



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



WEB-БАЗИРАНИ ГИС ПРИЛОЖЕНИЯ ЗА ПОДПОМАГАНЕ
НА ИНТЕГРИРАНОТО УПРАВЛЕНИЕ НА ВОДИТЕ В
БАСЕЙНА НА Р. ЯНТРА

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертационен труд
за присъждане на образователната и научна степен „доктор“
в професионално направление: *4.4. Науки за Земята*
по научна специалност „*Физическа география и ландшафтознание*“
на

Докторант: *Таня Василева Тренкова*

Научен консултант: *доц. д-р Стоян Недков*

СОФИЯ

2019

Дисертацията е разработена в Националния институт по геофизика, геодезия и география към БАН. Дисертантът е докторант на самостоятелна подготовка в секция „ГИС“ на департамент „География“ при НИГГГ – БАН.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на разширено заседание на департамент „География“, проведено на 12 март 2019 г.

Дисертационният труд е с обем от 187 страници, съдържа 65 фигури, 28 таблици и 3 приложения. Литературата включва 144 източници – 101 на английски, 42 на български и 1 на руски. Структурата на дисертацията съдържа увод, пет глави, заключение и научно-приложни постижения.

Защитата на дисертацията ще се състои на 28.06.2019 г., от 14 ч. в заседателната зала на НИГГГ- БАН на открито заседание на научно жури в състав:

1. Проф. д-р инж. Оханес Сантурджиян (НИМХ)
2. Доц. д-р инж. Ваня Йончева (НИМХ)
3. Доц. д-р Стоян Недков (НИГГГ)
4. Доц. д-р Емилия Черкезова (НИГГГ)
5. Доц. д-р Стелиян Димитров (СУ)

Материалите по защитата са на разположение в НИГГГ- БАН, ст. 105, ул. „Акад. Г.Бончев“, бл. 3.

Съдържание

Списък на фигурите	4
Списък на таблиците	4
ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД	5
УВОД.....	6
<i>Актуалност на темата</i>	<i>7</i>
I - Състояние, подходи и водещи принципи на управлението на водите	9
II – Обзор на програмните средства за разработване на web-базирани ГИС приложения с отворен код.....	9
III - Информационна осигуреност, методологични подходи и район на изследване ..	10
3.1. Район на изследване	10
3.2. Информационна осигуреност	11
3.2.1. Изходна информация за управлението на комплексните язовири	11
3.2.2. Геопространствена информация за разработване на web – приложението ..	11
3.3. Методологични подходи на изследване	12
IV – Интегрирано управление на водните ресурси (ИУВР). Управление на повърхностните води като част от ИУВР	19
4.1. Управление на комплексните и значими язовири в басейна на р. Янтра	19
4.1.1. Общи принципи на използването и управлението на язовирите.....	19
4.1.2. Описание на характеристиките и анализ на използването на значимите язовири във водосбора на р. Янтра	20
4.2. Язовир “Александър Стамболийски”	21
4.3. Язовир “Христо Смирненски”	25
4.4. Язовир “Йовковци”	27
4.5. Язовир “Ястребино”	28
V - Разработване на web-базирана информационна ситема за басейна на р.Янтра	29
5.1. Концептуален модел на web-базираната информационна ситема	29
5.2. Подготовка на данните за web-приложението	30
5.3. Геобаза данни за водосбора на р. Янтра	30
5.4. Картен web-сървър - GeoServer	31
5.5. Клиентски компонент на web-базираното ГИС-приложение.....	35
5.5.1. Основна функционалност на web-ГИС приложението.....	35
5.5.2. Добавяне на допълнителна функционалност.....	36
5.6. Разработване на динамична web-страница	41
Заклучение.....	42
Научно-приложни приноси	45
Литература, включена в автореферата	45
Научни публикации по темата на дисертационния труд	46

Списък на фигурите (запазена е номерацията от дисертационния труд)

