Ботуня-Заножене за 1974 г. и сравнение с Q90 на многогодишна база (в сиво)

Дневните вариационни прагове (Фиг. 4.4.34) са изчислени за месеците юли и август с цел, да се демонстрира как дадени дни от засушливите периоди, могат да бъдат нехарактерно сухи или влажни, а месечните стойности да не отразяват тази реалност.

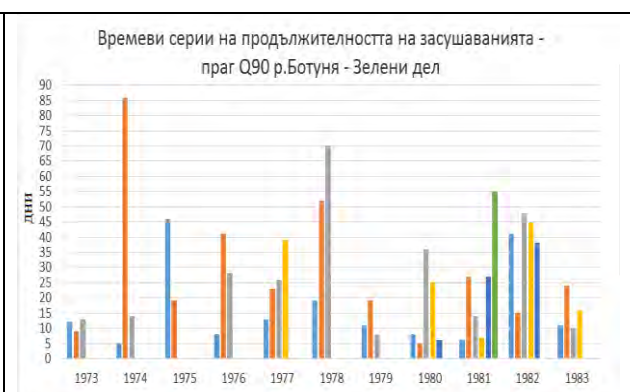
След избора на прагови стойности са определени периодите с водни количества, които попадат под избора, в случая годишен, праг за периода 1973-83 г. (Фиг.4.4.35-36).



Фиг. 4.4.34 Дневни вариационни прагове за Q90(*) на р. Ботуня при Стояново, изчислени за примерния период с дневни данни (1973-1983 г.). Например 1-2.08. и 17-18.08 са под дневния праг за съответните дни. (*Поради късата редица с 11 члена за всеки ден, е избран предпоследният член, който по формулата на Чегодаев за определяне на емпиричната обезпеченост, съответства на 85-ия персентил).



Фиг. 4.4.35. Брой и продължителност на периодите с отток под прага от Q75 – Зелени дел



Фиг. 4.4.36. Брой и продължителност на периодите с отток под прага от Q90 – Зелени дел

В разглеждания 11 год. период се откроява увеличението на броя на сухите периоди след 1980 г., оформяйки годишни засушавания, а когато се проявят подред няколко такива години, това прераста в т.нар. мултигодишна суша. Това се случва след 1983 г., когато е отбелязан най-сухия период не само в СЗ България, но и в цяла България

Данните за периодите под прага от Q90 са систематизирани и представена в табличен вид. От тази таблица може да бъде извлечена информация за съставянето на Хистограма на засушливите периоди (4.4.37) и техния общ брой през този период. В около

30 % от случаите, маловодните периоди с отток под прага, са с продължителност 11-20 дни , но толкова е и вероятността за продължителност над 31 дена



Фиг. 4.4.37. Хистограма на засушаванията при Q90 за Зелени дел (1973-1983)

Реалната продължителност на всеки един от тези идентифицирани 41 броя засушавания с отток под нормата е представена на табл. 4.4.11.

Таблица 4.4.11. Продължителност на отделните случаи на засушливите периоди по години.

№	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	Средно
1	12	5	46	8	13	19	11	8	6	41	11	
2	9	86	19	41	23	52	19	5	27	15	24	
3	13	14		28	26	70	8	36	14	48	10	
4					39			25	7	45	16	
5								6	27	38		
6									55			
Ср. прод.	11	35	33	26	25	47	13	16	23	37	15	26
Общо год.	34	105	65	77	101	141	38	80	136	187	61	93

Когато тези случаи се сортират по продължителност (Фиг. 4.4.38), може да се добие представа за разпределението на маловодните и прерастващите в засушаване периоди. През този период е установено, че има равномерно разпределение на засушливите периоди. Това показва, че дори в години с близка до средната водност са характерни дълги периоди с минимален отток и валежите са недостатъчни за формиране на повърхностен отток и попълване на запасите.



От табл. 4.4.12. се вижда, че дори засушавания по-кратки от един месец, могат да бъдат тежки или начало на дълбок дефицит. Поради тази причина, мерки могат да бъдат вземани възможно най-рано, например след 5-ия ден.

Таблица 4.4.12. Извадка от пресметнатите дефицитни обеми – разликата между Q70 (или Q50) и действителния отток. По колони: начална и крайна дата на засушаването; Дефицитен и среден дефицитен обем; реална продължителност на засушаването;

минимален отток, дата на минималния отток и среден отток през периода на засушаване).
Сортирано по минимален отток.

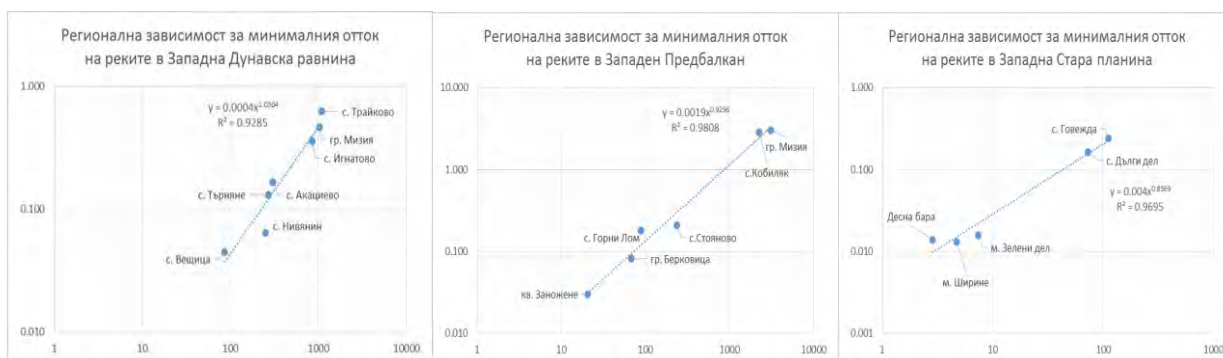
Start Date	End Date	Def. vol m ³	Av. Def. vol.	Real duration	min flow	date min flow	Av. flow
30.7.1973	26.8.1973	602553.6	22316.8	27	0.015	14.8.1973	0.079
9.7.1974	23.10.1974	2597270.4	24273.6	107	0.016	20.8.1974	0.056
18.7.1978	12.9.1978	1229904	21577.3	57	0.042	10.8.1978	0.087
24.7.1983	17.9.1983	1152144	20574.0	56	0.05	24.8.1983	0.099
2.10.1978	12.12.1978	1438041.6	19972.8	72	0.069	3.10.1978	0.106
17.8.1981	14.10.1981	1474416	16202.4	91	0.08	3.9.1981	0.147
25.9.1983	17.12.1983	1649808	19409.5	85	0.09	8.10.1983	0.11

Ако при късите периоди ситуацията не се подобри от паднали валежи, тогава изведнъж ситуацията може да се превърне в критично засушаване. Когато се съчетаят два фактора предизвикали отделните случаи (продължителност и „дълбочина“), положението може допълнително да се изостри.

4.4.6. Регионални зависимости за засушаванията

Тъй като засушаванията обикновено са с голям периметър на проявление, можем да търсим и регионални зависимости. По методиката на НИМХ са разработени регионални зависимости на средномногогодишния отток за реките в СЗ България. Очертават се два района за формирането на средномногогодишния отток - Западен Балкан (реките Лом, Стакевска, Берковска, Дългоделска Огоста, Бързия, Ботуня, Огоста) и Западен Предбалкан (реките Войнишка, Цибрица, Вещица, Скът). Зависимостта показва, че реките в тези физикогеографски подрайони имат добра зависимост между водосборната площ и формирания в нея отток. Тя може да се използва за райони в които липсват наблюдения, а оттокообразуващите фактори са сходни.

Подобна зависимост може да бъде изведена и за средномногогодишен абсолютен минимален отток. С наличната информация за периода (1961-2007) е направен опит за получаване на регионална зависимост. Получените резултати са представени на фиг. 4.4.42.А/Б/В. Очертават се три района на формиране на абсолютния минимален отток. Тези райони може да се определят като равнинен (Западна Дунавска равнина), хълмист (Западен Предбалкан) и планински (Западна Стара планина).



Фиг. 4.4.42.А/Б/В. Регионални зависимости за абсолютния минимален отток

4.4.7. Връзка между индексите

За да се открият някои основни регионални закономерности в разпространението на минималния отток, резултатите от получените стойности на индексите, (Таблица 4.4.13) могат да бъдат съпоставени. Това се постига с аранжиране на определените в случая 8 критерия, както е по методическите изисквания (Tallaksen, 2004). Изчислените стойности за МАМ10 и МАМ30 (средномногогодишен минимум със стъпка 10 и 30 дни) за всички избрани ХМС са за периода 1973-1983г.(Хидрологичен справочник), а останалите индекси са за периода 1961-2007. МАМ1 (средномногогодишен минимум) е

средногодишен абсолютен минимум, пресметнат от редиците за годишните минимални водни количества.

Таблица 4.4.13 Стойности на индексите на оттока, за поречието на р.Ботуня

ХМС № нов/стар	Qcp	Q50	MAM1	MAM7	MAM10	MAM30	Q95	Q90	Q70	BFI
№ 16430 /180/ р. Ботуня – Зелени дел	0.157	0.142	0.012	0.012	0.014	0.017	0.069	0.098	0.132	0.566
№ 16450 /178/ р. Ботуня – Заножене	0.430	0.420	0.069	0.069	0.069	0.100	0.239	0.287	0.344	0.527
№ 16500 (145) р. Ботуня – Стояново	3.091	3.004	0.409	0.479	0.513	0.689	1.340	1.806	2.483	0.568

Табл. 4.4.14 представлява сортирани по големина избрани (Tallaksen, 2004) стойности от табл. 4.4.13 за основни водосбори.

Таблица 4.4.14. Аранжирани отточни индекси от регионалната база данни (1 показва най-малката стойност, а 8 най-голямата; ХМС № 14620 и № 16450 имат съответно 3 и 2 идентични стойности, които са дадени с най-малък ранг 1.)

ХМС № нов/стар	Qcp	Q50	MAM1	MAM10	MAM30	Q95	Q90	Q70
№ 12700/122 р.Тополовец - Акациево	8	7	3	4	5	1	2	6
№ 12850/126 р.Войнишка - Търняне	8	7	1	2	3	4	5	6
№ 15850/132 р.Цибрица - Игнатово	8	7	1	2	6	3	4	5
№ 14620/131 р.Лом - с.Горни Лом	8	7	1	1	1	4	5	6
№ 16380/136 Дългоделска Огоста - с.Говежда	7	8	1	2	3	4	5	6
№ 16430/180 р. Ботуня - Зелени дел	8	7	1	2	3	4	5	6
№ 16450/178 р. Ботуня - Заножене	8	7	1	1	3	4	5	6
№ 16500/145 р. Ботуня - Стояново	8	7	1	2	3	4	5	6
№ 16800/401 р. Огоста - Кобиляк	8	7	1	2	3	4	5	6
№ 16850/121 р. Огоста - Мизия	8	7	1	2	3	4	5	6

Първите по големина 3 индекса, е очаквано да са с този ранг т.е.: Qcp да е с най-голям ранг (8), Q50 със (7) да е на второ място по големина и MAM1 да е с ранг 1, тъй като обикновено е с най-ниска стойност. Изключение прави р. Дългоделска с по-голямо Q50 от Qcp., река Тополовец, където MAM1 е с ранг 3 и р. Цибрица с Q70, което е по-малко от MAM30. При другите индекси различията са повече. При р.Лом - с.Горни Лом и р. Ботуня - с.Заножене, също в горното течение, MAM1 (средномногогодишен минимум) и MAM10 (средномногогодишен минимум със стъпка 10 дни) са равни. Сходния характер на аранжиране на индексите при р.Тополовец и р. Цибрица дава основание да се отделят в район с по-стабилен (постоянен) и с по-малки амплитуди отток.

Абсолютните стойности на подбрани индекси са дадени в (табл. 4.4.15), а взаимовръзката между тях е дадена в таблица за коефициента на корелация.

Таблица 4.4.15 Абсолютни стойности на някои от индексите за р. Ботуня използвани за корелационните зависимости.

