

КАЛИБРИРАНЕ НА МОДЕЛ WEAP ЗА ВОДОСБОРА НА РЕКА ВИТ

CALIBRATION OF THE WEAP MODEL FOR THE WATERSHED OF VITWATERSHED

Emil Tsanov
University of architecture, civil engineering and geodesy, department VKPV

***Summary:** Generic simulation models are frequently the core of DSS. In this article, the application of the WEAP model for a Vit watershed is described. The problems and their possible solutions in the setting, calibration and verification of the model are discussed. For calibration of the model year 2009 has been selected, because it is a year with annual runoff close to the long-term average values and without some significant extreme events as floods or droughts. The verification has been carried out for the year 2011, which was purposely selected being a dry year with expected deficits in the water use. The calibration coefficients as well as the approach to obtain them are presented. The simulation results are close to the measured data at the final hydrometric station of the Vit river. They show a successful completion of the calibration process and the readiness of the model for further water balances investigations and scenario developments regarding the studied watershed.*

1. Въведение

1.1. Моделирането като средство за изготвяне на водостопански баланс

Оценяването на количествата на наличните водни ресурси на ниво „водосбор” и тяхното използване може да се подобри значително чрез прилагане на системи, подпомагащи вземането на решения (decision support system - DSS).

Често в основата на тези системи са широко обхватни софтуери като AQUATOOL, MODSIM, RIBASIM, WARGISIM, WEAP и др. Те са доказали своята ефективност и практическа приложимост, но въпреки това никоя от тях не се е наложила като универсална. Sechi и Sulis в две статии правят сравнение на приложението на 5 системи за един и

същ водосбор (1, 3). Те достигат до извода, че AQUATOOL и допълнителните модули на MODSIM изискват високо ниво на подготовка за работа с тях. Относно техническите характеристики преразпределението на водните ресурси в MODSIM става като се използва опростен вариант на т. нар. метод за минимална цена на потока (min-cost flow). Във WEAP използването на стандартен линеен подход позволява да се разглеждат по-комплексни физични, хидроложки и институционални ограничения спрямо MODSIM. Преразпределянето на водните ресурси е на всяка изчислителна стъпка, знаейки стойността от предишната.

Приоритизирането на консуматорите на вода присъства във всички модели, но AQUATOOL, MODSIM и WEAP го

прилагат и относно пълненето на язовирите. При това при повече язовири и много консуматори на вода е необходимо да се приоритизира и източникът на вода. В AQUATOOL, RIBASIM и WARGI-SIM - тези указания (правила) за работа на мрежата са фиксирани, докато в MODSIM и WEAP се дефинират като комбинация от състоянието на системата и хидроложките условия (1).

В това изследване е избран модел WEAP (Water Evaluating And Planning), поради редица негови предимства.

WEAP използва основни принципи за изчисление на водни баланси. Може да се прилага за селищна (водоснабдителна) или напоителна система, за един или няколко речни басейна. Освен това WEAP може да решава широк спектър от проблеми, като определяне на необходимите водни количества по сектори, опазване на водните ресурси, разпределение на водите, симулация на подземни води и реки, работа на язовири, ВЕЦ, вода за енергийни нужди и др.

Освен това софтуерът позволява анализ на многобройни сценарии, включително алтернативни климатични сценарии и промяна на антропогенния натиск.

Съгласно изследване на Assaf и съавтори WEAP е много подходящ при анализи на различни сценарии от типа причинно-следствена връзка (какво-ако), касаещи промяна на политиките, както и при управлението на водните ресурси отдолу нагоре (2). Адаптивен е по отношение на земеделските практики като смяна на земеделските култури, промяна на необходимите поливни норми за различните култури, реконструкция на каналите, промяна управлението на язовирите, стратегии за запазване на водните ресурси, промяна в минималните водни количества в реките, въвеждане на нови постижения в развитието на инфра-

структурата. Подходящ е за детайлно моделиране на необходимите водни количества..

