

ВРЪЗКА МЕЖДУ КОЛЕБАНИЯТА НА ИЗВОРЕН ОТТОК В ЮГО-ЗАПАДНА БЪЛГАРИЯ И ИНДЕКСА NAO

Татяна Орехова¹, Евелина Дамянова²

¹ Geological Institute, Acad.G.Bonchev st., bl.24, 1113 Sofia, Bulgaria, tvorehova@gmail.com

² National Institute of Meteorology and Hydrology, 66 Tsarigradsko Shose blvd, Sofia 1784, Bulgaria, evelina.damyanova@meteo.bg

Title: **Variability of spring discharge in Southwestern Bulgaria and its relation with North Atlantic Oscillation.**

Long-term observations of the spring flows in Southwestern Bulgaria showed their considerable variability during decades. On the other hand, previous research has identified the North Atlantic Oscillation (NAO) as one of the dominant atmospheric factor responsible for the temporal evolution of precipitation and temperature in the Southern Europe. During the positive phase of NAO, the negative precipitation anomalies occur over the Southern Europe (Wibig, 1999). López-Moreno et al. (2011) demonstrated (for the 1950–2006 period) that the NAO exerted marked control over precipitation in the Balkan Peninsula. The correlation was high and statistically significant. Winter precipitation was negatively correlated with the NAO index over the most of the Mediterranean basin. Some researchers stress on the non-stationarity of this relation that may change over time (Rodó *et al.*, 1997; Goodess and Jones, 2002). For the Iberian Peninsula, Trigo et al. (2004) have assessed the impact of NAO on winter precipitation and river flow regimes. Their results showed a high correlation of January-to-March river flow with the December to February (DJF) NAO index (from -0.76 to -0.79). For Bulgaria, Nikolova (2004) showed that winter precipitation in Bulgaria was significantly correlated with the NAO. Alexandrov et al. (2004) investigated the relation between NAO (DJFM) and the winter precipitation in Southeastern Bulgaria and Northwestern Turkey. For Bulgaria they reported high correlation (-0.54 for Elhovo and -0.43 for Svilengrad). Brown and Petkova (2007) found that thick snowcover in Bulgarian mountains is related to the negative NAO (DJF). They stated that the relation between the atmospheric circulation and snowcover in Bulgaria is more complicated in comparison with the continental regions of the North America and Eurasia.

The aim of the study is to investigate the relation between the winter NAO and the discharge of karst spring Jazo and Kjoshka from Pirin Mountain (Southwestern Bulgaria). Pirin Mountain marks a transition between the Mediterranean and temperate climate zones. The variability of the spring discharge for Jazo and Kjoshka for the period 1960–2005 was compared to the winter NAO index (December to March average) of Jones et al. (1997). The highest correlation coefficient was obtained for the value of the NAO index averaged on three or four consecutive years ($r = -0.71$ for Kjoshka and $r = -0.63$ for Jazo). The results are presented both in table and in figures where the data on springflows are normalized. The obtained relationships mark an important tendency. Of course, the climate is under influence of numerous factors, and NAO is one of them. Therefore, there is no straightforward relationship between climate indices and local weather patterns, as pointed out Stenseth et al. (2003). Nevertheless, the derived results are important for water management in the region.

1. Въведение

Дългогодишните наблюдения на извори в Юго-западна България са показали значителна изменчивост на оттока им през годините свързани с колебания на валежите и температура на въздуха (Orhova & Vojilova, 2001, 2008; Dimitrov и др., 2001).

Същевременно предишни изследвания свидетелстват за добра връзка между индекса NAO (Северо-Атлантическа Осцилация) и

колебанията на валежите, температура на въздуха и оттока на реките за Южна Европа и Средиземноморието, както и за България. Известно е, че по време на положителна фаза на индекса NAO се наблюдават отрицателни аномалии на валежите в Южна Европа (Wibig, 1999). López-Moreno и др. (2011) са показали (за периода 1950–2006), че индексът NAO оказва съществен контрол върху зимните валежите на Балканския полуостров и

Средиземноморски басейн. Бяха получени високи и статистически значими отрицателни коефициенти на корелация (r). Някои изследвания (Rodó et al., 1997; Goodess and Jones, 2002) са показали нестационарност на тази корелация, която може да бъде по-силна или по-слаба през различни периоди.

За Пиренейския полуостров бе установена значителна корелация между индекса NAO и оттока на реките. Така, Trigo и др. (2004) са получили за периода 1973-1998 коефициенти на корелация между индекса NAO (DJF) и речния отток (от януари до март) в интервала от -0.76 до -0.79.