ХМС № нов/стар	Qcp	Q50	MAM1	MAM30	Q95	Q70	ALPHA	MAM1/Q50	Q95/Q50
№ 16430 /180/ р. Ботуня – Зелени дел	0.157	0.142	0.012	0.017	0.069	0.132	-0.1358	0.0845	0.4868
№ 16450 /178/ р. Ботуня – Заножене	0.430	0.420	0.069	0.100	0.239	0.344	-0.0963	0.1633	0.5685
№ 16500 (145) р. Ботуня – Стояново	3.091	3.004	0.409	0.689	1.340	2.621	-0.0071	0.1362	0.4458

Съставена е корелационна матрица на индексите от табл. 4.4.15 в поречието на р.Ботуня. В методиката (Tallaksen, 2004) тази корелационна матрица се извършва за по-голям район. В случая не е извършена за целият район на СЗ България, поради липса на стойности за ALPHA. Стандартизираните MAM1/Q50 и Q95/Q50 имат коефициент на корелация съответно около 0,2 и -0,6, а ALPHA е с корелация от 0,97-0,98, въпреки че този индекс не е свързан с размера на водосборната област.

4.5. ИНТЕГРИРАН АНАЛИЗ С ИНДЕКСИ ЗА СЪСТОЯНИЕТО. УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА В МОДЕЛНИ ПОРЕЧИЯ НА СЕВЕРОЗАПАДНА БЪЛГАРИЯ

4.5.1. АКТУАЛИЗАЦИЯ НА ИЗЧИСЛИТЕЛНАТА ВОДНОСТОПАНСКА СХЕМА

Характерна особеност е прехвърлянето на води, чрез множество водохващания, събирателни деривации, язовири и водоснабдителни системи. Прехвърлят се води от

Напоителна система „Огоста“ е изградена с площ $F = 56634$ дка. Язовирът е замислен да осигурява напояването не само в поречието на река Огоста, но и в съседните поречия. Посредством изградената инфраструктура се подава вода за **ВЕЦ „Огоста“**, каскадноразположените **ВЕЦ „Кошарник“** и **ВЕЦ „Мактиди“** и др.

Схемата на поречията отразява и водопотреблението от подземни води. Чрез сондажни, кладенци, каптажи, се ползват подземни води за водоснабдяване и напояване.

4.5.2. Прилагане на индикаторната система за идентификация и дефиниране на продължителни засушавания, състояние на спешност и сценарии засушаване.

Притокът към язовирите и нивата на язовирите са част от индикаторните системи за ранно предупреждение и управление при засушаване. Управлението при засушаване се отчита тези индикатори като показател за състояние „emergency“. За целите на индикаторните системи е важна оценката на т.нар. управленско засушаване.

4.5.2.1. Индикатор за приток към язовирите (reservoir inflow, RI), като част от индикаторната система при засушаване

На този етап за целите на интегрирания пространствено-времеви анализ се прилагат т.нар. оперативни индикатори и индекси, разработвани към Секция „Водностопнски изследвания“ на НИМХ. За индикатор за оценка на притока при намаляваща водност и засушаване в дисертационния труд са приложени актуалните оценки на експерти от НИМХ, разработени в рамките на Споразумението с МОСВ 2015 „Актуализация на ползваните данни за притоците в язовирите от Прил. 1 на ЗВ за нуждите на годишните графици за използване на водите им“, Споразумение НИМХ с МОСВ, 2015 г. и 2017 г. (Няголов, И., е кол., Споразумение на НИМХ с МОСВ, 2015 и 2017). Резултатите от разработката са качени на сайта на МОСВ.

4.5.2. Актуализация на ползваните данни за притоците в язовирите от Прил. 1 на ЗВ за нуждите на годишните графици за използване на водите им“, етап II, Няголов, И., и кол., Споразумение на НИМХ с МОСВ, 2017 г. – актуализация на резултатите от 2015 г. (www.moew.com).

Язовир	Обезпеченост, %	Притоци в язовирите от Приложение №1, в млн. м3												годишно
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
27 - Кула	средно	0.58	0.97	1.78	1.12	0.80	0.72	0.54	0.48	0.58	0.62	0.70	0.37	9.37
	50%	0.57	0.91	1.29	0.93	0.71	0.59	0.45	0.50	0.41	0.38	0.43	0.52	9.30
	75%	0.36	0.53	0.62	0.43	0.37	0.36	0.22	0.24	0.26	0.31	0.29	0.37	6.07
	95%	0.13	0.24	0.30	0.17	0.04	0.10	0.02	0.01	0.04	0.04	0.05	0.07	2.60
31 - Огоста	средно	23.18	27.79	42.28	53.36	52.51	31.88	18.79	12.18	9.71	13.15	16.10	20.90	321.81
	50%	19.23	22.31	37.25	52.12	49.52	28.68	12.61	7.68	7.99	9.02	11.87	18.50	319.41
	75%	14.30	14.88	21.33	35.19	28.39	16.55	7.79	5.71	4.25	5.14	6.62	10.95	247.63
	95%	6.61	5.38	7.56	16.70	16.40	7.06	4.30	2.09	1.26	1.99	3.53	4.90	154.68
36 - Рабиша	средно	0.56	0.79	1.16	1.12	0.80	0.52	0.24	0.16	0.21	0.32	0.35	0.52	6.73
	50%	0.38	0.56	0.96	0.92	0.63	0.41	0.19	0.12	0.15	0.18	0.21	0.30	6.45
	75%	0.26	0.28	0.42	0.46	0.32	0.15	0.08	0.05	0.08	0.10	0.13	0.21	3.93
	95%	0.12	0.13	0.15	0.11	0.12	0.05	0	0	0	0.03	0.01	0.11	1.67
39 - Среchenска бара	средно	2.20	5.48	3.36	7.37	8.46	6.40	4.63	2.26	1.28	2.17	2.63	2.63	48.87
	50%	2.01	5.63	3.22	8.00	9.22	7.43	4.04	2.03	1.14	1.79	2.46	2.36	48.34
	75%	1.71	2.51	2.28	6.02	6.45	4.35	2.49	1.19	0.70	1.30	1.43	1.54	39.30
	95%	0.66	0.72	1.29	2.78	2.85	2.11	1.18	0.72	0.41	0.50	0.44	0.48	25.47

Анализ на индикатора за притока към яз. „Среchenска бара“

Притокът към яз. „Среchenска бара“ зависи основно от каскада „Петрохан“ и от формираните във водосбора количества, преминали през ВЕЦ „Клисура“.

За експериментите са ползвани данни от разработката („Водностопански баланс на яз. „Среchenска бара“ със и без надграждане на язовирната стена“, договор с МРРБ, 2002 г.). Като приток към яз. „Среchenска бара“ са анализирани:

1. Преработените от ВЕЦ „Клисура“ водни обеми. Оценката на този приток, чрез индикатора „приток към язовира“, е дадена по месеци и години за период 1982 – 2001 в Табл.4.5.5, и за 1951-2001 само по години - фиг.4.5.10.
2. Друга алтернативна редица за притока е от баланса на яз. „Среchenска бара“. Резултатите от експерименталното приложение на индикатора са дадени в Табл.4.5.7.

В табл.4.5.3 е дадена скалата на индикатора, а в табл.4.5.4 са праговите стойности на индикатора за яз.”Среченска бара”.

В разгледания район на каскада „Питрохан” отточният режим на реките се регистрира от следните хидрометрични станции: ХМС 16150 р. Берковска; ХМС 16380 на река Дългоделска Огоста, при с. Говежда, режимна; ХМС 16120, р. Десна бара, с.Бързия. Вижда се, че преминалите през ВЕЦ”Клисура” водни обеми са в корелация с оттока на ХМС станции в района на събирателните деривации към Каскада “Петрохан”. В настоящата разработка идентифицирането на засушаването стъпва и на интегриран анализ на резултатите от индикаторната система.

Таблица 4.5.3. Скала индикатор за засушаване обезпечености – прагови стойности				
Месец/ година	Прагови нива индикатор приток към язовирите			
	>50	50% (средна година) 50%- 75%	75% (средно суха) 75%-95%	95% (много суха) <95%
месец	Актуални прагови нива на притоците към яз.”Среченска бара”, МОСВ /Споразумение НИМХ/ млн. м ³			
	>50	50% (средна година)	75% (средно суха)	95% (много суха)
1	2	3	4	5
януари	>Q50	2,01	1,71	0,66
февруари	>Q50	5,63	2,51	0,72
март	>Q50	3,22	2,28	1,29
април	>Q50	8,00	6,02	2,78
май	>Q50	9,22	6,45	2,85
юни	>Q50	7,43	4,35	2,11
юли	>Q50	4,04	2,49	1,18
август	>Q50	2,03	1,19	0,72
септември	>Q50	1,14	0,70	0,41
октомври	>Q50	1,79	1,30	0,50
ноември	>Q50	2,46	1,43	0,44
декември	>Q50	2,36	1,54	0,48
годишно	>Q50	48,34	39,30	25,47

Таблица 4.5.4. Прагови нива на притоците към яз.”Среченска бара“ от „Актуализация на ползваните данни за притоците в язовирите от Прил. 1 на ЗВ за нуждите на годишните графици за използване на водите им”, Споразумение НИМХ с МОСВ, 2017)

Фиг. 4.5.10. Индекс „приток към язовира” за преработените от ВЕЦ годишни обеми (1953-2001)

Год.	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
инд.	6,00	22,00	41,00	42,00	43,00	44,00	45,00	46,00	47,00	48,00	49,00	50,00	51,00	52,00	53,00	54,00	55,00	56,00	57,00	58,00	59,00	60,00	61,00	62,00	63,00	64,00	65,00	66,00	67,00	68,00	69,00	70,00	71,00	72,00	73,00	74,00	75,00	76,00	77,00	78,00	79,00	80,00	81,00	82,00	83,00	84,00	85,00		

Таблица 4.5.5. Приложение на индекса за „приток към язовира” за преработени от ВЕЦ“Клисура“ обеми, в млн. м³

Год.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	сум.
1982	3,39	5,60	1,824	8,218	9,996	7,916	4,052	1,82	8,896	2,608	3,252	2,96	49,79
1983	1,196	3,904	2,138	4,169	3,316	4,600	7,82	2,516	1,732	1,320	1,648	1,304	39,72
1984	1,036	3,408	1,233	7,608	8,804	7,254	2,616	1,176	0,58	0,86	0,824	0,748	33,36
1985	0,796	1,360	0,708	4,78	5,532	4,564	1,328	0,596	0,292	1,648	2,052	1,872	25,93
1986	-2,18	1,168	2,592	7,24	8,128	7,000	2,212	2,792	1,876	0,672	0,94	0,784	48,06
1987	1,318	3,688	1,400	8,888	9,960	7,720	2,312	1,044	0,512	0	0	0	35,48
1988	1,654	5,328	1,828	7,612	8,813	7,268	2,572	1,156	0,568	1,416	1,764	1,608	41,66
1989	1,026	1,056	5,760	4,548	7,080	7,330	4,80	1,8	1,26	3,768	2,942	2,58	44,04
1990	2,40	2,160	3,180	6,000	5,880	4,600	1,440	0,840	0,812	0,948	0,600	1,320	29,16
1991	0,990	0,660	3,664	6,216	9,978	7,20	5,32	3,80	1,34	1,078	3,39	2,4	46,32
1992	1,776	1,380	3,18	8,22	5,82	7,86	4,60	1,548	0,832	0,732	1,5	1,88	38,74
1993	0,660	0,516	2,852	5,34	6,60	5,02	8,712	0,768	0,660	0,468	0,408	0,676	24,22
1994	0,96	0,812	2,180	6,00	7,28	3,94	5,444	2,244	0,972	1,088	0,792	0,696	33,41
1995	1,662	2,282	4,080	7,14	9,456	6,644	3,408	2,532	2,236	1,212	0,94	0,672	45,33
1996	2,944	2,640	3,064	7,464	10,36	3,108	1,382	0,84	0,576	1,872	2,672	0,688	48,26
1997	3,860	3,184	3,960	5,784	11,688	7,960	2,338	3,13	1,08	2,4	3,768	3,016	80,44
1998	3,000	4,486	4,820	7,172	9,164	4,712	2,696	0,792	0	0	0	0	89,59
1999	2,892	1,739	4,764	9,180	7,164	3,696	4,62	2,52	2,199	1,956	2,532	3,588	45,44
2000	2,811	2,700	4,108	8,948	6,664	1,712	0,336	0,067	0,431	0,411	0,936	0,284	28,98
2001	0,489	0,660	5,256	6,782	3,392	3,602	4,072	1,104	0,64	0,072	0,248	0,059	31,40
2002	0,275	0,611	2,973										

Таблица 4.5.7. Приложение на индекса за „приток към язовира” по данни от баланса на язовира, в млн. м³