1.2. Цел на изследването

Целта на изследването е да се приложи WEAP за създаване на интегриран воден баланс за водосбора на река Вит, който да обхване основните потребители на вода. За калибриране на създадения модел са използвани данни за 2009 г., а за верифицирането му - данни за 2011 г. 2009 г. е с годишен отток близък до нормата, а 2011 г. е подбрана за целите на изследването като относително суха година, докато вътрешногодишното разпределение на дъждовете, респективно оттока, се отличава със специфични особености, съответстващи на наблюдаваното в последните години „размиване“ на сезоните по отношение на валежите и поява на повишени валежи и дори наводнения през нехарактерни за подобен тип явления летни месеци.

2. Описание на водосбора

Река Вит се намира в централната част на Северна България с дължина 189 km и се образува от сливането на реките Бели и Черни Вит. За начало на реката е приет изворът на река Рибарица (р. Бели Вит), който е в Стара планина под връх Вежен на височина 2030 m. След преминаването през планината реката пресича Дунавската равнина и се влива в река Дунав близо до град Сомовит. Площта на водосбора е 3220 km², а основните притоци са реките Каменска, Калник и Тученица.

Средният наклон на реката е 9.6 ‰. Гъстотата на речната мрежа е малка – 0.5 km/km². Формата на водосборната област е силно продълговата (средна ширина 25 km), като броят на основните притоци е около 10. Средната надморска височина е около 400 m (4, 5 и 8). Планинската част е покрита с гори

и пасища. Надолу по течението речната долина се разширява, бреговете стават по-ниски и по-полегати.

В оттока на река Вит се наблюдават два максимума: по-голям през пролетта (март-май) и втори, обикновено по-малък, през есента (октомври-ноември). Основната причина за максимумите са валежите, често интензивни, както и снеготопенето през пролетта. Най-малкият отток се наблюдава в края на лятото (август-септември), но може да се наблюдават някои пикове вследствие летни бури. По основното течение на реката са разположени три хидрометрични станции - при град Тетевен, при село Садовец и при село Търнене. Средният отток при град Тетевен е около 137 млн.м³ и е разпределен относително неравномерно: 40 % през пролетта, 40 % през есента и 20 % през останалата част от годината. Средният отток при Търнене е 410 млн.м³ (4 и 6).

Водите на река Вит се използват за напояване, производство на електроенергия и подхранване на многобройни водоземания от алувиалния слой покрай леглото на реката. Поради недостига на подземните води една голяма част от водата за водоснабдяване се купува от басейна на река Осъм.

Наличните консуматори са разнообразни по вид и не са равномерно разпределени в басейна на реката, като качеството и количеството на информацията се различава в зависимост от източника.

3. Резултати и дискусия

3.1. Захранване на модела с данни

За настоящата разработка е събрана информация от Министерство на околната среда и водите, Национален институт по метеорология и хидрология, Басейнова дирекция Дунавски район, ВиК Плевен, ВиК Ловеч, Напителни системи - Плевен и Национа-

лен статистически институт.

Данните за месечните стойности на валежите са за дъждомерните станции в Тетевен и Плевен и са приложени съответно за горната и долната част на водосбора.

По отношение на водата, използвана за питейно-битово или промишлено водоснабдяване, е събрана информация по месеци за добитата и доставената вода от съответните водоизточници, както и за фактурираната вода.

По отношение на необходимите водни количества за напояване е събрана информация за вида на културите, поливните площи и вида на поливната система на месечна база.

Годишната консумация за 2009 г. на най-големите потребители на вода е представена таблично (**Таблица 1**).

