

Приложение 2.1.5.2

Критерии и индикатори за оценка на тенденциите на засушаване и недостиг на вода в бъдещи периоди, свързани с очакваните климатични промени

Резултатите и анализите са съгласно тези представени в научна разработка на тема „Оценка на натиска и въздействието върху повърхностните и подземните води от изменението на климата и оценка на наличието на вода за икономическите сектори”.

Цялостно характеризиране на засушаването на практика не може да се осъществи с приложението само на един индикатор. Въпреки, че много методи служат за оценка на явлениято, на практика все още не съществува единен подход за неговото определяне и описание. Най-добрия вариант е да се комбинират различни индикатори, в зависимост от нуждите на управлението, наличните данни и информация и организационния бюджет.

В тази връзка са избрани три различни подхода, които да дадат представа за тенденциите на засушаване, свързани с очакваните климатични промени.

Подход за анализ и оценка на базата на официални материали и литературни данни – Първи слой за оценка – Индикатор I

Разгледани са подробно всички публикувани и официално приети материали във връзка със засушаването като цяло и конкретно за България. Избрани са основно два материала:

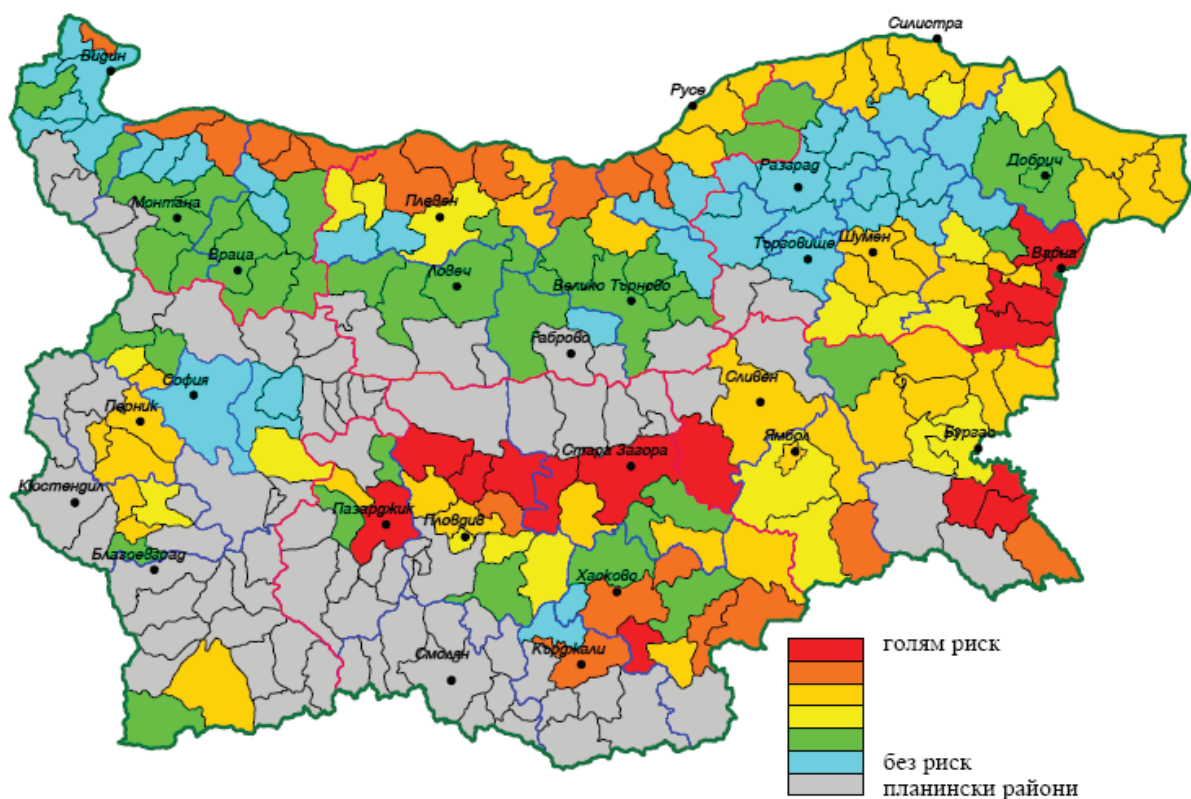
- Монография под редакцията на проф. Веселин Александров, на тема „Методи за мониторинг, оценка и въздействие на сушата в България” във връзка с реализирането на европейски проект „Център за управление на сушите в Югоизточна Европа”, 2011 г. В нея екип специалисти от НИМХ предоставят актуална информация за пространственото разпределение на районите в България, уязвими към засушаване (почвено, атмосферно и почвено-атмосферно), както и климатичните сценарии за ХХ в. и връзката им с почвеното засушаване в региона на ЮЕЕ и България. Според това изследване, общините с повишен риск към почвено-атмосферно засушаване са локализирани в южната и източната части на страната, както и в крайдунавските територии (Александров, 2011).