Год.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Сума прит. вод.	Сума Прераб. вод.
1983	0	0	0	6,2	5,05	1,89	1,36	1,65	2,25	2,300	3,148	4,008	27,886	25,93
1986	4,534	3,79	5,743	8,008	3,41	3,18	3,242	1,938	0,695	0,195	0,300	0,470	35,505	48,06
1987	0,674	3,33	2,939	8,133	8,876	4,962	2,208	1,409	0,733	0,587	1,823	4,162	39,446	35,48
1988	2,079	2,867	4,458	6,113	6,143	3,815	2,194	1,1	1,287	0,197	1,718	3,373	38,846	41,66
1989	1,621	1,360	4,813	5,928	6,026	7,090	3,023	1,951	1,438	3,325	2,588	2,784	41,947	44,04
1990	2,118	2,690	2,963	5,553	6,598	4,537	1,761	1,003	0,754	0,875	1,280	2,029	31,963	29,16
1991	1,852	1,619	3,372	6,565	7,816	6,166	4,101	3,003	1,981	1,657	3,417	2,508	44,067	46,32
1992	2,020	1,725	3,171	8,318	5,595	3,389	2,766	2,214	1,233	0,937	1,620	1,393	34,381	38,74
1993	1,358	1,166	2,389	5,528	8,451	2,968	1,062	0,817	1,014	0,839	1,017	1,457	27,966	24,22
1994	1,008	0,911	2,114	6,093	7,641	3,352	5,283	2,040	1,177	1,523	1,226	1,220	33,59	33,41
1995	2,253	2,790	4,590	8,018	4,304	3,235	3,289	2,725	2,551	1,656	3,358	4,358	43,125	45,33
1996	4,458	2,673	1,396	5,434	3,322	2,827	1,463	1,709	3,104	3,515	3,558	5,992	38,875	48,26
1997	4,408	2,261	3,252	4,049	4,037	3,322	4,412	3,709	1,585	2,665	3,216	3,376	36,364	80,44
1998	3,145	3,371	3,478	3,537	3,346	3,245	2,601	1,255	2,73	3,486	3,664	3,229	37,029	55,76
1999	2,841	2,118	4,904	4,842	2,834	2,972	3,036	2,288	2,524	2,306	2,679	3,403	36,747	45,44
2000	3,191	2,484	2,662	3,718	2,049	1,32	0,259	0,201	0,593	0,599	0,956	0,753	19,125	28,98
2001	0,815	1,627	5,946	6,316	4,255	1,925	2,600	1,252	1,250	1,097	0,958	0,861	28,342	31,40

Таблица 4.5.5. Приложение на индекса за „приток към язовира” за преработени от ВЕЦ”Клисура“ обеми, в млн. м³

Таблица 4.5.7. Приложение на индекса за „приток към язовира” по данни от баланса на язовира, в млн. м³

Год.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	сум
1982	1,338	2,040	1,824	8,288	9,398	7,918	4,032	1,82	0,898	2,808	3,232	2,38	48,79
1983	1,798	3,904	2,138	4,818	3,378	4,800	7,82	2,518	1,782	1,320	1,848	1,204	39,72
1984	1,056	3,408	1,232	7,608	8,804	7,564	2,616	1,176	0,58	0,834	0,748	35,96	
1985	0,798	1,900	0,708	4,78	5,332	4,544	1,328	0,598	0,290	1,648	2,052	1,872	24,98
1986	2,14	7,168	2,592	7,54	8,128	7,200	6,212	2,792	1,378	0,672	0,84	0,764	48,06
1987	1,178	3,884	1,400	6,088	9,380	7,720	2,332	1,04	0,312	9	0	0	35,48
1988	1,634	5,338	1,938	7,612	8,112	7,268	2,572	1,156	0,568	1,416	1,764	1,608	41,64
1989	1,058	1,058	5,700	4,548	7,080	7,380	4,92	1,8	1,26	3,708	2,952	2,58	44,04
1990	2,40	2,180	1,180	6,080	5,880	4,020	1,440	0,840	0,612	0,648	0,600	1,320	28,16
1991	0,98	0,600	3,884	0,276	9,78	1,20	5,32	3,90	1,38	1,08	3,36	2,4	46,32
1992	1,716	1,380	3,18	8,22	5,32	7,86	4,60	1,548	1,032	0,72	1,5	1,08	38,74
1993	0,68	0,516	2,832	5,58	6,62	5,02	0,712	0,708	0,600	0,488	0,408	0,676	24,22
1994	0,66	0,612	2,180	6,00	7,28	2,34	3,44	2,244	0,972	1,080	0,792	0,696	33,41
1995	1,692	2,292	4,080	1,74	9,456	6,644	2,408	2,532	2,256	1,212	0,794	1,072	45,33
1996	2,694	2,640	3,044	7,464	10,96	3,108	1,382	0,84	0,156	1,872	2,652	0,684	48,26
1997	4,394	2,184	3,960	5,784	9,168	7,362	2,338	3,12	1,04	2,4	5,788	5,016	80,44
1998	3,000	4,484	3,220	7,372	7,164	4,718	2,692	0,792	0	0	0	0,939	38,76
1999	2,892	1,738	4,764	9,192	7,164	3,698	3,42	2,52	2,198	1,958	2,352	3,588	45,44
2000	2,811	2,700	4,108	8,968	6,646	7,712	0,338	0,067	0,431	0,417	0,196	0,348	28,88
2001	0,488	0,680	5,256	6,792	8,392	3,602	4,077	1,101	0,64	0,077	0,241	0,019	31,40
2002	0,275	0,611	2,973										

Год.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Сума прит. Язов	Сума Прераб. води
1985	0	0	0	6,2	5,05	1,89	1,36	1,65	2,25	2,300	3,148	4,008	27,856	25,93
1986	4,534	3,79	5,748	8,008	3,41	3,18	3,242	1,938	0,695	0,195	0,300	0,470	35,508	48,06
1987	0,674	3,53	2,349	8,133	8,876	4,962	2,208	1,409	0,733	0,587	1,823	4,162	39,446	35,48
1988	2,079	2,867	4,958	9,115	6,143	3,815	2,194	1,1	1,287	0,197	1,718	3,373	38,846	41,66
1989	1,621	1,360	4,813	5,928	6,026	7,090	3,023	1,951	1,438	3,325	2,588	2,784	41,947	44,04
1990	2,118	2,690	2,963	5,335	6,598	4,357	1,761	1,003	0,754	0,875	1,280	2,029	31,963	29,16
1991	1,832	1,619	3,372	6,565	7,816	6,166	4,101	3,003	1,981	1,657	3,417	2,508	44,057	46,32
1992	2,020	1,725	3,171	8,318	5,595	3,389	2,766	2,214	1,233	0,937	1,620	1,393	34,381	38,74
1993	1,338	1,166	2,389	5,328	8,431	2,968	1,062	0,817	0,714	0,839	1,017	1,457	27,966	24,22
1994	1,008	0,911	2,114	6,095	7,641	3,352	5,283	2,040	1,177	1,523	1,226	1,220	33,59	33,41
1995	2,233	2,790	4,590	8,018	4,304	3,235	3,289	2,723	2,351	1,656	3,358	4,338	43,125	45,33
1996	4,458	2,673	1,396	5,434	3,322	2,827	1,463	1,193	3,104	3,515	3,558	5,932	38,878	48,26
1997	4,48	2,261	3,252	4,049	4,037	3,322	2,412	3,709	1,585	2,663	3,216	3,376	38,364	50,44
1998	3,105	3,371	3,478	3,537	3,346	3,245	2,601	1,255	2,73	3,486	3,646	3,229	37,029	38,76
1999	2,841	2,118	4,904	4,842	2,834	2,972	3,036	2,288	2,524	2,306	2,679	3,403	36,747	45,44
2000	3,191	2,484	2,662	3,718	2,049	1,32	0,259	0,201	0,593	0,959	0,936	0,753	19,128	28,88
2001	0,815	1,627	5,946	6,316	4,255	1,925	2,060	1,252	1,230	1,097	0,938	0,861	28,342	31,4

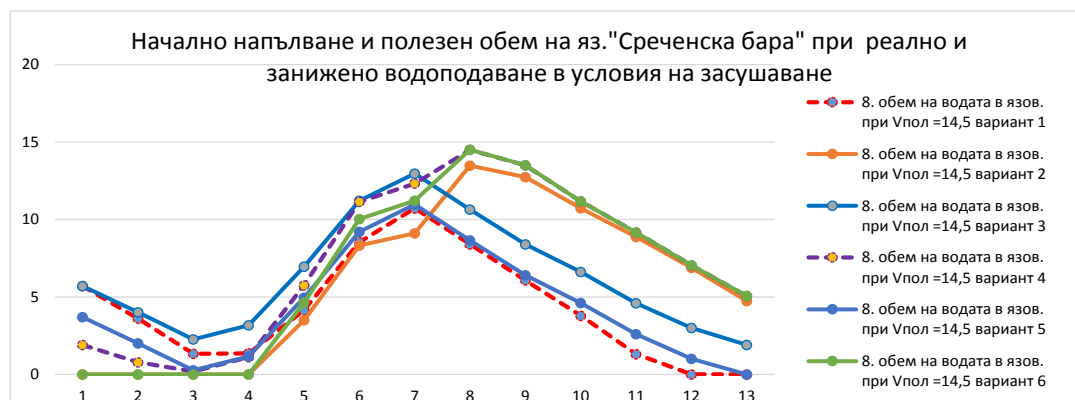
4.5.2.2. Индикатор за напълване на язовирите и индекс на състоянието (State index)

Прилага се индикатор за „напълване на язовирите” State index, SI разработван в НИМХ от секция „Водностопански изследвания”.

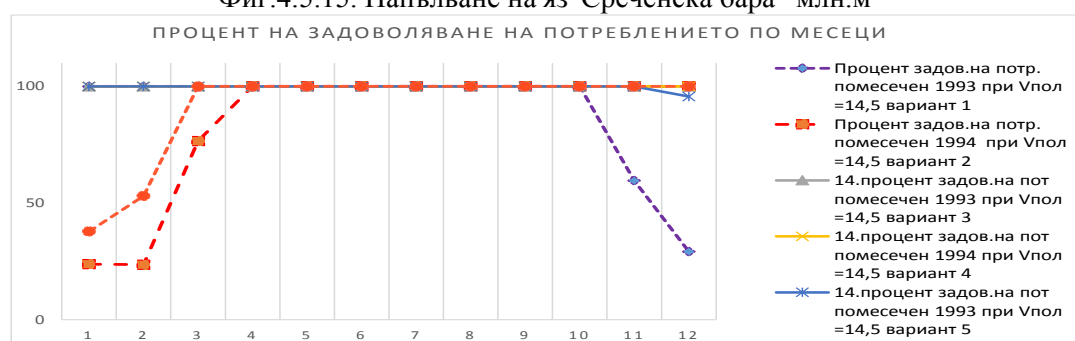
Реално подадените месечни водни обеми от яз.”Среченска бара” по данни на МРРБ (Няголов, И., кол., 2002) са дадени на фигура.

Анализ на функционирането на яз.”Среченска бара” за оценка на напълването на язовира в идентифицирания период на екстремно засушаване. За приложение на индикаторната система и идентифициране на т.нар. продължително засушаване са

изчислени водностопански баланси на яз.“Среченска бара“. Ползван е програмиран в EXCEL алгоритъм за баланс на водохранилище, прилаган в практиката за МРРБ (разработка МРРБ, 2002). Разработени са водностопански баланси на яз.“Среченска бара“ в за реален приток, реалното водоподаване в посока Враца и Монтана и различни варианти на напълване на язовира. Общото водопотребление включва и изпарението от язовира (от разработката за МРРБ). На фиг.4.5.15-16 са дадени резултатите от експеримента и водностопанските баланси.



Фиг.4.5.15. Напълване на яз“Среченска бара“ млн.м³



Фиг.4.5.16. Процент на задоволяване на потреблението от яз“Среченска бара“

Индексът на състоянието на яз.“Среченска бара“ показва състояние на „тревога“ и „спешност“ (обемът на язовира пада до критични % от полезния обем, дори към 0). Налице са последствия и за социално-икономическата сфера и околната среда – фиг.4.5.16. Критерии за това са дефицитите за питейното водоснабдяване и др. потребители, дефицити за екологичния отток и произведена електроенергия от ВЕЦ и др.