За речен басейн в Западна Турция Türkoğlu и др. (2006) са отбелязали значително намаление след 1985 г. на сезонните и годишните стойности на валежите и оттока свързани с положителните значения на индекса NAO. Тази връзка бе по-силна през зимните и пролетните сезони.

За България Nikolova (2004) установи статистически значими корелационни коефициенти между индекса NAO (DJFM) и изменения на валежите за месеците януари, февруари и март. Alexandrov и др. (2004) изследваха връзка между индекса NAO (DJFM) и зимните валежи в Юго-източна България и получиха значения $r = -0.54$ за Елхово и -0.43 за Свиленград.

Brown и Petkova (2007) са установили, че годините с дебелия снежна покривка в българските планини са свързани с отрицателни стойности на индекса NAO (DJF), които благоприятстват обилни зимни валежи в областта на Средиземноморието и Балканите. Те са отбелязали многообразие от въздействията формиращи климата на България, която се намира на кръстопът между Средиземноморско и умерено-континентално влияние, на периферията на главните възли на влияние върху характера на циркулация в Северното полукуълбо. Те са подчертали, че връзката между атмосферната циркулация и снежната покривка в България е по-сложна в сравнение с тази в континенталните региони на Евразия и Северна Америка.

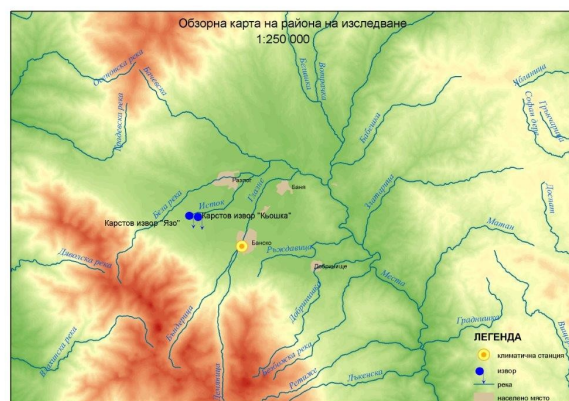
Целта на настоящето изследване е търсене на връзка между индекса NAO (DJFM) и оттока на карстовите извори Язо и Кьошка в

Юго-западна България.

Периодичното намаляване на валежите и водните ресурси оказва неблагоприятно въздействие върху водоснабдяването, работата на ВЕЦовете, както и допълнителен натиск върху околната среда. Затова установяването на връзката между индекса NAO и оттока на реките и изворите има практическо значение. Имайки предвид инерционност („памет“) на карстовата система, аномалиите на оттока могат да бъдат в определена степен предсказани.

2. Климат, релеф и води

Районът на изследването (Фиг. 1) е разположен във високите части на Северен Пирин, в поречието на р. Места (Юго-западна България). За карстовата част на Северен Пирин (главното било на планината и северно от него) са характерни стръмни склонове със сипеи и срутища в подножието им.



Фигура 1. Карстови извори Язо и Кьошка в Юго-западна България

Юго-Западна България се намира на границата между умерено-континенталната климатична зона и тази със Средиземноморско влияние и представлява мозайка от планини и равнини. Климатът тук е под влияние, както на топли въздушни маси идващи от Егейско море, така и на западни ветрове. Максимумът на валежите тук е между март и юни, като резултат от преноса на влажни въздушни маси от Атлантическия океан, типичен през пролетта. Минимумът на валежите е през февруари и от август до ноември, затова дефицитът на влага е типичен през късното лято (Grunewald и др. 2009).

Климатът във високите части на Пирин планина е типично планински, а в подножието — в Разложката котловина — той е със

средиземноморско влияние. За района на изследването са представителни метеостанции: хижа Вихрен (1970 m) и Банско (936 m). Годишната валежна сума за станцията Банско най-често е в границите 500 - 700 mm. За планината типичните стойности са между 700 и 1000 mm, които могат да стигнат до 1300 mm за северните склонове и върхове. Пирин планина е покрита със сняг повече от 6 месеца годишно (Grunewald и др. 2009).

Отрицателните температури при ст. Банско се задържат средно 60 дни в годината, а при х. Вихрен - около 130 дни. Карстовата част на планината е разположена главно във водосбора на р. Места и в нея почти отсъстват повърхностни води. Почти цялото количество валежни води, които падат в този район веднага се губят за да се появят в основата на планината като извори. Само при поройни валежи има временен отток по долините на суходолията. Някои реки като Бъндерица и Бяла река започващи извън този район, с навлизането си в мраморите губят част от водите си. Малки поточета и рекички се образуват през лятото и есента от снежниците и много бързо се губят в някоя пукнатина или карстова форма. Обикновено те са със силно променлив дебит, като някои от тях текат само през деня. Съществуват и такива потоци, които текат и се губят под снежниците, без да излизат на повърхността. С разтапянето на снежниците изчезват и тези води. (Бакалов и др., 2002).