- „Сушата в България“, под редакцията на проф. д-р В. Александров, 2011 г., в която подробно са разгледани разпределението на климатичните елементи на

територията на България и тяхното изменение, промените в климата и сушата в България, както и пространственото разпределение на районите в страната, уязвими към засушаване. Публикуваните карти представят застрашените към атмосферно, почвено и почвено-атмосферно засушаване райони в България.

Направената прогноза се отнася за XX и началото на XXI век, като са използвани актуална информация, интерполационни методи и климатични сценарии (според литературните източници „Методи за мониторинг, оценка и въздействие на сушата в България” - проф. Веселин Александров, 2011 и „Сушата в България“, под редакцията на проф. дфн В. Александров, 2011 г.).

Като първи пласт и индикатор за оценка на тенденциите на засушаване е избрана комбинираната карта на районите с риск към почвено-атмосферно засушаване.



Фигура 1. Райониране по Индикатор I- Общини в България, с риск към почвено-атмосферно засушаване („Сушата в България“, под редакцията на проф, дфн В.Александров, 2011 г.)

**Подход за анализ и оценка на базата на модула на годишния отток –
Втори слой за оценка - Индикатор II**

Модулът на годишния отток се дефинира като обемът вода, който се оттича от единица площ за единица време и се определя като отношението на водни , определени за даден период към площта на водосбора на съответната река, приток или речен участък.

$$q = Q/A \quad (l/s.km^2)$$

Q – водното количество, определено за даден период в (m^3/s) или (l/s) ;

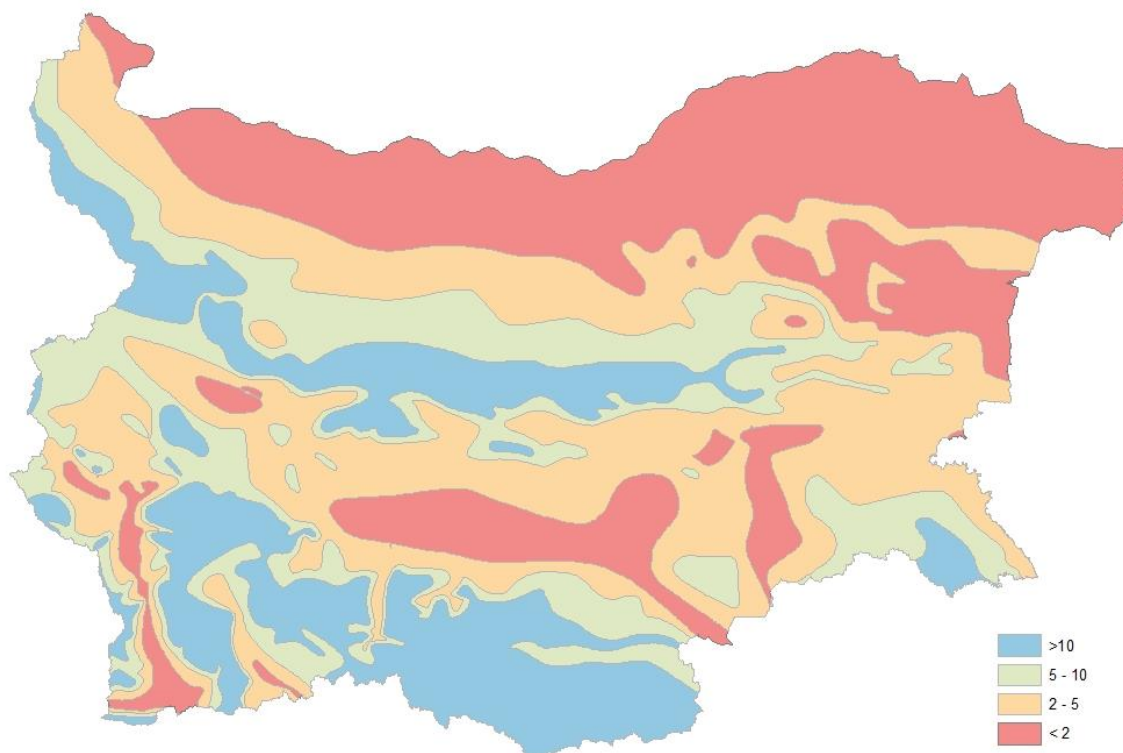
A – площ на водосборната област в (km^2).