4.5.2.3. Резултати от приложение на комплексната индикаторна система и изводи от експериментите

Таблица 4.5.14. Резултати от приложение на индикаторната система и експеримента

Идентификация на метеороложкото засушаване с индекс SPI – глава 4.3	Идентифицирано метеороложко засушаване Северозападна България
Идентификация на метеороложкото засушаване с индекс SRI – глава 4.3	Идентифицирано хидроложко засушаване отток за Северозападна България
Индикатор за притока към язовирите (reservoir inflow, RI) – глава 4.5.	Идентифицирано засушаване на притока към язовирите
Индикатор за напълване на язовирите и индекс на състоянието (State index, SI) – глава 4.5.	Идентифицирано управленско засушаване и недостиг на вода при засушаване. Състояние на „тревога“ и „спешност“
Последствия и за социално-икономическата сфера и околната среда. Дефицити за питейното водоснабдяване, ВЕЦ и пр. - глава 4.5.	Идентифицирано социално - икономическо засушаване
Оценка с комплексната система	Имаме състояние на „екстремно засушаване“ и продължително засушаване

Анализ на резултатите и изводи:

Резултатите от експеримента и табл.4.5.14 идентифицират „екстремно засушаване“. Съгласно опита на Испания, Португалия и експертната група по засушаване WS&D това идентифицира т.нар. „продължително засушаване“, което е от значение за чл.4.6. на РДВ.

- Периодът на дългогодишно засушаване продължава 1983 – 1995 г., по-значимо е засушаването 1984 – 1985 г., а най-екстремно е засушаването през 1993/1994 г.
- Метеороложката и хидроложкото засушаване по притоците (които формират и притокът към язовирите) и притокът към язовира са в корелация в пространството и времето.
- Имаме добро съвпадение на индексите за притоците SRI (особено при 1992-1993/1994) и индикатора за притока към язовирите.
- Чрез индексът SRI24 се идентифицира по-добре дългосрочното засушаване (1984-1995) и има съвпадение с индикатора за нивата на язовирите (State index, SI). При тях има отместване в посока 1993/1994, което се обяснява със постепенното изчерпване на обемите на язовирите и подземните води;
- Налице е известно отместване на хидроложкото засушаване за ХМС-тата по главната река, което се дължи на регулиращата способност на язовирите. Отместването е за засушаването 1993/1994 в посока 1995/1996.
- Предложената индикаторна система е успешно приложена за идентифициране на т.нар. „продължително засушаване“, за ВС „Среченска бара“.
- Индикаторът за „приток към язовирите“ е анализиран въз основа на разработени от експерти на НИМХ прагови стойности, които се прилагани в практиката от МОСВ („Актуализация на ползваните данни за притоците в язовирите от Прил. 1 на ЗВ за нуждите на годишните графици за използване на водите им“, Споразумение НИМХ с МОСВ, 2015 г. и 2017 г. www.moew.com). Ползвана е представителна информация от МРРБ за притока към яз.“Среченска бара“ (която е база и на изведените прагови стойности на индикатора). Експериментите показват приложимостта на този индикатор, и се препоръчва включването му като част от разработваната в НИМХ индикаторната системата за идентификация и управление при засушаване, в подкрапа на МОСВ и БД.

На следващ етап ще се даде интегриран пространствено-времеви анализ – глава 4.5.5.

4.5.3. АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА ПРИ ЗАСУШАВАНЕ. ИМИТАЦИОННО МОДЕЛИРАНЕ И ВОДНОСТАПАНСКИ БАЛАНСИ НА НИВО РЕЧЕН БАСЕЙН.

Имитационното моделиране на ниво речен басейн е база за калибриране на индикаторната система за идентификация и управление при засушаване, за разработване на мерки и Планове за управление при засушаване (Испания, Англия, Португалия и др.).

На този етап се прилага имитационен модел SIMYL (разработен в НИМХ, от проф.И.Няголов, Водностопански баланси, 2006 г.). Програмата извършва разпределение на водите между водоползвателите, в съответствие с приоритетите в Закона за водите. За целите на дисертацията са актуализирани водностопанските баланси и имитационното моделиране на поречие Огоста. Анализирани са нови варианти с мрежовия модел на поречието. Определят се дефицитите и степента на удовлетворяване на всеки потребител, нарушението на оттока при различни сценарии.

4.5.3.1. Водни ресурси и сценарии

Моделирането се извършва на базата на хидроложки редици за оттока за всеки пункт на баланса. Ползвани са хидроложки редици за естествения отток на поречието от Северозападна България /разработени в НИМХ/.

Сценарии засушаване. Анализират в предходните етапи сценарии засушаване са база за имитационното моделиране. Приложен е подхода на историческо засушаване (10 годишен период на продължително и екстремно засушаване 1985 – 1994 г.). По-значимите подземни водни тела и кладенци в руслото на реките се отчитат с имитационния модел SIMYL. Обикновено всички водопотребители от група кладенци или извори се групират в един възел на модела.

4.5.3.2. Актуализация на водопотреблението и варианти за развитие.

При актуализация на имитационния модел и водностопанските баланси са анализирани основните водопотребители: питейно-битово водопотребление; екологичен отток; промишлено водопотребление; напояване, рибоводство и аквакултури; хидроенергетика; изпарение и филтрация от язовирите.

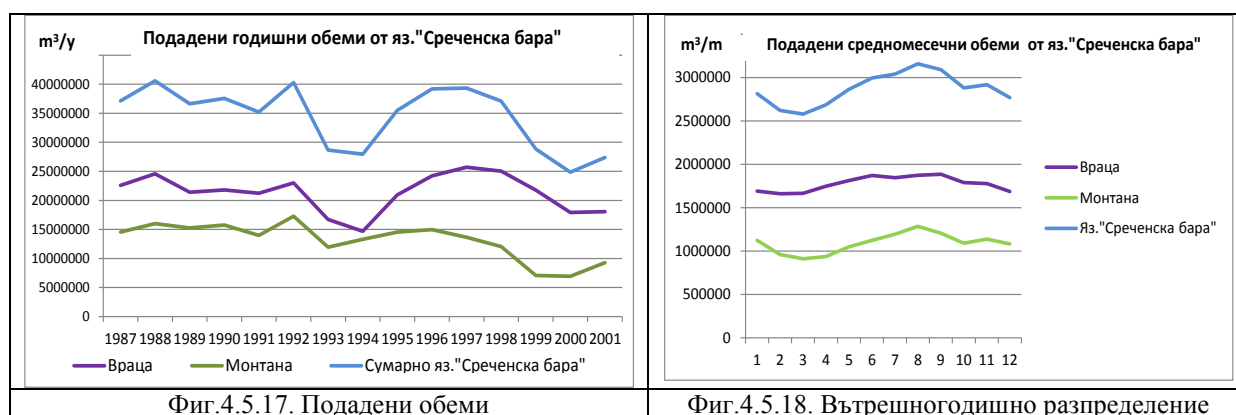
Питейно-битово водопотребление /ПБВ/. Оценката на водопотреблението става въз основа на издадените разрешителни, настоящото водопотребление, тенденции за демографското развитие, мастер планове и бизнес планове за ВиК и пр.

Водопотребление съгласно издадените разрешителни. Специално внимание е отделено на значимите водоснабдителни групи на Северозападна България и водопотреблението от яз.“Среченска бара“. Водопотреблението в издадените разрешителни е дадено по етапи. Съгласно Разрешително за водоползване **РВ №003307/02.06.2004г.** за **гр.Монтана и населени места от общините Берковица и Вършец**, лимитът на ползваната вода е: Етап 2004 година - 13,814 mln.m³/y ; Етап 2010 година - 12,917 mln.m³/y; Етап 2020 година - 11,373 mln.m³/y;

Актуализацията на имитационния модел за целите на дисертационния труд, включва всички разрешени лимити за водоснабдяване от яз.Среченска бара, вкл. тези в посока **Враца, Мездра, Криводол**, които в баланс (Използване на водите..., 2006) не са отчетени по разрешително. За водоснабдяване на района на Враца, Мездра и Криводол се разрешават следните обеми: Етап 2004 година - до 14,506 mln.m³/y; Етап 2010 година - до 14,445 mln.m³/y; Етап 2020 година - до 15,592 mln.m³/y.

Оценка на водопотреблението по данни на МРРБ и ВК.

По данни на МРРБ, подадените месечни и годишни водни обеми от яз.”Среченска бара” за периода 1987-2002 г., са представени на фиг.4.5.17. и фиг.4.5.18.



Общо подадените за водоснабдяване от яз.“Среченска бара“ водни обеми варират от 30 – до 35 mln.m³/y. Годишните обеми в посока Враца са 20 mln.m³/y. В посока Монтана - 10 mln.m³/y. Наблюдава се известна тенденция за намаляване на водопотреблението от язовира.

Актуалното водопотребление е по данни на Бизнес плана на ВК“Монтана“. Подадаената вода на входа на водоснабдителната система е около 33,4 млн.м³/год 2007г., до около 31 млн.м³/год през 2013г. Анализирано е и демографското развитие в Северозападна България.

Екологичен отток. При имитационното моделиране и балансите екологичният отток е с приоритет. Задава се съгласно Закона за водите (Заповед на МОСВ №РД-1383/18.11.2003 за оценка на минимално допустимия отток); по разрешителни или специфични режими при маловодие (разработени в глава 4.4.). Оценява се в специални възли от поречието.

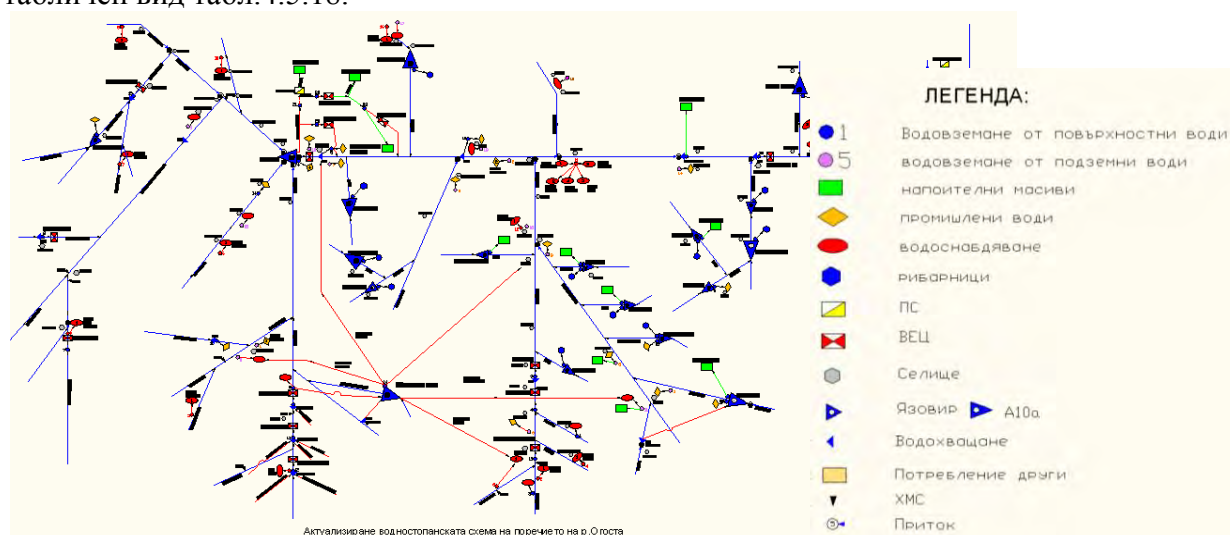
Хидроенергетика. Анализирани са варианти с актуалните разрешителни за поголемите ВЕЦ на поречието: ВЕЦ”Чипровци”, Каскада „Петрохан” - ВЕЦ”Клисура”. Анализирани са възможностите на яз.”Огоста” да обезпечи сумарното електропроизводство от ВЕЦ.

Напоояване. В настоящата разработка е приложен максимален вариант за напоояването (от балансите от 2006) - оценено за 100% от всички годни за напоояване площи.

Промисленост. Промислеността не е голям консуматор на вода. Оценява се по разрешителни.

4.5.3.3. Имитационно моделиране и актуализация на водностопанските баланси.

Въз основа на актуалната информация се детайлизира и актуализира схемата на използване на ресурсите на поречие Огоста – фиг.4.5.23.-24. Разработеното в (Изполване водите..., 2006) се допълва и надгражда. Разработеният имитационен модел има над 120 възли. Резултатите от новите експерименти и имитационното моделиране се получават в табличен вид табл.4.5.18.