- Фиг. 3.1. Водосборна област на р. Янтра
Фиг. 3.3. Примерна „крива на управление“
Фиг. 3.6. Интерфейс на програмата RESERVOIR1
Фиг. 3.8. Схема на цялостната архитектура на Web-GIS
Фиг. 3.9. Схема на софтуерния пакет на OpenGeo Suite
Фиг. 4.6. Криви на управление при двуцелево използване на яз. „Ал.Стамболийски“
Фиг. 4.7. Ходови криви на напълването, водоползването и изпуснатите обеми при двуцелево използване на яз. „Ал. Стамболийски“
Фиг. 4.10. Криви на управление за яз. „Хр. Смирненски“
Фиг. 4.13. Криви на управление на яз. Йовковци
Фиг. 4.16. Криви на управление на яз. „Ястребино“
Фиг. 5.1. Концептуален модел на информационна система за подпомагане на управлението на значимите язовири като компонент от ИУВР
Фиг.5.4. Атрибутивната информация прехвърлена в базата данни
Фиг. 5.6. Базата данни за водосбора на басейна р. Янтра в PostgreSQL
Фиг. 5.7. Графичен интерфейс на началната страница на Geoserver
Фиг. 5. 10. Експортиране на XML-схемата (в случая - за слой „ерозионна уязвимост“)
Фиг. 5.11. Трансферираната XML-схема в Style Editor на GeoServer
Фиг. 5.12. Интерфейс на добавените слоеве в GeoServer
Фиг. 5.16. Стандартна функционалност на web-приложението
Фиг. 5.19. Plug-in за редактиране на стилове (Style Editor)
Фиг. 5.21. Пример за добавяне на KML- и GPX файлове към приложението
Фиг. 5.22. Слой комплексни язовири в басейна на р. Янтра
Фиг.5.23. Бутон Zoom to: Стамболийски - технически характеристики
Фиг.5.24. Бутон: яз.Стамболийски - криви на управление
Фиг. 5.25. Web-страница на информационната система за водосбора на р. Янтра
Фиг. 5.26.. Подстраница на web-сайта пренасочваща към web-приложението и ИУВР
Фиг. 5.27. Подстраница на web-сайта свързана с управлението на комплексните язовири
Фиг. 5.30. On-line таблица за въвеждането на оперативни данни за управлението на яз. „Ал.Стамболийски“

Списък на таблиците (запазена е номерацията от дисертационния труд)

- Таблица 3.1. Значими и комплексни язовири във водосбора на р. Янтра
Таблица:3.2. Източници на геопространствени данни за нуждите на приложението
Таблица 3.3. Предимства на web-ГИС приложенията
Таблица 3.4. Компоненти на web-базирана ГИС
Таблица 3.5. Критерии за избор на конфигурация за разработката на web-приложението
Таблица 4.7. Месечно разпределение на нуждите на водоползвателите (млн. м³)
Таблица 4.8. Стойности на кривите на управление за опция 2
Таблица. 5.1. Слоеви включени в web-приложението
Таблица 5.2. Базова функционалност на web-ГИС приложението

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Дисертационният труд е структуриран в пет глави.

ГЛАВА I разглежда състоянието, подходите и водещите принципи на интегрираното управление на водите (ИУВР). Резюмира основните принципи и целите на Плановите за управление на речните басейни (ПУРБ) и Плановите за управление на риска от наводнения (ПУРН). Разглежда също така основополагащите законодателни документи в областта на водите, както и отговорните институции за управлението на водите в България. Представя и обобщена информация за управлението на комплексните и значими язовири (*язовирите от Приложение 1 на Закона за водите (ЗВ)*).

В **ГЛАВА II** е направен подробен обзор на програмните средства с отворен код за разработването на web-базирани ГИС приложения. Разгледани са предимствата на софтуера с отворен код пред комерсиалния. Описани са основните настолни ГИС софтуерни продукти с отворен код, най-често прилаганите системи за управление на бази данни (СУБД) при създаването на web-базирани ГИС приложения и най-използваните web-картни сървъри с отворен код. Представени са основните геопространствени web-услуги, най-популярните *JavaScript* картни библиотеки и допълнителни библиотеки необходими за разработването на клиентската част на приложенията, както и някои основни рамки за web-картографиране. Дадени са примери за популярни Геопортали свързани с управлението на водите в България и в световен мащаб.

ГЛАВА III включва три подглави - пилотен район на изследване, информационна осигуреност и методологични подходи. Направена е кратка физикогеографска характеристика и обзор на по-значимите разработки за пилотния район на изследване – водосбора на р. Янтра. Представена е информационната осигуреност по отношение на комплексните язовири и наличните геопространствени данни. В третата подглава са представени методологичните подходи на изследване. Синтезирано е разгледана националната методика свързана с управлението на комплексните и значими язовири - *Методика за определянето на обеми в язовирите по приложение 1 от закона за водите (ЗВ)*. Разгледани са методологичните основи на разработването на web-ГИС приложенията. Представена е архитектурата им и е обоснована избраната конфигурация за разработването на приложенията.