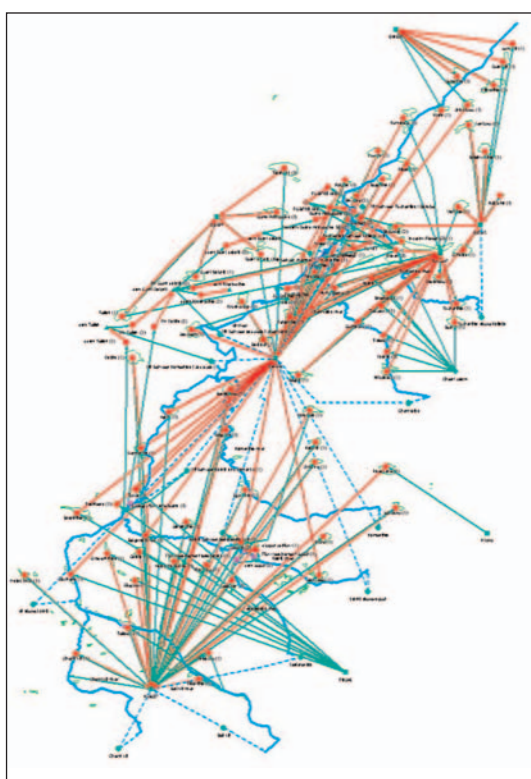
3.2. Създаване на модела

След събирането и обработването на необходимата информация беше създадена схема на връзките между отделните източници и ползватели на вода (**Фиг. 1**).

Водосборният басейн е разделен на 15 подводосбора, съобразени с притоците на река Вит, които групирани формират цялостната хидроложка схема на водосбора. В модела са въведени 89 проектни възли. 77 от тях симулират населени места, като 47 се обслужват от ВиК Плевен, а останалите 30 - от ВиК Ловеч. Съгласно броя на жителите населените места са разделени както следва: един голям град с население над 100 000 – Плевен, един средно голям град с население над 10 000 – Тетевен, единадесет малки града с население над 2 000 и 64 села. Останалите 12 проектни възли са използвани за управление на пълненето и изпускането на вода от язовирите, като ВЕЦ, индустрия, и в комплект с 3 възела за ПСОВ за симулиране на помпени станции, захранващи едновременно

Таблица 1. Консумация на вода от по-големите потребители във водосбора на река Вит за 2009 г.

Потребител	Вид	Използвана вода м ³ /год
Ракита	ВЕЦ	19,153,260
Телиш	ВЕЦ	33,783,000
Горни дъбник	ВЕЦ	26,829,000
Плевен	Населено място	13,037,103
Тетевен	Населено място	721,684
Долна Митрополия	Населено място	307,179
Вит между Садовец и Чернялка	Напояване	7,766,376
Вит между Каменица и Садовец	Напояване	747,959
Калник между Лесидренска и Вит	Напояване	486,530
Вит между Чернялка и Тученица	Напояване	344,600
Индустрия в Плевен	Индустрия	1,821,825
Всички останали	Населени места и индустрия	5,343,993



Фиг. 1. Функционални връзки на ползвателите и източниците на вода в WEAP

няколко населени места. Два проектни възела са използвани за моделирането на индустриалните зони - съответно в Плевен и Долна Митрополия. В останалите населени места промишлеността е пренебрежимо малка. В модела са въведени 5 язовира с икономическо значение - Сопот, Горни Дъбник, Телиш, Долни Дъбник и Крушовица. Осем възела симулират подземни

водни тела, три са за минимално количество вода в реките и една хидрометрична станция. Има и един възел, симулиращ друг водоизточник, тъй като една голяма част от водата за водоснабдяване се доставя от речния басейн на река Осъм.

Всички консуматори на вода са запазени с необходимата информация, както следва:

- населени места – годишна консумирана вода и загуби на жител, месечна неравномерност и загуби (изпарение);
- язовири – физични и оперативни параметри (обем при максимално работно ниво, обем при буферно ниво (специфичен параметър в програмата), обем при минимално работно ниво и др.), приток, обем, начален обем, ключова крива, максимална пропускливост на преливника, загуби от изпарение и филтрация, наблюдавани обеми и др;
- ВЕЦ - месечна консумация;
- индустрия – месечна консумация и загуби от системата (при изпарение и производствени процеси);
- напояване – площ, коефициент на културата, валежи, ефективен валеж, евапотранспирация, ефикасност на поливната система и др;
- други.