Фиг.4.5.23. Актуализация на изчислителна водностопанска схема поречие Огоста

За всеки един воднобалансов възел, за всеки потребител или пункт за екологичен отток се дава оценка на дефицитите (обезпечеността) и индекса на надежност.

Разработени са 5 варианта на водностопанските баланси на поречие Огоста:

Вариант 1. Анализ на вариант по актуални разрешителни, сценарий засушаване.

За целите на дисертационния труд в примера са отчетени водните количества в посока Враца, Мездра, Криводол от разрешителните за яз.”Среченска бара“ (които в баланс 2006 не са отчетени по разрешително).

Таблица 4.5.19. **Вариант 1.** Резултати от имитационен модел, вариант по разрешителни, водностопански баланси 2016 г - фрагмент

SIMULATION OGOSTA RIVER BASIN				
WR utilization and balances, Водностопански баланс 2018 г. (Всички обеми са в .10 ³ m ³ /y)				
№ въз	Име водопотребител	Име от баланси	Вариант 1 – питейно водопотребление по актуални разрешителни, Water Supply New Permits	Индекс надежд

ел мод ел		2006	Потребление	Дефицит	Обезпеченост по			ност
		NAME	DEMANDS	SHORTGS	обем OBEo,%	години OBEg,%	месеци OBEm,%	Index
3	ВЕЦ ”Чипровци”	VECChipr	150000	14184	90.54	10.00	70.00	1.255
8	Питейно подземни Берковица	p5gWS	1262	19	98.49	90.00	98.33	.227
9	ВЕЦ ”Клисура”	VECKlisu	500000	207239	58.55	.00	24.17	17.884
12	„Среченска бара” към Монтана	p24sWS	106317	257	99.76	90.00	98.33	.006
74	Еко Бързия	Eco Barz	48000	22	99.95	90.00	99.17	.000
76	Питейно повърхн. Берковица	p2sWS	2934	46	98.43	70.00	97.50	.118
77	„Среченска бара” към Враца, Мездра, Криводол	1WS	202423	2467	98.78	90.00	98.33	.149

Новите резултатите от актуалните баланси показват, че в периоди на продължително засушаване и маловодие възникват дефицити за водоснабдяването от яз. “Среченска бара”, в района на Каскада „Петрохан“ и от локални водоизточници:

1. Дефицити от яз. “Среченска бара” - обезпечеността на водопотреблението в посока Монтана и населени места е: 98.78% по обем, 90.00% по години и 98.33% по месеци, а обезпечеността на водопотреблението в посока Враца, Мездра, Криводол е: по обем 99.76%, по години 90.00% и по месеци 98.33%. Според старите резултати от 2006 г., водопотреблението от яз. “Среченска бара” е обезпечено 100% при засушаване (табл.4.5.20).

2. Дефицити има при водохващания и от Каскада „Петрохан” за района на Берковица – обезпеченост по обем 98.43%, по години 70.00%, по месеци 97.50%. Тези дефицити ги има при актуалните баланси и в 2006 г.

3. При новите баланси възникват дефицити при водовземане от подземни води (каптажи и кладенци) в район Берковица - обезпеченост по обем 98.49%, по години 90.00%, по месеци 98.33%. Резултатите от примера показват, че и при екологичния отток също има дефицити, например при устието на р.Бързия. Дефицити се явяват при ВЕЦ “Чипровци”, ВЕЦ “Клисура” и пр.

Вариант 2. Вариант с намалено със 70% питейно водопотребление за бъдещ период 2030 г., сценарий засушаване, 2018 г.

Този вариант е минимален. Отчита песимистичните прогнози за демографското развитие и планираното намаляване на загубите във водоснабдителните системи. При този вариант подопотреблението от яз. “Среченска бара” е обезпечено на 100%, но остават дефицитите при водоснабдяването от локални водоизточници (водохващанията, кантажи) в района на Берковица, каскада „Петрохан“, екологичния отток и др.

Вариант 3. Актуализация на енергопроизводството с актуални обеми за ВЕЦ.

Резултатите показват, че при увеличаване на годишния лимит при ВЕЦ “Чипровци” (от $15 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$ на $17,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$) обезпечеността намалява. При останалите ВЕЦ обезпечеността не се променя.

Вариант 4. Отчита сумарно всички ВЕЦ от яз. “Огоста” /по разрешителни/ и при намалено питейно водопотребление, сценарий засушаване.

В момента има издадени разрешителни за 4 ВЕЦ от яз. “Огоста”, но работят само 3 - ВЕЦ “Огоста” (най-големиямата ВЕЦ на Северозападна България) и 2 каскадно разположени ВЕЦ “Кошарника” и ВЕЦ “Мактиди”. При балансите 2006 г. в мрежовия модел е отчетен ВЕЦ “Монтана”, който не функционира.

Резултатите показва, че сумарното енергопроизводство на всички ВЕЦ от яз.“Огоста“ не е обезпечено. Това е очаквано, защото МВЕЦ са на подчинен режим на напояването и екологичния отток.

Вариант 5. Вариант с променен екологичен отток на Ботуня и питейно водопотребление по разрешителни (като вариант 1).

За пункта на р.Ботуня е заложен екологичен отток с вътрешногодишно разпределение не по норматив (равномерно по месеци), а съгласно изчислените вариационни прагове за Ботуня. Обезпечен е 100%.

Екологичния отток по река Огоста е обезпечен на 100%. Дефицити при екологичния отток възникват в участъците без регулиране на оттока.

Напояването е същото като балансите от 2006, оценено за 100% от всички годни за напояване плащи. То е обезпечено на 100%.

Чрез имитационното моделиране със SIMYL се анализират възможностите за управление на речните води на поречие Огоста при маловодие и засушаване. На фиг. 4.5.25. е даден симулираният (с модел SIMYL) хидрограф на отток за пункт р.Огоста, преди вливането на р.Скът, за един от сценариите.



Фиг.4.5.25. Симулиран отток (имитационен модел SIMYL), р.Огоста, преди р.Скът

4.5.4. Анализ на функционирането на комплексните и значими ВС и язовири. Изводи.

Резултатите от имитационното моделиране и балансите идентифицират уязвимите при засушаване райони на Северозападна България. Отчитането на язовирите в системите за ранно предупреждение, зависи от значимостта им за водоснабдяването, и последствията за населението, икономика и околна среда при засушаване (точка 4.5.5.3).

Резултатите от балансите показват, че в условия на продължително засушаване и маловодие възникват дефицити при водоснабдяването от яз.“Среченска бара” и локални водохващанията, каптажи. Яз.“Среченска бара” и каскада „Петрохан“ ще продължат да са стратегически водоизточник в района. В периоди на маловодие и засушаване дефицитите засягат голям брой жители на Монтана, Вършец, Берковица, Враца, Мездра и още над 40 населени места. Значим дефицит има и при електропроизводството от Каскада „Петрохан“, което води до загуби за икономиката, а дефицитите екологичните количество оказват негативно въздействие върху екосистемите и околната среда.

Яз.“Среченска бара” и яз.“Огоста” са от значение за националната сигурност (Постановление на МС № 181/20.07.2009 г). Но яз.“Огоста” не е за питейни нужди.

Яз.“Огоста” има много по-големи възможности и неговият потенциал не се използва оптимално. Причините за това са неговата потенциална опасност (недостроен), лошото качеството на водите, и че не се ползва по предназначение.

С решение на междуведомствена експертна комисия, назначена със Заповед на МВР, 2015 г. са издадени предписания по експлоатацията на язовира:

1. Определя максимално ниво – кота 193,0 метра, 4,5 м. под кота преливен ръб ;
2. Определя минимално ниво на водите – кота 187,5 метра;
3. При изготвяне графика за управление да не се допускат резки колебания.

Въпреки, че яз.”Огоста” е многогодишен изравнител и е вторият по големина язовир в България, той се експлоатира и управлява като сезонен изравнител. Ролята му за водоснабдяването и за поречие Огоста не е първостепенна.

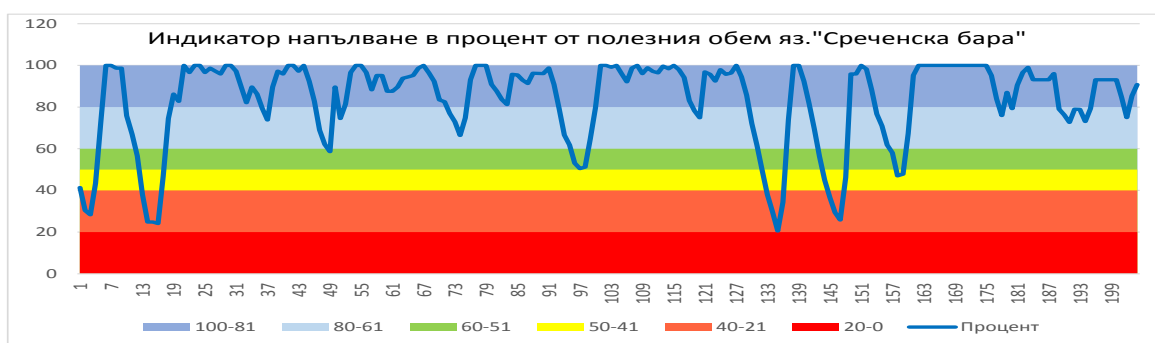
Другите големи и значими язовири „Кула“ и „Рабиша“ също не се използват според възможностите си. В последните години вместо за напояване по-голяма част от язовирите се ползват за производство на енергия, чрез ВЕЦ или са рибарници.

4.5.5. Експериментално приложение и анализ на възможностите за развитие на интегрираната индикаторна система.

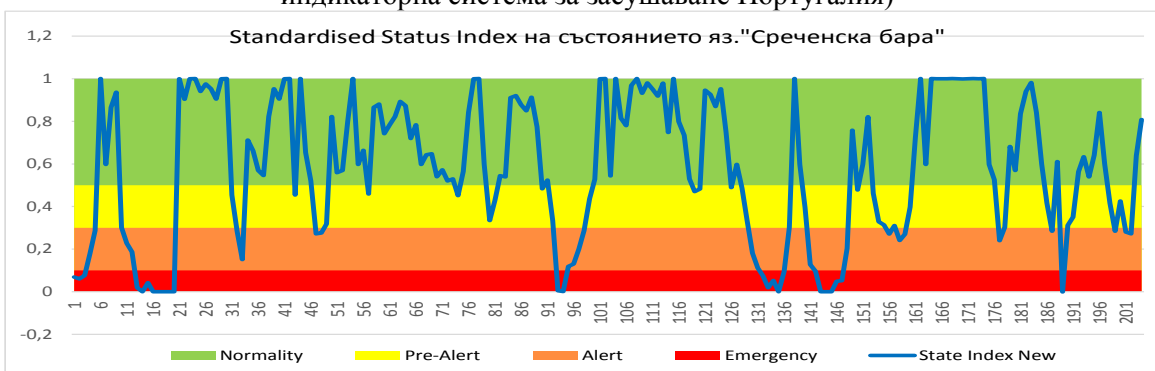
Индикаторните системи за засушаване и системите за ранно предупреждение в България трябва да се развият с оценката на интегрален индикатор, по примера на Испания, Португалия, Англия и др. Добре е към индексите SPI, SRI, SMI да се добавят индекси за оценка притокът към язовирите и на нивата на язовирите, (чрез т.нар. индекс на състоянието SI), нивата на подземните води и пр. Така ще се идентифицира т.нар. продължително засушаване за целите на РДВ.

4.5.5.1. Индекс на състоянието за яз. „Среченска бара“

Резултатите от експерименталното приложение на индексите за състояние на за яз. „Среченска бара“: „% от порезния обем” и „Standardised Status Index” са дадени на фиг.4.5.26, фиг.4.5.27 и Табл. 4.5.9.