С модула на оттока се сравнява водносността на различните реки и може да се определи разпределението на оттока по площта на водосборната област.

Като втори слой и втори индикатор е използвано картирането на модула на годишния отток за България, представено в Атлас на Р България, БАН.

Разпределението на модула на годишния отток е представено на Фигура 2.

Практиката в централна Европа показва, че райони с модул на годишния отток под $10 l/s.km^2$ са особено застрашени от засушаване и недостиг на вода. За същите следва да се обърне особено внимание на устойчивостта на мерките за адаптиране към климатични промени. Blöschl G. (2011).



Фигура 2. Райониране по Индикатор II –модул на годишния отток, (l/s.km²) (въз основа на Атлас на Р България, БАН)

Подход за анализ и оценка на базата на индексите на маловодието – Трети слой за оценка - Индикатор III

Според Bernan, Rodier (1985) има голяма разлика между засушаването на речния отток и маловодието. Първото е воден дефицит за някои специфични нужди, докато маловодието нормално се наблюдава при засушаване, отразявайки една определена част от хидроложкото засушаване – обхвата на засушаването. Възможно е да се наблюдава период, при който оттока е под обичайния или пък такъв, в който оттока е недостатъчен. И в двата случая засушаването се характеризира чрез стойностите на маловодието, като е необходима ясна диференциация между засушаване и период на маловодие.

Терминът „период на маловодие“ обикновено се свързва с режима на оттока, като „периода на маловодие“ и „периода на високи води“ се използва за описание на естествените годишни колебания на речния отток, свързани с годишния цикъл на регионалния климат. В зависимост от климата, в режима на оттока може да фигурират

един или повече периоди на маловодие и високи води. („РЪКОВОДСТВО ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА МАЛОВОДИЕТО С ЦЕЛ ПРЕДОТВРАТЯВАНЕ НА ЗАСУШАВАНЕТО В ДУНАВСКАТА РАВНИНА“ – НИМХ и ИННГА, 2015 г.).

Маловодието се възприема като един от възможните екстремуми и като част от хидроложкия режим на реките. В същото време, то може да се приеме като резултат и като индикатор на засушаването.

Характеризирането на маловодието и засушаването е процес на анализ и оценка на различна по тип информация, касаеща наличието на вода в речните течения. Изследванията може да се извършват с два вида данни: данни, получени чрез директни измервания на речния отток и с данни, получени чрез изчисление или моделиране, прилагайки различни методи за регресионен анализ за характеризиране на маловодието или с хидроложки или водобалансови методи, подходящи за изследване на хидроложкото засушаване.

Маловодието може да се анализира по множеството различни начини за анализ на времевите серии от данни за дневния отток, с цел получаване на обобщена информация, която описва режима на маловодие на дадена река.

Терминът „индекси на маловодие“ (low-flow indices) се използва за специфични стойности, получени от анализа на маловодието. Някои са единични стойности, като например константа на намаление, пропорционалното съотношение на подземния отток или средната стойност на дадена серия. Те се наричат индекси на маловодие.

Много решения, свързани с проектирането или управлението на водните ресурси са базирани на следните индекси:

- *Среден отток* – една от най-често използваните статистики в областта на хидрологията и планирането на водните ресурси. Обикновено се изчислява на базата на данни от цели календарни или хидроложки години. Може да се изчисли и за конкретни месеци или сезони;

- Q_{95} – един от най-използваните индекси за ниски водни нива в оперативната работа, който се определя като водно количество, с вероятност за превишение 95%. Този процентил, както и другите (Q_{90} , Q_{70} и т.н.), се получава от кривата на обезпеченост на годишния отток.

- *Среден годишен минимум: МАМ (n-day)*. Годишният минимум може да се получи от сериите за денонощните водни количества, като се избере най-ниското водно количество за всяка година и се осреднени в многогодишен разрез.