3.3. Калибриране и верификация на модела

След създаването на скелета на модела от функционалните връзки между консуматорите и източниците на вода, следващата стъпка е моделиране на хидроложките процеси, които са база за по-нататъшните водобалансови изследвания. Използваният хидроложки модул във WEAP е създаден на стандартен принцип, симулиращ връзката валеж–отток, характерен за повечето известни хидроложки модели. Процесите, включени в хидроложкия модул на модела WEAP и симулиращи естественото движение на водата, са: евапотранспирация, инфилтрация и трансформиране на част от валежа в повърхностен отток. Като недостатък на модела може да се посочи липсата на модул за симулиране на снеготопенето. Все пак този важен за нашите географски ширини фактор може да се отчете посредством коефициенти на коригиране на валежа, заложи в основно допускане (key assumption), като техните месечни стойности са част от калибрационния процес. Избраният за водосбора на река Вит модул е „валеж-отток“ (rainfall runoff method (FAO Crop Requirements Method)) използва коефициенти на различните култури (crop coefficient) за определяне на евапотранспирацията. При моделирането на басейна на река Вит е приета потенциална евапотранспирация съгласно Захариев и съавтори и съответно коефициент на културите, равен на едно (7). Инфилтрацията също е обект на калибрация посредством съответни инфилтрационни коефициенти. Остатъкът от ефективния валеж, който не се изпарява и не инфилтрира, формира отток в реките.

Като водобалансов модел WEAP работи с месечна времева стъпка и следователно входната и изходната информация имат месечни стойности.

Принципът на калибрирането на модел е да се определят такива стойности на заложените в модела калибрационни параметри, при които получените симулирани резултати да са възможно най-близки до измерените. WEAP дава възможност за промяната на вградени параметри и основно допускане (key assumption), съобразявайки се с особеностите на водосбора и избрания подход при моделирането. В някои случаи тези параметри имат силно влияние, а в други случаи промяната на стойността на параметър в рамките на годината може да има много слабо влияние, което може да бъде обект на допълнителен анализ на чувствителността на съответните параметри (sensitivity analysis). Поради липсата на предварителна информация за някои параметри те първоначално са приети с характерни за водосбора стойности, определени на база на експертна оценка. Впоследствие, в процеса на калибрацията тези параметри са доуточнени. За сравняване на получените симулационни резултати с реално измерените е използвана хидрометричната станция при Търнене, която е и последна за река Вит, преди вливането в река Дунав и в най-голяма степен отразява работата на цялата речна система Вит.

При моделирането като входни данни са използвани валежи, различни за долната и горната част на водосбора (Тетевен и Плевен), поради големите физико-географски разлики между двете части на водосбора – планинска и полу-планинска в горната част и хълмисто-равнина в долната част на водосбора. Това се отнася и за определянето на коефициентите за снеготопене поради големите климатични различия в рамките на изследвания водосбор. По време на калибрирането са определени месечните стойности на коефициентите ефективен дъжд, ева-

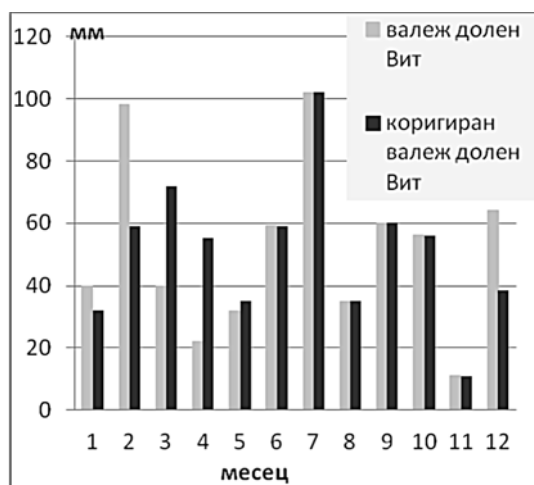
потранспирация, снеготопене и отношението на оттока към реките и към подземните води. Крайните стойности, получени след многобройни итера-

ции, при които моделираното и измереното водно количество в хидрометричната станция Търнене са най-близки, са представени в Таблица 2.