ГЛАВА IV обхваща анализите свързани с ИУВР и по-конкретно представя анализите от изследването на комплексните и значими язовири в басейна на р. Янтра и представя получените съгласно използваната методика криви и правила за управлението им.

Разгледани са общите принципи на използването и управлението на значимите язовири, направен е анализ на експлоатацията и начина им на управление в периода 2003-2017 г. За всеки от четирите комплексни язовира във водосбора – яз. „Александър Стамболийски“, яз. „Христо Смирненски“, яз. „Йовковци“ и яз. „Ястребино“ са дадени описанията на техническите характеристики и е направен анализ на използването им. Определени са правилата за рационално управление (*криви на управление*) съгласно *Методиката* чрез прилагането на софтуера *RESERVOIR1*. За яз. „Ал. Стамболийски“ е определен необходимия ретензионен обем и са разгледани две опции на управление - двучелево и едночелево, като са представени съответните резултати обосноваващи целесъобразното му управление.

ГЛАВА V включва представянето на предложения концептуален модел на web-базираната информационна система за басейна на р.Янтра (*ЯНИС*) и разглежда етапите от разработването на системата. Представена е подготовката на данните включени в web-ГИС приложението, създаването на гео-базата данни за водосбора в PostgreSQL и добавянето на слоевете към web-картния сървър - GeoServer. Представено е разработването на клиентския компонент на web-базираното ГИС-приложение, включващ добавянето на картните основи и стилизираните слоеве. Описани са добавените стандартни и разработените допълнителни функционалности за web-ГИС приложението. Главата включва и разработването на динамична web-страница като част от информационната система за водосбора на р. Янтра.

УВОД

Географските Информационни Системи (ГИС) се прилагат в управлението на целия комплекс от природни ресурси и антропогенни обекти и системи. Един от най-важните ресурси е водата, а управлението ѝ е от стратегическа важност за почти всички човешки дейности. Достъпът до безопасни сладководни ресурси се разглежда като всеобщо човешко право и управлението на сладководните ресурси е от определящо значение в регионален и глобален мащаб.

Подходът на интегрираното управление на водите в речните басейни (*ИУВР*; *IWRM*) е международно приет, като начин за ефективно и устойчиво използване на ограничените водни ресурси в света, както и за справянето с конфликтните нужди. Рационалното управление води до намаляване на икономическите разходи и до смекчаването на въздействията върху ресурсите. В този аспект ГИС се явяват ефективен инструмент за тази дейност в рамките на обособени области и територии.в реално време.

Ефективното организиране на географската информация, представянето и споделянето ѝ под формата на карти, атрибутивни таблици и графики, дава възможност за по-добро планиране и информирано вземане на решения на управленско ниво. Web-ГИС от своя страна осигурява свободен онлайн достъп до такава информация в мрежата, до слоеве от данни и подпомага онлайн търсенето и споделянето им.

Набирането на информацията, обработката и актуализацията ѝ са процес отнемащ значителен времеви ресурс. Данните с времеви компоненти се нуждаят от непрекъсната актуализация. В тази връзка поддържането на ГИС е важна задача за специалистите и експертите свързани с управлението на водите и водностопанските системи. В България създаването и използването на ГИС като инструмент за управление е задача с постоянна актуалност и многобройни предизвикателства.

Гореизложените констатации са и част от мотивацията на автора да насочи усилията си в изследването на съвременните web-технологии като инструмент за подпомагане на управлението на водите.

Разработката на web-приложенията е пилотна за един водосборен басейн – басейна на р. Янтра и е ограничена само в областта на управлението на използването на водите, без да включва, качеството им и управлението на риска от наводнения.

Актуалност на темата

Управлението на водите е тема с постоянна актуалност. По отношение на количествените параметри (които са предмет на дисертацията), актуалността нараства във връзка със задълбочаването на въздействията вследствие на климатичните промени. През последните две десетилетия в България се констатира значително намаление на притока в много язовири, което неминуемо води и до намаляване на обезпечеността на потреблението.