Фиг.4.5.26. Индикатор на състоянието % от полезния обем на яз. „Среченска бара“ (по примера на индикаторна система за засушаване Португалия)



Фиг.4.5.27. Standardised Status Index на яз. „Среченска бара“ (по примера на индикаторна система за засушаване Испания – нова индикаторна система)

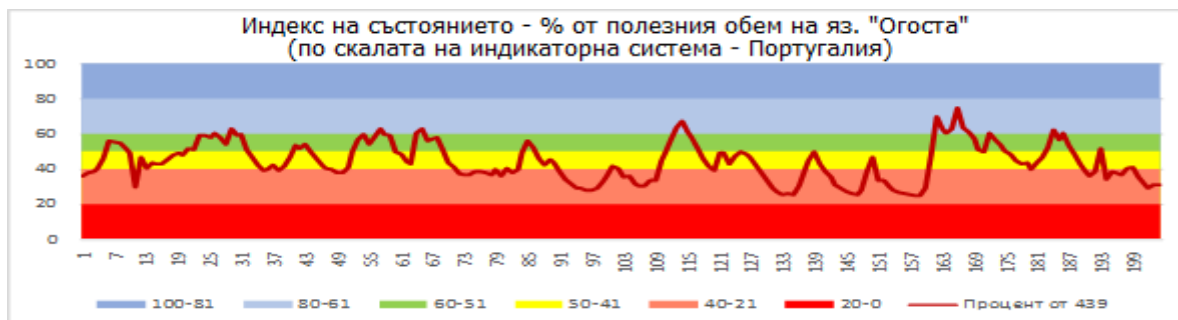
Таблица 4.5.29. Стандартизиран статус индекс (Standardised Status Index) яз. „Среченска бара“

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2001	0,07	0,06	0,08	0,18	0,29	1,00	0,60	0,87	0,94	0,30	0,23	0,19
2002	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,90	1,00	1,00
2003	0,94	0,98	0,95	0,90	1,00	1,00	0,45	0,28	0,15	0,71	0,66	0,57
2004	0,55	0,82	0,95	0,90	1,00	1,00	0,45	1,00	0,65	0,52	0,27	0,28
2005	0,32	0,82	0,56	0,57	0,80	1,00	0,60	0,66	0,46	0,87	0,88	0,74
2006	0,78	0,82	0,89	0,87	0,72	0,78	0,60	0,64	0,65	0,54	0,57	0,52
2007	0,53	0,45	0,56	0,84	1,00	1,00	0,60	0,33	0,43	0,55	0,54	0,91
2008	0,92	0,88	0,85	0,91	0,77	0,48	0,52	0,33	0,00	0,00	0,12	0,13
2009	0,20	0,29	0,44	0,53	1,00	1,00	0,54	1,00	0,81	0,78	0,97	1,00
2010	0,93	0,98	0,95	0,92	0,98	0,75	0,60	0,80	0,73	0,53	0,47	0,48

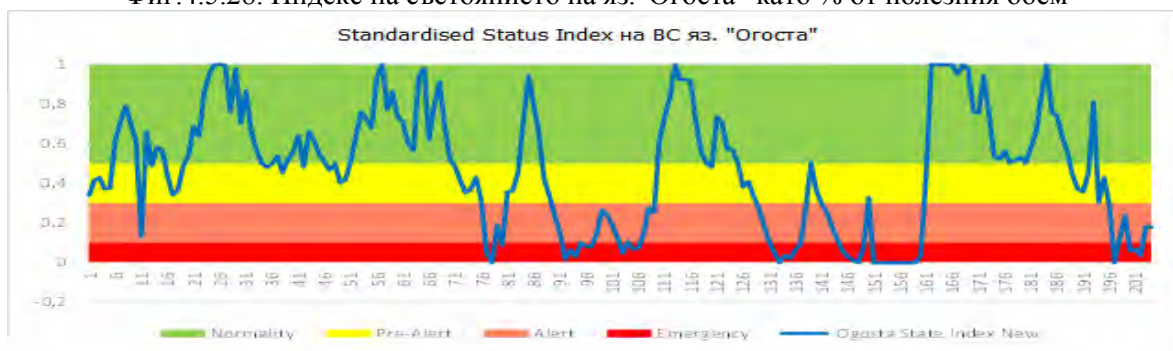
2011	0,95	0,93	0,87	0,95	0,75	0,49	0,60	0,49	0,33	0,18	0,11	0,07
2012	0,02	0,05	0,00	0,09	0,30	1,00	0,60	0,40	0,13	0,10	0,00	0,00
2013	0,00	0,05	0,05	0,20	0,76	0,48	0,60	0,82	0,46	0,33	0,31	0,27
2014	0,31	0,24	0,27	0,40	0,72	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

4.5.5.2. Индекс на състоянието „напълване на язовира“ за яз.„Огоста“

Резултатите от експерименталното приложение на индексите за състояние на за яз.„Огоста“: „% от полезния обем“ и „Standardised Status Index“ са дадени на фиг.4.5.28 и фиг.4.5.29.



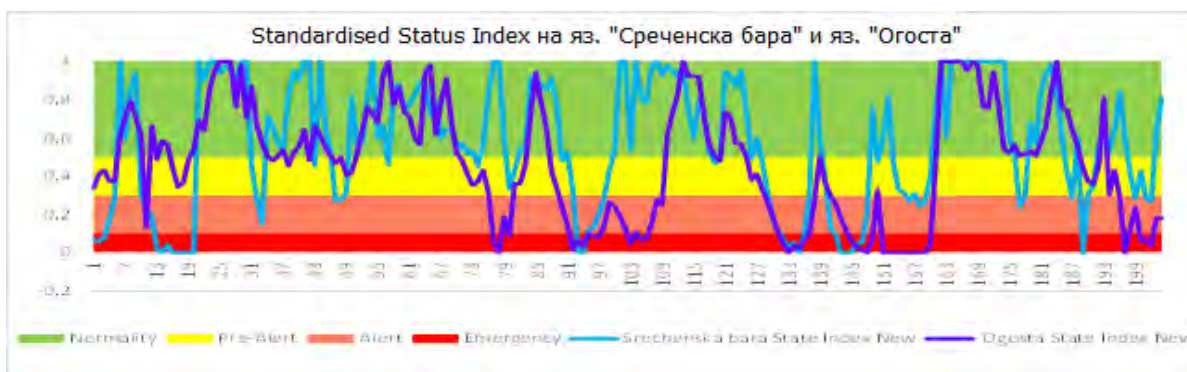
Фиг.4.5.28. Индекс на състоянието на яз.„Огоста“ като % от полезния обем



Фиг.4.5.29 Нов Standardised Status Index на яз. „Огоста“ (по примера на Испания)

4.5.5.3. Обобщен индекс на състоянието (Standardised Status Index) на поречието Огоста с отчитане на двата язовира - яз.„Огоста“ и яз.„Среченска бара“.

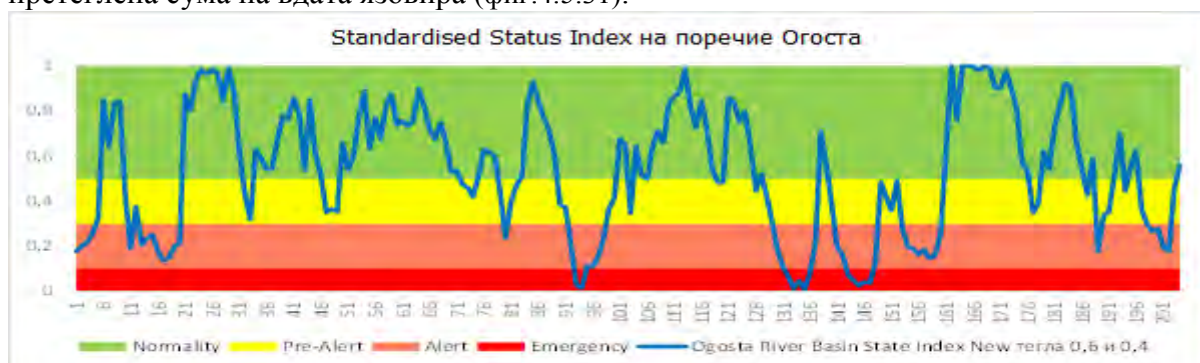
Обобщеният индекс на състоянието (Standardised Status Index) на поречието Огоста с отчитане на двата язовира - яз.„Огоста“ и яз.„Среченска бара“ се оценява, чрез претеглено сумиране. Съгласно опитът на Испания зададените тегла на язовирите трябва да отчетат значимостта им за водоснабдяването и за поречието.



Фиг.4.5.30 Standardised Status Index на яз.„Среченска бара“ и яз.„Огоста“

Отчитат се дефицитите, които възникват при засушаване, и въздействията върху обществото, екологията и икономиката. На това място се прилагат разработени в НИМХ за целите на МОСВ "Критерии за определяне на язовирите от приложение №1 на Закона за водите като "комплексни и значими" дадени в графика. Теглата на язовирите са

съответно 0,6 за яз."Среченска бара" и 0,4 за яз."Огоста". Защото въпреки, че е по-малък яз."Среченска бара" е по-значим за водоснабдяването от яз."Огоста". Дефицитите при него засягат питейното водоснабдяване и много хора. Обобщеният индекс SSI е претеглена сума на вдата язовира (фиг.4.5.31).



Фиг.4.5.31. Standardised Status Index на поречие Огоста (яз."Среченска бара" и яз."Огоста")

4.5.5.4. Интегриран пространствено – времеви анализ на поречие Огоста преди и след началото на експлоатацията на яз.“Огоста“ и яз.“Среченска бара“

1. SRI на поречие Огоста преди началото на експлоатацията на яз.“Огоста“ и яз.“Среченска бара“.

Таблица 4.5.30. SRI на поречие Огоста преди началото на експлоатацията на яз.“Огоста“ и яз.“Среченска бара“



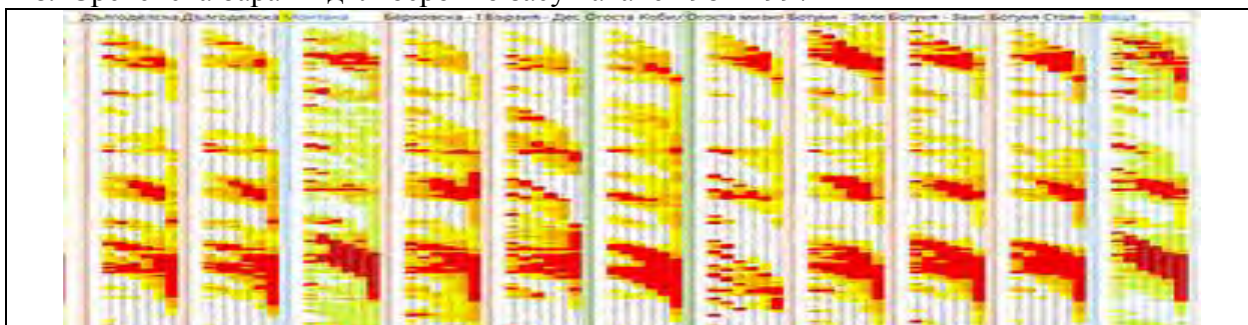
Анализ на хидроложкото засушаване с SRI на поречие Огоста преди началото на експлоатацията на яз.“Огоста“ и яз.“Среченска бара“ – засушаване 1968 – 1969 г. и 1972 г.

SRI е оценен за ХМС-тата на главната река (маркирани в зелено), и ХМС-тата на притоците (в кафяво). Последователно от ляво на дясно са: Дългоделска Огоста - Дълги дел, Дългоделска Огоста – Говежда, Берковска – Берковица, Бързия - Десна бара, Бързия Ширине, Огоста Кобиляк, Огоста Мизия, Ботуня - Зелени дел, Ботуня – Заножене, Ботуня Стояново.

SPI е даден за Монтана, Враца (в синьо).