Таблица 2. Калибрационни параметри на модела WEAP за водосбора на река Вит

Параметри		Месец											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Коефициент за снеготопене долен Вит	-	0.80	0.60	1.80	2.50	1.10	1	1	1	1	1	1	0.6
Коефициент за снеготопене горен Вит	-	0.80	0.60	1.80	2.50	1.50	1	1	1	1	1	1	0.6
евапотранспирация	mm	22	27	28	46	101	122	138	120	84	69	19	17
Ефективен дъжд	%	80	80	80	80	80	95	65	90	90	95	90	95
Отток към реките	%	70	70	70	70	70	50	60	60	70	70	70	70

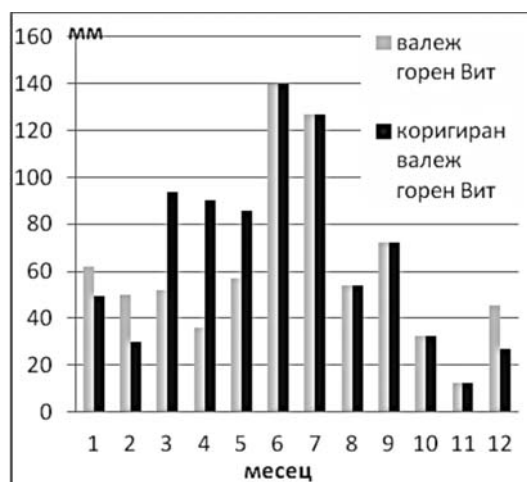
При въвеждането на коефициент за снеготопене се коригира стойността на падналия валеж и неговото частично прехвърляне от зимни към пролетни месеци. Коригираните валежи за долен и горен Вит са представени в съответните графики (Фиг. 2. и 3.).



Фиг. 2. Валеж и коригиран валеж за долен Вит

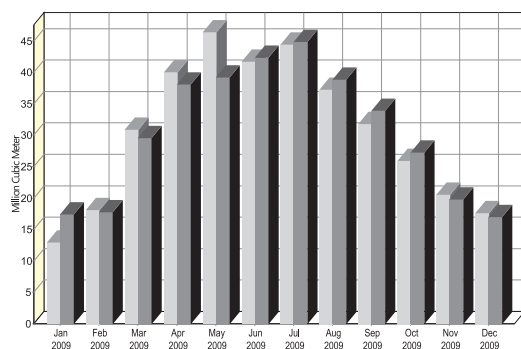
В напоителната система са калибрирани параметри, отчитащи загуби към подземни води и загуби от системата от изпарение и кражби.

Калибриран е и процесът на пълнене и изпразване на трите големи язовира във водосбора - Горни Дъбник,

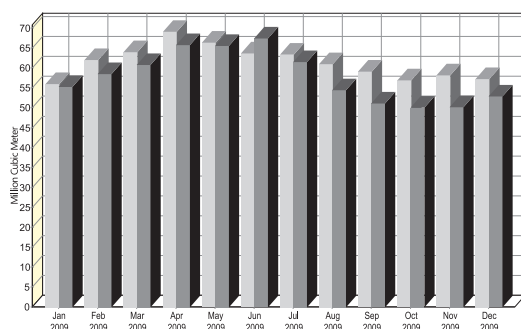


Фиг. 3. Валеж и коригиран валеж за горен Вит

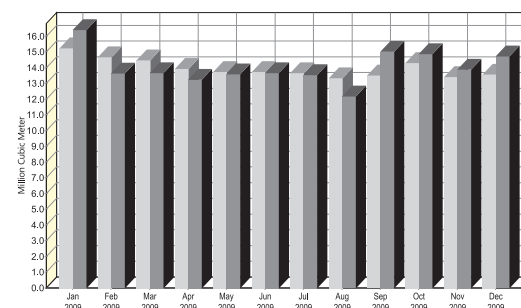
Сопот и Телиш. Язовир Сопот е изграден на река Каменка и дава много добра връзка между валеж и отток, докато пълненето на яз. Горни Дъбник и яз. Телиш става посредством деривация, управлявана от експлоатационния персонал. Получените резултати са представени в графичен вид, като разликата между измерените и симулираните обеми е в границите от 0.45 до 6 % (Фиг. 4., 5., 6.), което показва изключително добра симулация на изменението на водните обеми в язовирите през целия годишен период на експлоатация.