- *Индекс на подземния отток – BFI* е съотношението на подземния отток към общия отток, изчислен на базата на процедурата за разделяне на хидрографа.

Индикаторите за оценка на маловодието могат да се използват както за оценка на минималния отток и характеризиране на маловодието, така и за диагностициране на хидроложкото засушаване и оценка на степента на засушаване (Bernan, Rodier (1985), McMahon, Arenas (1982), Dakova (2004)).

Тъй като тук става въпрос не толкова за оценка на същинското маловодие, а по-скоро за тенденциите в изменението на ниските води във връзка с очакваните климатични промени, и то по отношение на техния икономически и социален аспект, като най-подходящ индикатор за целите на конкретната задача от проекта е избран Q_{95} – *годишен отток с вероятност за превишение 95%*. Като индикатори ще бъдат използвани получените от моделирането на относителното изменение на ниските води в резултат на климатичните промени *Delta Change Q_{95}* за различните времеви периоди при различните сценарии.

За всеки избран индикатор са определени степени или прагови стойности.

1. Индикатор I – по Александров – по същество представлява тренд-анализ за оценка на засушаването. Базиран е на дългосрочни наблюдения на климатичните елементи. Показва териториалното разпределение на разглежданите климатичните елементи до момента, както и тенденциите в тяхното изменение в бъдеще във връзка с очакваните климатични промени. Използвано е картирането на риска от почвено-атмосферно засушаване за територията на България. Анализа по този индикатор съставлява **първия слой за оценка на тенденциите на засушаване**. Приети са три степени на риска от засушаване - *райони със значим риск от почвено-атмосферно засушаване, райони с умерен риск от почвено-атмосферно засушаване и район със слаб риск от почвено-атмосферно засушаване*.

2. Индикатор II – по модул на годишния отток – хидроложки индикатор за засушаване. Базиран на наблюдения на оттока до настоящия момент. Показва степента на водност на отделните речни басейни. Позволява предварително да се разграничат речни басейни с поначало намалена отточност, които като цяло са и по-застрашени от бъдещи засушавания. Оценката по този индикатор съставлява **втория слой за оценка на тенденциите на засушаване**. Приети са три прагови стойности на риска от засушаване - *райони със значим риск от хидроложко засушаване – $q < 2$ (l/s.km²), райони с умерен риск от хидроложко засушаване – $2 < q < 5$ (l/s.km²) и район със слаб риск от хидроложко засушаване – $5 < q < 10$ (l/s.km²)*.

3. Индикатор III – по моделирани *Delta Change* Q_{95} - индикатор за изменението на ниските води. Получен чрез анализ на моделирани редици. По същество надгражда настоящото положение с моделираните изменения *Delta Change* за бъдещи периоди при различни сценарии. Оценката по този индикатор съставлява **третия слой за оценка на тенденциите на засушаване**. Приети са три прагови стойности на риска от бъдещо засушаване - *райони със значим риск от бъдещо засушаване* – $Delta Change Q_{95} < - 10\%$, *райони с умерен риск от бъдещо засушаване* – $- 10\% < Delta Change Q_{95} < - 5\%$ и *район със слаб риск от бъдещо засушаване* – $- 5\% < Delta Change Q_{95} < 0\%$.

Delta Change подходът се състои в следното: климатичните симулации за бъдещи периоди се сравняват със симулациите в историческия референтен период. Разликите в среднодневните стойности на температурата, валежите и оттока биват анализирани. Използваният модел валеж-отток за определяне на Q_{95} е моделът TUW, който е представен подробно в предишни етап на проекта. Проведени са симулации с модел валеж-отток в историческия период 1976-2005. Бъдещите периоди, за които е направено това моделиране, са 2013-2042 г., 2021-2050 г. и 2071-2100 г. Климатичните сценарии, за които е проведено изследването, са IPCC RCP4.5 и RCP8.5, като те са използвани за всеки един от горе споменатите периоди.

Отклоненията от ср.мн. стойности на Q_{95} , породени от климатична промяна са оценени като незначителни на фона на естественото колебание на същия параметър. Следователно районите, силно реактивни на климатични промени са особено застрашени от засушаване.

4.Индикатор IV. За целите на настоящата разработка се предлага четвърти индикатор, за установяване и оценка на недостига на вода в бъдещи периоди. Индикаторът се основава на относителното процентно изменение на консумацията на вода за питейно-битови нужди към процентното изменение на наличния ресурс пресни води.