Важна част от управлението на повърхностните водни ресурси е управлението на язовирите. В Законът за водите (ЗВ) на Република България в Приложение 1, е определен списък на язовирите със стратегическо значение, т.нар. комплексни и значими язовири, които от 1995 г. се управляват централизирано от Министерството на околната среда и водите (МОСВ).

През последните три десетилетия по време на поредици от по-сухи години много селища бяха на воден режим, поради водни дефицити. Драстичен е примерът с водната криза през 1994 г. в София, когато съществена причина за водният дефицит е било неподходящото управление на водите на яз. „Искър”.

След големите наводненията от 2005 г. в България, язовирите привлякоха вниманието на отговорните органи за управлението на водите като възможни ретензионни обеми за задържане на част от прииждащата в тях висока вълна (ВВ) и за избягване или смекчаване на наводнения след тях. Оттогава възникна и въпросът, в кои язовири и свободни обеми с какви размери могат да се поддържат постоянно или освобождават текущо за поемане на такива ВВ.

През 2011 г. по поръчка на МОСВ, Националният институт по метеорология и хидрология (НИМХ) изготвя методика за определяне на свободни обеми в язовирите и правила за управление на водите им, с цел осигуряване на свободни обеми за поемане на по-голям приток, спазване на приоритетите на водоползвателите при дефицити при многоцелево използване на язовири, както и въвеждане на режими на водоползване при недостиг на вода. Методиката е приета за Национална от Висшия консултативен съвет по водите през 2012 г. Понастоящем няма информация *Методиката* да е прилагана в практиката. МОСВ управлява източването на язовирите, като се съобразява предимно с осигуряването на свободни обеми, чийто размер не е оценен от гледна точка на задоволяване на водоползването при намаляването на полезния обем на язовира, както и на обема на висока вълна с нормативна обезпеченост. Управлението на язовирите е комплексна дейност, засягаща много интереси – както икономически, така и стратегически, екологични, социални и политически.

Управлението на водните ресурси се подпомага от съвременните технологии, каквито са и ГИС. Много ГИС-разработки от близкото минало са налични в архивите на различни институции, ангажирани с управлението на водите, но достъпът до тях е ограничен, а за повечето се изисква и специфичен софтуер. Това също подчертава необходимостта от подсигуриването на достъпна среда, за да могат да бъдат използвани съответните данни. Достъпът до такава среда може да бъде предоставен чрез web-ГИС приложенията.

Интернет-базираните ГИС-приложения са едни от най-перспективните и най-динамично развиващите се в областта на информационните и комуникационните технологии (ИКТ). Функционалността на ГИС се използва за решаване на пространствени задачи в почти всички области на живота.

Разработването на web-приложения и инструменти съобразени с нуждите на потребителите, които да са ефективни и лесни за употреба, увеличава използваемостта на потоците от геоинформационни данни. Персонализирането и интерактивното взаимодействие от друга страна регулират до известна степен свръхпренасянето на информационната среда, извличайки необходимата информация.

Разпространението на web-ГИС технологиите се ускорява и от масовото навлизане на *отворения код и свободния софтуер*, чрез които се изграждат много успешни бизнес модели, базирани основно на добавяне на индивидуална функционалност. Другият водещ фактор в разпространението на web-ГИС е бумът в развитието на мобилните технологии.

Внедряването на web-ГИС в интегрираното управление на водните ресурси е нов подход, чиито възможности се разрастват непрекъснато. Актуализациите на плановете за управление на водните басейни, плановете за управление на риска от наводнения, мерките за постигане целите на Рамковата Директива за Водите (РДВ) и Директивата за наводненията, предоставят широко поле за действие в областта на управлението на водите.

Обект и предмет на изследване

Обект на настоящето изследване е количественият аспект от управлението на водните ресурси като част от интегрираното управление на водите в рамките на даден речен басейн. За пилотен басейн е използван водосбора на р. Янтра.

Предмет на изследването е приложението на web-базираните ГИС в управлението на водните ресурси на ниво речен басейн.

Цел и задачи на дисертационния труд

Основната цел на дисертационния труд е разработването web-базирани приложения чрез използване на софтуер с отворен код, включващи динамична web-страница и web-базирана Географска информационна система, за подпомагане на управлението на водните ресурси чрез визуализация на геопространствена информация и правила за управление на значимите водохранилища в реално време, в тестови речен басейн.