Фиг. 4. Месечни стойности на симулирани (тъмно) и наблюдавани (светло) обеми за 2009 г. за язовир Сопот



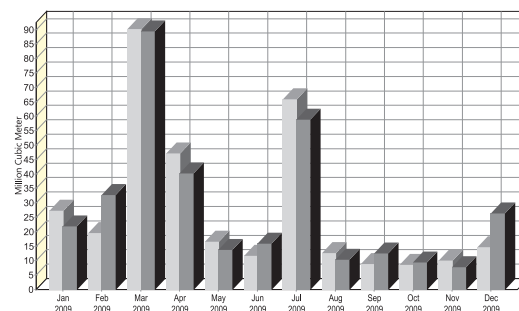
Фиг. 5. Месечни стойности на симулирани (тъмно) и наблюдавани (светло) обеми за 2009 г. за язовир Горни дъбник



Фиг. 6. Месечни стойности на симулирани (тъмно) и наблюдавани (светло) обеми за 2009 г. за язовир Телиш

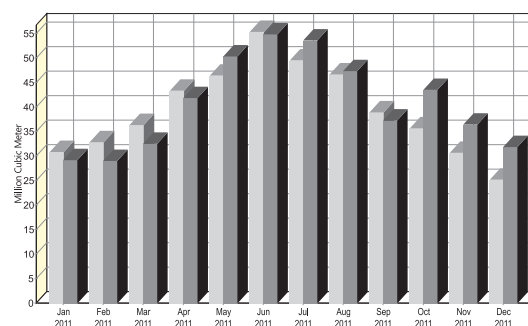
В същото време разликата между измерените и симулираните количества в река Вит при ХМС Търнене е само 3 %, което може да се приеме като напълно задоволително за цялостното моделиране на системата. (Фиг. 7).

Калибрираният модел е верифициран за 2011 г. Съобразявайки се с



Фиг. 7. Месечни стойности на симулирани (тъмно) и наблюдавани (светло) количества (m³/sec) за 2009 г. при ХМС Търнене

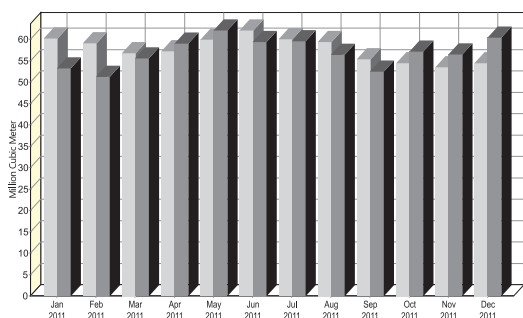
характеристиките на втория годишен период по време на верификацията се наложи да се направи малка промяна на някои от калибрационните параметри, като „коэффициент на снеготопене” и „ефективен дъжд”, поради различния режим на валежите за 2011 г. и най-вече през зимния период. Подълъг период на моделиране несъмнено ще доведе до по-добра оценка на тези параметри. Получените резултати са представени в графичен вид, като разликата между измерените и симулираните обеми е в границите от 1.5 до 13.3 % (Фиг. 8, 9 и 10). При ХМС-Търнене разликата е 1.8% (Фиг. 11).



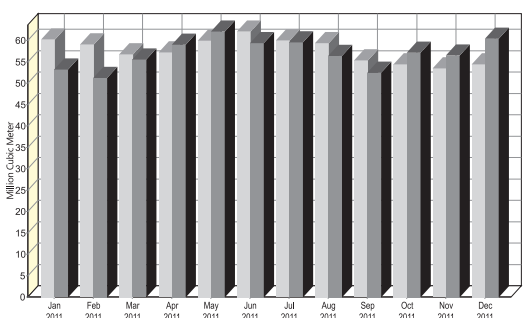
Фиг. 8. Месечни стойности на симулирани (тъмно) и наблюдавани (светло) обеми за 2011г. за язовир Сопот