2. Анализ на SRI, SPI и състояние на язовирите на поречие Огоста след началото на експлоатацията на яз.“Огоста“ и яз.“Среченска бара“

Таблица 4.5.31. SRI, SPI поречие Огоста след началото на експлоатацията на яз.“Огоста“ и яз.“Среченска бара“ – дългосрочно засушаване 1984-1997



3. Анализ на SRI, SPI и състояние на язовирите на поречие Огоста след началото на експлоатацията на яз.“Огоста“ и яз.“Среченска бара“ – засушаване периода 2000-2002 е дадено в подобна таблица

Анализ на резултатите и изводи:

- Преди началото на експлоатацията на язовирите, периодите на засушаване съвпадат в пространството и времето. Метеороложкото засушаване идентифицирано с SPI леко предхожда идентифицираното с SRI хидроложко засушаване. Засушаването по притоците и главната са в корелация, като по главната река засушаването е по-слабо изразено.
- След влизането в експлоатация на язовирите се забелязва се известно влияние върху засушаването на поречие Огоста:
 - Налице е известно отместване на хидроложкото засушаване за ХМС-тата по главната река, което се дължи на регулиращата способност на язовирите. Отместването е за засушаването 1993/1994 в посока 1995/1996. Отместване от засушаване 2000/2001 в посока засушаване 2001/2002.
 - За дългосрочното засушаване имаме добро съвпадение на индексите за състояние на язовирите и хидроложкото засушаване с SRI24;
 - В периодите на отместване индексът за състояние на язовирите също дефинира „засушаване“.
 - Забелязва се по-дълъг и продължителен период на засушаване по главната река Огоста който съвпада със завиряването на язовирите (1985-1986). Възможно е това да се дължи освен на метеороложко засушаване и на влиянието на язовирите.
- Имаме добро съвпадение на индексите за притоците SRI (от 1 до 12) и индикатора за притока към язовирите.
- Чрез индексът SRI24 се идентифицира по-добре дългосрочното засушаване (като това през (1984-1995) и има съвпадение с индикатора за нивата на язовирите (State index, SI). Има известно отместване (напр.в посока 1993/1994), което се обяснява със постепенното изчерпване на обемите на язовирите и подземните води;
- Индексът за „състояние на язовирите“ е анализиран, чрез прилагани в практиката на МОСВ подходи (наличен обем на язовире в % от общия) допълнен с индекси от системите на Португалия) и индексът Standardised Status Index на Испания.
- Експерименталното приложение на SSI за яз.“Среченска бара“ и яз.“Огоста“, и обобщеният индекс на поречие Огоста, идентифицира адекватно периодите на „управленско“ засушаване. Индексът SSI е за язовири със сезонно регулиране на оттока. Корелират се с индексите за дългосрочно засушаване SRI. Това дава основание да се препоръчва включването им като част от системите за ранно предупреждение при засушаване на НИМХ и МОСВ.

4.6. Анализ на земеползването. Оценка на възможностите за допълване каталога с добри практики в подкрепа на екосистемните функции за опазване на водите.

Целта на дисертационния труд е да се допълнят разработените по проекти католизи от мерки и добри практики за интегрирано управление на водните ресурси и земеползването. В CC-WARE е предложен адаптивен мениджмънт за четири типа екосистеми (Adaptive Management Measures – Best Practices for 4 different Ecosystems, 2015): 1. Горски екосистеми (Forest Ecosystems); 2. Влажни зони (Wetland Ecosystems); 3. Триви и пасища (Grassland Ecosystems); 4. Агроекосистеми (Agricultural Ecosystems).

Водосборът на яз.“Среченска бара” е разположен в най-високопланинската част на Западна Стара планина. Средните надморски височини варират от 950 до 1797 m (Mitigation vulnerability..., 2014). Залесената площ на водосборните басейни, от които се

улавят води, постъпващи в яз. „Среченска бара” е 9312 ха, което е 91 % площта. Букът заема 84%, смърч - 7,26%, бял бор - 3,85% и ела - 2% от общата площ. Тези четири дървесни вида заемат 97% от водоохранните гори.

Главните водосъбирателни канали са на около 700 м.н.в. Според (CC-WARE, 2014 - Раев, 2011) този планински район попада в зоните, в които горскодървесната растителност е слабо до средно (при песимистичен сценарий) уязвима на климатичните промени. Водоохранните гори в санитарно-охранителните зони (СОЗ) под надморска височина от 700 метра, са силно до средно уязвимите на климатични промени. За адаптация към климатичните промени трябва да се спазват препоръчаните лесовъдски дейности за водосбора на яз. „Среченска бара” и добрите практики за интегрирано управление на водните ресурси и горските екосистеми (CC-WARE, 2014; Изготвяне на воден баланс ..., 2014; CAMARO D, 2018).

5. Предложение на мерки за управление. Обобщения и препоръки.

5.1. Възможни хидроложки дейности и създаване на специфични влажни зони.

Възможни хидроложки дейности и създаване на специфични влажни зони.

По-долу са дадени възможности за хидроложки дейности и изграждане и възстановяване на специфични влажни зони, които да са съобразени с местния релеф и локални нужди, увеличаващи адаптацията към зсушаванията. Съобразно функцията си тези влажни зони (малки водоеми) могат да бъдат систематизирани в следните типове:

1. Водоем сред гората използван за гасене на пожари.
2. Водоем за разпространение на водни видове за хранване на птици и риби.
3. Водоем за инфилтрация, влияещ на микроводосборно ниво на BFI.
4. Водоем ретензионен обем.
- 5, 6, 7. Буферни водоеми в зависимост от земеделските отпадъчни води.
8. Влажна зона за ерозионна защита и биофилтър.
- 9, 10. Водоем за туризъм и система от пондове.
11. „Сухи“ водоеми, които са пълни с вода до 24 ч.
12. Биоретензионен с биофилтър, когато е необходимо допълнително разреждане на замърсителите в реката приемник (р. Огоста).
13. Комбинирани и 14. Други цели.



Фиг.4.6.5 Видове специфични влажни зони

Предложените в дисертацията специфични влажни зони са докладвани при обсъждането на каталози с добри практики по проект CAMARO-D (участието на експерти от НИМХ, Илчева, И., Доклад на работна среща, с експерти от ИАГ, БДДР и др, 2017). Пилотният водосбор е във Врачански Балкан. Целта на проект „Сътрудничество за усъвършенстване на управленските практики, свързани с въздействието на земеползването върху водния режим в басейна на река Дунав“, CAMARO-D на ИАГ, финансиран по програмата за транснационално сътрудничество „Дунав 2014-2020“ е интегрирано управление на водните ресурси и земеползването.

5.2. Разработването на Планове за управление водостопанските системи и речните басейни при засушаване

Проведените експерименти в дисертационния труд реализират поставените цели за управление на речните водни ресурси. Мерките за управление на оттока са две групи:

1. Мерки, които директно влияят на управлението на оттока в реките, свързани със системите за ранно предупреждение, планирането и управление на водостопанските системи и язовирите;
2. Мерки, които се прилагат на водосборите и са свързани със земеползването.

Първата група мерки са анализирани в точка 4.5. Към втората група мерки са „зелената инфраструктура“ за влажни зони и лесовъдни практики и добрите практики за управление на екосистемни услуги, анализирани в точка 4.6.

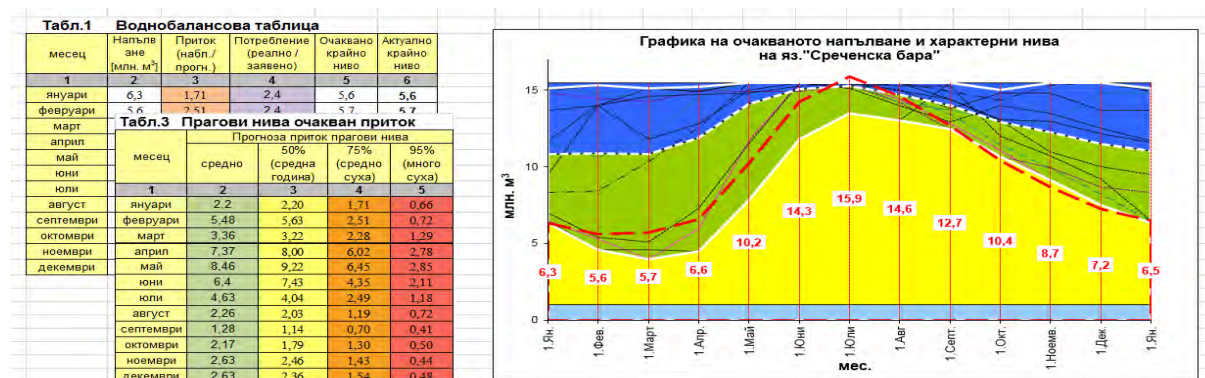
Взаимовръзката между индикаторните системи за засушаване и видовете мерки е дадена в табл.5.1.

Таблица 5.1. Взаимовръзка между хидроложкото състояние на системата / речния басейн и видовете мерки /Monzonis,M., et all.,2015/

Индекс на състоянието Status Index	Състояние на речния басейн Basin Drought Status	Цели	Видове мерки
0,50 – 1	Normal	Планиране	Стратегически /Strategic
0,30 – 0,50	Pre- alert	Контрол и информация	
0,15 – 0,30	Alert	Запазване	Тактически /Tactic
0 – 0,15	Emergency	Рестрикции	Спешност/Emergency

Добре е да продължи и разработването на Диспечерски графици (Няголов, И., и кол.2011-2017). Те също работят с прогнози за притока и праговите стойности на индикатора за приток. Дават очакваното напълване на язовира при различни сценарии „засушаване“ или високи води и различно подаване или мерки за управление.

Индикаторните системи за засушаване и системите за ранно предупреждение в България е необходимо да се развият с оценката на интегрален нормиран индикатор.



Фиг.5.1. Очакваното напълване на яз. „Среченска бара“ и характерни нива, при сценарии „засушаване“, и различни мерки за управление

ЗАКЛЮЧЕНИЯ И ИЗВОДИ:

Настоящото изследване е посветено на засушаването в Северозападна България. Актуалността е свързана с изпълнението на Рамковата Директива по водите и ПУРБ при засушаване и развитието на системите за ранно предупреждение на НИМХ. Въз основа на поставените цели, изпълнени задачи и изследвани световни практики са изведени следните изводи:

1. Анализът на климатичните промени за Северозападна България, оценката и разчетите на тенденциите на климатичните фактори потвърждават, че температурите са водещ фактор за промяна на водните ресурси и оттока. Наблюдава се промяна във вътрешно-годишното разпределение на оттока, увеличават се екстремните явления – наводнения и засушавания. Установен е негативен тренд на оттока за по-голяма част от поречията. В светлината на изводите от сценариите за климатичните промени и ПУРБ, може да се очаква бъдещо редуциране на водните ресурси. Това може да се прояви, особено в летните месеци.

2. Очертават се конкретни поречия (р. Войнишка, р. Цибрица), чиито режим се отличава от общата картина за изследвания район. Това се изразява в по-ниски стойности на коефициента на вариация, което свидетелства за по-слабо изразена вариабилност на речния отток. При р. Лом – с. Горни Лом се регистрира един от най-високите модули на оттока в страната, като не се наблюдава изразен тренд на оттока. В средното течение на Огоста се наблюдава положителен тренд, което най-вероятно се дължи на прехвърлените води и регулирането на оттока. Приточните води към комплексните язовири: яз. „Среченска бара“, „Огоста“ и „Кула“ и яз. „Рабиша“ също намаляват.

3. Изследването на минималния отток показва задълбочаване на негативните трендове, което е още една предпоставка за увеличаване уязвимостта на речните води към засушаване. За всички поречия са изведени индексите за маловодие като МАМ-1,7,10 и др., а за моделното поречие и BFI, IHA, вариационни прагове и др.

4. Направен е преглед и анализ на прилаганите по света индикатори и индикаторни системи. Обоснованата в дисертационния труд индикаторна система за идентифициране на засушаване, надгражда разработените в НИМХ за нуждите на МОСВ. Експериментално е доказана приложимостта ѝ и в условията на България. Адаптирането на индикаторната система в настоящата разработка се налага поради лимитираните данни в нашите условия.

5. Проведен е пространствено-времеви анализ на засушаването, маловодието и недостига на вода в Северозападна България, като оценката е извършена в пунктовете с налична информация. Експериментално са приложени и оценени индексите SPI, SRI, „Приток към язовирите“, „Състояние на язовирите и речните басейни“ и др.

6. В резултат от приложението на индикаторната система са идентифицирани периоди на засушаване и продължително засушаване за района на СЗ България.

7. Извършен е анализ на периодите на засушаване преди началото на експлоатацията на комплексните язовири и след това.