3. Геоложка и хидрогеоложка характеристика

Пирин планина представлява хорст и е изградена от магмени и метаморфни скали. Северните ѝ части са формирани от докамбрийските метаморфни скали на Родопската надгрупа (мрамори, гнайси и гнайсошисти), както и от магмени скали и гранитоиди с различна възраст. Геоложкият строеж и структурно-тектонската характеристика на Пирин са описани подробно от Бакалов и др. (2002).

Карстовият дял на Пирин е изграден от мраморите на Доброостанската свита (протерозой), които са със значителна дебелина – около 1000 m. Мраморите на места са прослоени от гнайси, шисти и амфиболити.

В района са развити няколко структурни

комплекса и разновъзрастни гънкови структури. Късноалпийския строеж на областта се характеризира с разломно-блокови движения. Пределската разломна зона (с ширина от 0.5 до 3km) отделя Пиринския хорст от Разложкия грабен. В източната част на изследвания район по долините на реките Бъндерица и Демяница, са установени разломи с меридионално направление.

Тектонската обработка на масива спомага за проникването на повърхностни и валежни води в карбонатните скали и съответно до окаряването им. Образувани са предимно вертикални пещери (Бакалов и др., 2002).

Геоложки и структурно-тектонски предпоставки за формирането на карст са описани подробно от Бакалов и др. (2002). Подземните води са формирани в мраморите на Доброостанската свита, които са блоково разломени и значително окаряни. Долен водоупор са гнайсите на Луковишката свита. В северна посока мраморите са покрити от пролувиалните наслаги, а под тях в участъка при изворите дрениращи басейна е тектонския контакт на мраморите с относително водоупорните плиоценски материали, запълващи Разложкия грабен. Подхранването на карстовите подземни води се осъществява от валежите в зоната на разкритие на мраморите. Освен от валежи, карстовите подземни води получават подхранване и от речния отток, формиран в обсега на некарбонатните скали.

Ненапорният карстов поток, формиран в басейна, се движи от юг на север – северозапад към Разложката котловина, като излиза на повърхността по няколко паралелни разлома, отделящи мраморите от плиоцена, или през пролувия. Най-големите карстови извори дрениращи басейна са Язо, Къошка и Калугерица. Изворът Язо се появява на надморска височина 941.3 m, а Къошка – 912.93 m.

При сравнение на границите на колебание на дебитите на изворите Язо и Къошка се вижда, че двата извора са с приблизително еднакъв максимален дебит, но извор Къошка се характеризира с по-нисък среден и минимален дебит, т.е. при

него колебанията на водните количества са много по-високи. Той се характеризира и с относително по-ниски температури. Може да се направи извод, че този извор дренира горната част на наситената зона и зоната на колебание на водното ниво, а Язо характеризира относително по-ниската част от тези зони. Независимо от посочените разлики двата извора дренират едни и същи води, макар и на различно хипсометрично ниво.

Максималните водни количества са в началото на летния период (юни – юли), когато има интензивно топене на снежната покривка във високите части на планината, а също и в дъждовния период на годината. Минималните водни количества са през периода февруари - април, когато съществена част от водосбора на извора е замръзнала и снежната покривка е неразтопена, поради което подхранването на подземните води е практически прекратено (Бакалов и др., 2002).

4. Методи

Северо-Атлантическата Осцилация бе призната преди почти 90 години, но получи широко разпространение в последващите десетилетия (Trigo и др. 2004), когато се установи нейната връзка с климата през зимата в Северното полукукло (например, Hurrell, 1995). Индексът NAO (основан на разликата между средното налягане на морското равнище между Азорите и Исландия) характеризира съотношение между Исландския минимум и субтропичния максимум и е свързан със силата на западните ветрове. NAO осъществява контрол върху валежите и пътищата на западните ветрове в Западна Европа и Средиземноморието. Така, при положителни стойности на индекса NAO зимните ветрове са по – силни от обичайните, а влажните въздушни маси пресичащи Атлантически океан «избират» по-северен маршрут, при което в Южна Европа става по-сухо. Напротив, по време на отрицателни фази на индекса NAO ветровете донасят влажен въздух в Средиземноморската област.