4. Заключение

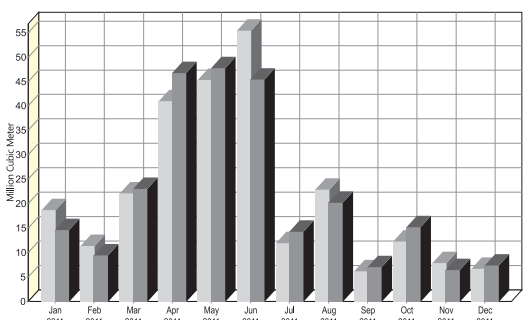
Софтуерът WEAP е успешно приложен за типичен български водосбор, както е този на река Вит, с различни консуматори на вода и сложни



Фиг. 9. Месечни стойности на симулирани (тъмно) и наблюдавани (светло) обеми за 2011 г. за язовир Горни дъбник



Фиг. 10. Месечни стойности на симулирани (тъмно) и наблюдавани (светло) обеми за 2011 г. за язовир Телиш



Фиг. 11. Месечни стойности на симулирани (тъмно) и наблюдавани (светло) количества (m3/sec) за 2011 г. при ХМС Търнене

взаимовръзки помежду им. Показана е неговата гъвкавост и приложимост дори при ограничена информация. Моделът може да бъде прецизиран чрез набавяне на информация от допълнителни измервания. Моделът използва месечна стъпка за изчисленията, като получените резултати при калибрирането в хидрометричната станция и при язовирите са близки до

измерените такива, което дава добра основа за развитие на различни сценарии. Това ще улесни вземането на управленски решения за множество случаи – промяна на броя и мащабите на потребителите на вода, климатични промени и други.

Acknowledgment

Този проект е финансиран от Европейската комисия, DG Environment по програма „Preparatory Action on development of prevention activities to halt desertification in Europe, Halting desertification in Europe – 2011” в рамките на проект ABOT „Assessment of water Balances and Optimisation based Target setting across EU River Basins” (<http://www.abot.it/>).

Използвана литература:

[1] Andrea Sulis, Giovanni M. Sechi. „Comparison of generic simulation models for water resource systems,“ (Elsevier Ltd) 2012.

[2] Assaf, H., E.van Beek, C.Borden, P.Gijsbers, A.Jolma. „Generic Simulation Models for Facilitating Stakeholder Involvement in Water Resources Planning and Management: A Comparison, Evaluation, and Identification of Future Needs,“ (US Department of Energy at Digital Commons@University of Nebraska - Lincoln) 2008.

[3] Giovanni M. Sechi, Andrea Sulis. „Intercomparison of Generic Simulation Models for Water Resource Systems,“ (International Environmental Modelling and Software Society) 2010.

[4] „Генерални схеми за използване на водите в районите за басейново управление, том II. Дунавски район - Поречие на река Вит,“ (Проект на Министерството на околната среда и водите) 2000.

[5] „География на България, Физическа и социално-икономическа география.“ (издателство “ФорКом”, 2002).

[6] Екатерина Колева, Райна Пенева. „Климатичен справочник, Валежите в България,“ (Национален институт по метеорология и хидрология - БАН) 1990.

[7] Захариев Т., Лазаров Р., Колева С., Гайдарова С., Койчев З. „Райониране на поливния режим на селскостопанските култури,“ (ЗЕМИЗДАТ) 1986.

[8] Хидрометеорологична служба. „Хидрологичен справочник на реките в България том I,“ (Държавно издателство “Наука и изкуство”) 1957.

ФЕДЕРАЦИЯ НА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИТЕ СЪЮЗИ (ФНТС)

ИСКАТЕ ЛИ ДА ОТГОВОРИТЕ НА ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВОТА НА ВРЕМЕТО?

ПОТЪРСЕТЕ ФНТС ЗА:

Научно – технически конференции, симпозиуми, панаири и други изяви у нас и в чужбина;
Семинари, курсове и школи за професионална квалификация и преквалификация;
Информационна и издателска дейност на високо професионално равнище;
Ползване на конферентни и изложбени зали, симултантна и офис техника, научно – технически филми и др.

ДОВЕРЕТЕ СЕ НА ПРОФЕСИОНАЛИЗМА И КОМПЕТЕНТОСТТА НИ!

ЗА КОНТАКТИ С ФНТС:

1000 София, ул. Г. С. Раковски № 108
Тел: 987 72 30, факс 986 16 19, 987 93 60