При разработване на този индикатор е извършен демографски анализ на населението по административни области на базата на данни от НСИ за установяване на съществени тенденции в относителното изменение на населението в бъдещите периоди, за които е направено това моделиране, са 2013-2042 г., 2021-2050 г. и 2071-2100 г. Същите са съпоставени с резултатите от етап втори на настоящата разработка в частта анализ на относителното изменение на ср.мн. стойности на оттока. В процеса на тестване на индикатора беше установено, че дисбаланса между консумация и наличен ресурс е значително по-чувствителен към изменения в ср.мн. стойности на оттока, което наложи въвеждането на тежестен коефициент.

В Таблица1 са представени индикаторите със съответните им степени и прагови стойности, установени към настоящия етап на разработката.

Таблица 1. Комбиниран критерий за оценка на засушаването и недостига, във връзка с очакваните климатични промени.

индикатори/стойност		9	6	3
Състояние	Индикатор I (IT) Тренд-анализ по В.Александров (настоящо състояние + тенденции)	район със значим риск от почвено-атмосферно засушава не	район с умерен риск от почвено-атмосферно засушава не	район със слаб риск от почвено-атмосферно засушава не
	Индикатор II (IM) Модул на годишния отток (настоящо състояние)	под 2 (l/s.km ²)	2-5 (l/s.km ²)	5-10 (l/s.km ²)
Бъдещи въздействия	Индикатор III (IQ) <i>dChange Q95</i>	под -10%	-5 до -10%	0 до-5%
	Индикатор IV (IN) $\frac{dChange (Pop * 120lpd)}{7.5 * dChange Qann_{av}}$	0 до 0.20	0.20 до 0.75	0.75 до 1.00

Комбинирани критерии за оценка на засушаването и недостига на вода, свързано с очакваните климатични промени:

За оценка на риска от засушаване и недостиг на вода за всеки разглеждан район, се основава на комплексна оценка на три индикатора – два, разглеждащи настоящето състояние на района (I и II); и трети, описващ очакваната бъдеща промяна на даден параметър (III или IV), съгласно формули 4.3.1 и 4.3.2. Всеки от участващите параметри има ясно дефинирани прагови стойности (показани в Таблица.), които обуславят „оценка“ в контекста на комплексното им разглеждане (показана горе в таблицата). Окончателната стойност на критерия представлява сума от оценките на трите съставлящи го индикатора.

Оценка на засушаването

Трите описани по-горе Индикатори *I, II и III* са приложени заедно и в анализа е изведен **комбиниран критерий за оценка на засушаването, свързано с очакваните климатични промени, (DC)**, съгласно формула 4.3.1

$$DC= IT+IM+iQ \quad (4.3.2)$$

където:

IT – Оценка на *Индикатор I*, съгласно риска от атмосферно-почвено засушаване

IM – Оценка на *Индикатор II* съгласно модула на годишния отток

iQ – Оценка на *Индикатор III* съгласно процентното изменение на оттока, за прогнозирания период

Определени са окончателните прагове на риска от засушаване като комбинирана оценка от стойностите на отделните индикатори – Таблица 1.

Таблица 1. Комбиниран критерий за оценка на засушаването

3-9	Слаб риск от засушаване
9-18	Умерен риск от засушаване
18-27	Значим риск от засушаване

Недостиг на вода

Трите описани по-горе Индикатори *I, II и IV* са приложени заедно и в анализа е изведен **комбиниран критерий за оценка на недостига на вода свързан с очакваните климатични промени, (SC)** съчетаващ трите избрани индикатора, съгласно формула 4.3.2

$$SC = IT + IM + IN \quad (4.3.2)$$

където:

IT – Оценка на *Индикатор I*, съгласно риска от атмосферно-почвено засушаване

IM – Оценка на *Индикатор II* съгласно модула на годишния отток

IN - Оценка на *Индикатор IV* съгласно относителното процентно изменение на консумацията на вода за питейно-битови нужди към процентното изменение на наличния ресурс пресни води.

Определени са окончателните прагове на риска от недостиг на вода като комбинирана оценка от стойностите на отделните индикатори – Таблица 4.23

Таблица 4.23 Комбиниран критерий за оценка на недостига на вода

3-9	Слаб риск от недостиг на вода
9-18	Умерен риск от недостиг на вода
18-27	Значим риск от недостиг на вода