Индексът „winter NAO (DJFM)“ се отнася към месеците декември, януари, февруари и март и се нарича „зимен

индекс NAO“. Значенията на индекса се публикуват (<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/nao/> ; <http://www.cru.uea.ac.uk/~timo/datapages/naoi.htm>). Тук бе използван т.н. зимен индекс NAO (от декември до януари) предложен от Jones et al. (1997) и основан на дългосрочни инструментални измервания в Гибралтар и Рейкявик. Впоследствие индексът бе продължен от Osborn (2006).

Известно е, че една част от колебанията на валежите, температурата на въздуха и оттока на реките, може да е свързана с колебанията на индекса NAO. Затова измененията на годишния отток на карстовите извори Язо и Кьошка сравнихме с индекса NAO (DJFM). Потърсен бе коефициент на корелация между тях.

5. Резултати и дискусия

5.1. Използвани данни

Изворите Язо и Кьошка дрениращи Разложкия карстов басейн са включени в националната хидрогеоложка мрежа и се наблюдават от НИМХ - БАН. Водните стоежи и температурата на водата се измерват ежедневно, а дебитите – ежемесечно. Ежедневните стойности на изворния отток се получават с използване на ключови криви.

За целите на изследването бяха използвани следните данни: отток на карстовите извори Язо и Кьошка за периода от началото на редовните наблюдения до 2012 г. и значения на индекса NAO (DJFM) за период (1960-2005).

5.2. Получени резултати и дискусия

Потърсена е връзка между индекса winter NAO (DJFM) и годишния отток на карстовите извори Язо и Кьошка в Юго-западна България. Значението на коефициента на корелация за съответните години не е много високо, вероятно поради влиянието на предишни години. Затова оттока на изворите бе сравнен с осреднено значение на NAO за същата година и за една или две предишни години.

Най-високото значение на коефициента на корелация е получено за осреднено значение на индекса за три или четири последователни

години, обозначени като NAO-3 и NAO-4 (виж Таблица 1). Получените резултати са представени и на Фиг. 2 и 3. Данните за оттока на изворите са нормализовани: $x=(q-Q)/s$, където q е отток за определена година, Q и s – съответно среден отток и стандартно отклонение за референтен период (1961-1990). Те показват значително влияние на NAO върху оттока на изворите в Юго-западна България, но еднозначна връзка не съществува. Явно, изследваните процеси са многофакторни. Действително, Stenseth и др. (2003) предпазват изследователите не-климатолози: не винаги има пряка връзка между климатичните индекси и локален климат.

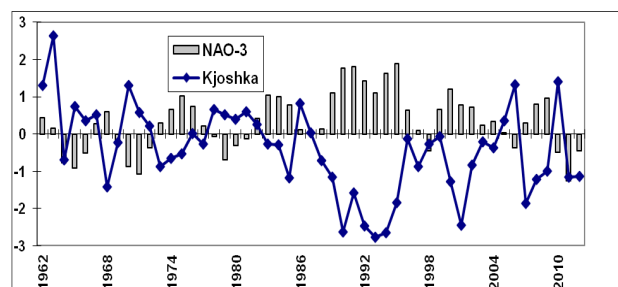
Таблица 1. Коефициенти на корелация между индекса NAO за няколко години и оттока на извори Къошка и Язо.

Брой години	Къошка 1962-2012	Къошка 1962-2010	Язо 1959-2012	Язо -1959-2009
1	-0.539	-0.556	-0.340	-0.393
2	-0.608	-0.671	-0.415	-0.545
3	-0.615	-0.700	-0.440	-0.595
4	-0.625	-0.689	-0.502	-0.626

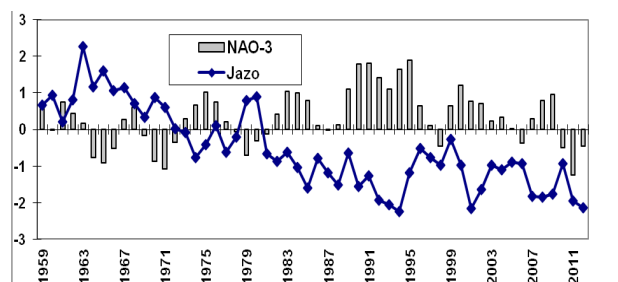
6. Заключение

Получените резултати показват че NAO оказва значително влияние върху колебанията на валежите, температура на въздуха и оттока на изворите в Юго-западна България. Високите положителни стойности на индекса NAO (DJFM) обикновено водят до намаляване на валежите и водните ресурси в района, както бе показано на примера на изворите Язо и Къошка. Същевременно това не е единствен

предиктор, и са необходими повече изследвания по този въпрос.