- Преди началото на експлоатацията на язовирите, периодите на засушаване съвпадат в пространството и времето. Идентифицираните периоди на засушаване са: 1961-1962 г.; 1968-1969 г.; 1972 г.; 1983 г. Метеороложкото засушаване леко предхожда хидроложкото. Засушаването по притоците и главната са в корелация, като по главната река засушаването е по-слабо изразено.
- След началото на експлоатацията на яз. „Огоста“ и яз. „Среченска бара“ за дългосрочното засушаване на моделното поречие Огоста имаме също съвпадение – SPI24, SRI24 (1984-1997 и 2000/2002). Метеороложкото и хидроложкото засушаване по притоците (които формират и притока към язовирите) продължават да са в синхрон в пространството и времето. Забелязва се известно влияние на

водностопанските системи и язовирите върху засушаването на поречие Огоста. След началото на експлоатацията на яз. „Огоста“ и яз. „Среченска бара“, то е:

- Налице е известно отместване на хидроложкото засушаване за ХМС-тата по главната река, което се дължи на регулиращата способност на язовирите. Отместването е за засушаването 1993/1994 в посока 1995/1996. Отместване от засушаване 2000/2001 в посока засушаване 2001/2002.
- За дългосрочното засушаване имаме добро съвпадение на индексите за състояние на язовирите и хидроложкото засушаване с SRI24;
- В периодите на отместване индексът за състояние на язовирите също дефинира „засушаване“.
- Забелязва се по-дълъг и продължителен период на засушаване по главната река Огоста който съвпада със завиряването на язовирите. Възможно е това да се дължи освен на метеороложко засушаване и на влиянието на язовирите.
- По-продължително засушаване има и по пунктове на р.Бързия и р.Ботуня.

8. При идентифициране на засушаването се наблюдава добро съвпадение на индексите SRI (особено по притоците) и предложения индикатор за притока към язовирите. Чрез индексът SRI24 се идентифицира по-добре дългосрочното засушаване. Доказано е съвпадение с индикатора за нивата на язовирите (Standardised State Index, SSI). При тях има отместване в посока 1993/1994, което се обяснява със постепенното изчерпване на обемите на язовирите и подземните води.

9. Предложената индикаторна система е успешно приложена за идентифициране на т.нар. „продължително засушаване“, за ВС „Среченска бара“.

10. Чрез имитационното моделиране на ниво речен басейн, проведено с модела SYMIL, е анализирано управлението при риска от засушаване и функционирането на ВС на поречие „Огоста“.

Резултатите от балансите показват, че в условия на *продължително засушаване и маловодие* възникват дефицити при водоснабдяването от яз. „Среченска бара“ и локални водохващания, каптажи, при енергопроизводството от каскада „Петрохан“, за екологичния отток на Бързия и др. Яз. „Среченска бара“ (и притокът от каскада „Петрохан“) ще продължат да са стратегически водоизточник в района, от значение за националната сигурност. Яз. „Огоста“ има по-големи възможности и неговият потенциал не се използва оптимално. Той е вторият по големина язовир в България, но се управлява като сезонен изравнител. Причините са комплексни: не се използва по предназначение (напояване), качество на водите, техническа неизправност и издадените предписания за експлоатация: максимално водно ниво (кота 193,0 m) и минимално (187,5 m).

11. При оценката на Обобщения индекс на състоянието (Standardised Status Index) на поречие Огоста се отчитат дефицитите, които възникват при засушаване, въздействията върху обществото, екологията и икономиката и критерии за „комплексен и значими“ язовир. Яз. „Среченска бара“ е определен с по-голяма тежест от яз. „Огоста“.

12. Добре е да продължи и разработването на Диспечерски графици в условия на намаляваща водност и засушаване, и обвързването им със системите за ранно предупреждение на НИМХ. Язовирите и подземните водоносни хоризонти са от значение за речните басейни при засушаване. Разпределението на прехвърлените водни количества са основни мерки за управление при засушаване.

13. Анализите подпомагат реализирането на заложените мерки в ПУРБ, както и предлагането на оригинални авторски мерки за разширяване на съществуващите. Извършения детайлен анализ на речните води и получените резултати могат да бъдат използвани за подпомагане на заложените мерки в ПУРБ, както и да бъдат основа за оптимизиране на планове и системите за ранно предупреждение при засушаване.

14. На тази база индикаторните системи за засушаване и системите за ранно предупреждение в България могат да се развият в посока на разработване на интегрален и нормиран индикатор, по примера на страните от ЕС, САЩ и др. За целта е добре към индексите SPI, SRI, CMI да се добавят индекси за оценка притока към язовирите и на нивата на язовирите, (чрез т.нар. стандартизиран индекс на състоянието SSI), нивата на подземните води, NDVI, оценка на обезпечеността и пр. Така ще се идентифицира т.нар. продължително засушаване за целите на РДВ и усъвършенстването на системата за ранно предупреждение, DSS и управление в реално време при засушаване.

ПРИНОСИ

1. Предложени и адаптирани са съобразно поставените цели и задачи на изследването методологична рамка и комплексна индикаторна система за интегриран пространствено-времеви анализ и управление в условията на засушаване. За всеки етап на подхода са обосновани и адаптирани съответни индекси, методи, средства и софтуер.
2. Извършено е характеризиране на актуалното състояние на оттока на поречието от Северозападна България. Анализирано е маловодието и са разработени регионални зависимости на моделния водосбор.
3. Извършено е експериментално приложение на подхода и индикаторната система, и е реализиран интегриран пространствено - времеви анализ на засушаването, недостига на вода и маловодието за поречието на Северозападна България.
4. Актуализирани са схемата, водностопанските баланси и имитационното моделиране на поречието на река Огоста. Експериментално е приложена комплексната индикаторна система за идентифициране, анализ и управление при засушаване.
5. Предложени са мерки за управление на водностопанските системи и речните басейни при недостиг на вода и засушаване, мерки за повишаване регулиращата способност на терена - „зелена инфраструктура“. Предложено е развитие на индикаторната система за идентификация и управление в условия на засушаване.

ПРАКТИЧЕСКА НАСОЧЕНОСТ

Резултатите от дисертационния труд ще са в подкрепа на управление на язовирите и речните басейни и обвързването с разработваните от НИМХ системи за ранно предупреждение при засушаване, на национално ниво, ниво речен басейн и локално ниво. Те ще подпомогнат Басейнова дирекция „Дунавски район“ за постигане целите на ПУРБ и разработването на бъдещи Планове за управление на речните басейни.

ПУБЛИКАЦИИ СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Dimitrov Y. (2013) „Sustainable Management of the catchment area of dam - adaptation for floods, droughts and poor water quality“. Списание „Метеорология и хидрология“ 18/1 (2013) 147–154
2. Димитров Й. (2015) „Оценка на водните ресурси на река Ботуня в условията на засушаване“. Сб. док. от IV международна конференция „Географски науки и образование“ – гр. Шумен - 30-31.10.2015 г.
3. Димитров Й. (2015) Списание „Метеорология и хидрология“ 19/1 (2015) 88–96 - „Приложение на хидроложките индекси при определяне на видовете засушаване в поречието на р. Ботуня“

БЛАГОДАРНОСТИ

Изказвам своите искрени благодарности на моите научни ръководители, за оказаната ценна методологическа помощ при създаването на този труд.

Благодарности и на ръководството колегите на НИМХ и за предоставените коректна информация и насоки.

Отправлям и своята благодарност към колегите от Департамент „География“ на НИГГГ за оказаната подкрепа по време на моето обучение.

ЛИТЕРАТУРА В АВТОРЕФЕРАТА

- Балабанова, Сн., И.Илчева и кол., 2012, Оценка на тенденциите на изменението на водните ресурси, при различните сценарии за изменение на климата - пилотна оценка за поречието на р. Струма Споразумение с МОСВ, 2012г, Ръководител проф. Д.Димитров
- Дакова, Сн., 2004, Тема „Нисък отток от проект ПроектАМНУ-FRIEND на ЮНЕСКО”, проект НИМХ
- Илчева, Ил, 2014-2017, Оценка и картиране на уязвимостта на водните ресурси и водоснабдяването при управление на речни басейни, засушаване и климатично промени, научен проекта НИМХ-БАН;
- Минков, М, 1968 Лъсът в Северна България. Изд. БАН, С.
- Няголов, И., и кол. 2002 г., Водностопански баланс на яз."Среченска бара" със и без надграждане на язовирната стена”, по договор с МРРБ
- Няголов, И. и кол., 2011-2017, Оперативни водностопански баланси, Споразумение на НИМХ с МОСВ.
- Ръководство за управление на маловодието с цел предотвратяване на засушаването в Дунавската равнина, проф.В.Александров, М.Чиликова, И.Илчева, НИМХ,Danube WATER Integrated Management, НИМХ – БАН, 2015, http://danube-water.eu/wp-content/uploads/2015/07/Low-flow-Guidelines_BG.pdf
- Христова Н. 2012 Речните води на България. Тип-топ прес, С.
- Янчева, Ст., кол.; 2006, Използване на водите и водностопански баланси на речните басейни на Огоста и западно от Огоста, договор с МОСВ
- Acreman et al., 2009. Environmental flow from dams: the water framework directive, Engineering Sustainability, 162.
- Camaro_D project, 2017-2019
- Dimitrov., Y., A.Yodranova, 2017, Trends Assesment of meteorological factors, river flow and droughts in Northwestern Bulgaria. International Danube conference-Golden Sands - Bulgaria
- DMP Report, Drought Management Plan Report Including Agricultural, Drought Indicators and Climate Change Aspects, Technical Report – 2008 – 023, Water Scarcity and Droughts Expert Network, EC, 2007.
- Drought Management Guidelines 2007, European Commission (MEDROPLAN).
- Guidance Document No. 31, Ecological flows in the implementation of the WFD, 2015.
- Hero.D., et al., Methodology for Drought Risk Assessment in Within-year Regulated Reservoir Systems. Application to the Orbigo River System (Spain), Water Resour Manage, 2014;
- Hisdal, H. , L. Tallaksen, 2000, Drought events definition
- Ilcheva I., D.Georgieva, A.Yordanova, 2015, New Methodology for joint assessment of drought-risk of water supply under climate change, water stress areas identification and ecological flow provision for WFD, Journal of International Scientific Publications, Ecology & Safety, ISSN 1314-7234, Volume 9, pp 413-433, <http://www.scientific-publications.net/get/1000011/1432802839669739.pdf>
- Lizama, B., 2014, Hydrologic Alteration Study of the Batuliyska River INHGA, Scientific Conference Bucharest, November 10-11
- McCabe G., St. Markstrom, 2007, A Monthly Water-Balance Model Driven By a Graphical User Interface, Open-File Report, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, 2007–1088;
- McKee, T. B., Doesken, N. J., and Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to timescales, paper presented at 8th Conference an Applied Climatology, Anaheim, Calif., Amer. Meteor. Soc., 170-184, 1993;

- Mitigating Vulnerability of Water Resources under Climate Change, 2014c, CC-WARE project, brochure prepared by Project Partner 08, Executive Forest Agency and associated organizations, Forest University, Forest research Institute, NIMH – BAS (V.Spiridonov, I.Ilcheva, Kr.Nikolova, Sn.Balabanova, I.Niagolov), 2014b; <http://www.iag.bg/docs/lang/1/cat/5/index>
- Nedkov, St., B.Burkhardb, 2012, Flood regulating ecosystem services—Mapping supply and demand, in the Etropole municipality, Bulgaria, Ecological Indicators 21 (2012) 67–79
- Prolonged drought” towards a common understanding of the phenomenon and of its impacts, Document produced by the expert network on water scarcity and drought”, Current state, august 2007
- Raev, Iv., V.Alexandrov, G.Tinchev, 2015, ASSESSMENT OF DROUGHT RELATED CLIMATE CHANGE IMPACTS ON FORESTS IN BULGARIA, Silva Balcanica, 16(1)/2015
- Rossi G 2003, An integrated approach to drought mitigation in Mediterranean countries. In: Rossi G et al. (Eds.) Tools for drought mitigation in Mediterranean regions, Kluwer Academy, pp 3-18
- Rossi, G., V., Nicolosi, A., Cancelliere, 2008. Recent methodes and techniques for managing hydrological droughts, Options Méditerranéennes, Series A, No. 80.
- Rossi, G., 2011, Drought risk for water supply systems based on low flow regionalization, Dissertation
- Rossi, G., A., Cancelliere, 2012. Managing Drought risk in water supllly systems in Europe: a review, International Journal of Water Resources Development.
- Shiklomanov, I., 1993, "World fresh water resources" in Peter H. Gleick (editor), Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources (Oxford University Press, New York
- Tallaksen, L. M. , van Lanen, H. A. J., 2007. Key aspects of low flow and drought
- Tallaksen, L. M. , van Lanen, H. A. J., 2004. Eds. Hydrologycal Drought – Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater. Developments in Water Sciences 48. Elsevier B. V., the Netherlands.
- Van Lanen and E.Peters, Definition, Effects and Assessment of Groundwater Droughts, <http://link.springer.com/>
- WMO-No. 1029, 2008. Manual on Low-flow Estimation and Prediction, Operational Hydrology Report No. 50, WMO, G., Switzerland.