Фигура 2. Сравнение на оттока на извор Къошка с индекса NAO за три последователни години (NAO-3).



Фигура 3. Сравнение на оттока на извор Язо с индекса NAO за три и четири последователни години (NAO-3).

Библиография

- Бакалов П, Шанов С, Илиева И, Бендерев А, 2002. Физикогеографски предпоставки за образуване на пещерите в района. В: Пирин, пещери и пропасти. София, 11-28.
- Alexandrov V, Dakova S, Aksoy H, Dahamsheh A, 2004. Analysis of climate change in Southeastern Bulgaria and Northwestern Turkey. Int. Conf. BALWOIS 2004 Ohrid, FY Republic of Macedonia, 11 p.
- Brown RD, Petkova N, 2007. Snow cover

variability in Bulgarian mountainous regions, 1931–2000. Int. J. Climatol., 27, 1215-1229.

- Dimitrov D, Pulido-Bosch A, Machkova M, 2001. Studying karst spring discharge characteristics by stochastic and conceptual modelling - Bulgarian Journal of Meteorology and Hydrology BJMH, 12 (3-4), 120-136.
- Goodess CM, Jones PD. 2002. Links between circulation and changes in the characteristics of Iberian rainfall. Int. J. Climatol., 22: 1593–1615.
- Grunewald K, Scheithauer J, Monget J-M, Brown D. 2009. Characterisation of contemporary local climate change in the mountains of

- southwest Bulgaria. *Climatic Change*, 95, 535-549.
- Hurrell JM, 1995. Decadal trend in the North Atlantic oscillation: regional temperature and precipitation. *Science*, 269, 676-679.
- Hurrell J W, 2000. Climate: North Atlantic and Arctic Oscillation (NAO/AO). *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*. Academic Press
- Jones PD, Jonsson T, Wheeler D. 1997. Extension to the North Atlantic oscillation using instrumental pressure observations from Gibraltar and south-west Iceland. *Int. J. Climatol.*, 17: 1433-1450.
- López-Moreno JI, Vicente-Serrano SM, Morán-Tejeda E, Lorenzo-Lacruz J, Kenawy A, Beniston M, 2011. Effects of the North Atlantic Oscillation (NAO) on combined temperature and precipitation winter modes in the Mediterranean mountains: Observed relationships and projections for the 21st century. *Global and Planetary Change*, 77, 62-76.
- Nikolova N, 2004. Rainfall variability in Bulgaria and its relation with North Atlantic Oscillation. *Int. Conf. BALWOIS 2004 Ohrid*, FY Republic of Macedonia, 6 p.
- Orehova T, Bojilova E, 2008. Hydrological Assessment for Selected Karstic Springs in the Mountain Regions of Bulgaria. In: E. Wiegandt (ed.): *Mountains: Sources of Water, Sources of Knowledge*. Book Series "Advances in Global Change Research", Vol. 31, Springer Netherlands, pp. 265-280.
- Orehova TV, Bojilova EK, 2001. Impact of the recent drought period on the groundwater in Bulgaria. *Proceedings of Theme A. Development, Planning and Management of Surface and Ground Water Resources*. 29th IAHR Congress, Tsinghua University Press, Beijing, China, pp. 1-6.
- Osborn TJ, 2006. Recent variations in the winter North Atlantic Oscillation. *Weather* 61, 353-355
- Rodó X, Baert E, Comin FA. 1997. Variations in seasonal rainfall in Southern Europe during the present century: relationships with the North Atlantic Oscillation and the El Niño-Southern Oscillation.. *Climate Dynamics* 13(4), 275-284.
- Stenseth NC et al., 2003. Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: the North Atlantic Oscillation, El Niño Southern Oscillation and beyond. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 270, 2087-2096.
- Trigo RM, et al., 2004. North Atlantic Oscillation influence on precipitation, river flow and water resources in the Iberian Peninsula. *Int. J. Climatol.*, 24: 925-944.
- Türkoğlu N, Gürgen G, Çiçek İ, Ceylan A, 2006. Effects of North Atlantic Oscillation on precipitation and stream flow at Büyük Menderes Basin. *Int. Conf. BALWOIS 2006 Ohrid*, FY Republic of Macedonia, 9 p.
- Wibig J. 1999. Precipitation in Europe in relation to circulation patterns at the 500 hPa level. *Int. J. Climatology*, 19, 253-269.