За постигане на дефинираната цел са поставени следните две групи задачи:

За постигане на дефинираната цел са поставени следните две групи задачи:

А: Анализ на управлението на комплексните и значими язовири във водосбора на р. Янтра като част от количествения аспект на управлението на водните ресурси.

- Анализ на функционирането и актуалното управление на комплексните язовири;

- Анализ на обезпечеността на водоползването и управление на източването на значимите язовири;
- Оценка на актуалното водоползване при настоящия воден ресурс;
- Разработване на правила за управление (*Rule Curves*) на язовирите при настоящия воден ресурс и водоползване, чрез прилагане на Методиката на МОСВ от 2012 г. за „Определяне на обеми в язовирите по *Приложение 1 от Закона за водите* за поемане на очакван приток“.

Б: Създаване на web-базирани приложения:

- Обзор на ГИС програмните продукти с отворен код за избор на подходящи информационни продукти и софтуер за разработването на web-базирано ГИС-приложение за нуждите на изследването;
- Събиране, обработване, анализиране и оценка на наличните геопространствени данни за водосбора на р. Янтра;
- Създаване на геобаза данни;
- Разработване на web-базирано ГИС приложение за визуализация и обмен на геопространствени данни, за подпомагане на интегрираното управление на водите.
- Разработване на динамична web-страница свързана с web-базираното ГИС-приложение.

I - Състояние, подходи и водещи принципи на управлението на водите

В тази глава от дисертационния труд е разгледана еволюцията на концепцията за ИУВР - от Дъблинските принципи, през *Agenda 21* и *Целите на хилядолетието* свързани с управлението на водите до Целите за устойчиво развитие (2030). Представени са основополагащите принципи за басейновия подход заложен в Рамковата Директива за водите (РДВ, 2000).

Разгледани са също така целите, етапите и структурата на разработваните от басейновите дирекции Планове за управление на речните басейни (ПУРБ) и Планове за управление на риска от наводнения (ПУРН).

Направен е преглед на европейското и българското законодателство свързано с водите, разгледани са отговорните институции на национално ниво за управлението на водните ресурси и свързаните с водите политики.

Представена е и обобщена информация за управлението на комплексните и значими язовири от Приложение 1 на ЗВ.

II – Обзор на програмните средства за разработване на web-базирани ГИС приложения с отворен код

Тази глава разглежда предимствата на отворения код пред комерсиалния, представя видовете лицензи и организациите внедряващи и поддържащи стандартите за обмен на данни с отворен код.

За да бъде избрана подходящата програмна конфигурация за разработването на web-приложенията е направен подробен обзор на програмните средства за разработване web-базирани ГИС приложения с отворен код, съответно:

- Настолни ГИС софтуерни продукти
- Системи за управление на бази данни (СУБД) с отворен код
- Web-Мар сървъри с отворен код
- Геопространствени web услуги
- JavaScript картни библиотеки и допълнителни библиотеки за разработване на клиентската част на приложението
- Рамки за web-картографиране (Web Mapping Frameworks)

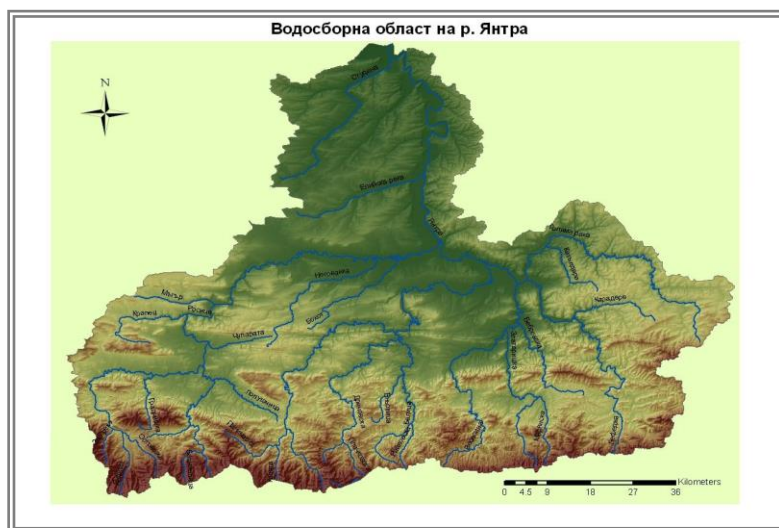
Представени са примери на популярни световни и български геопортали свързани с управлението на водите и са разгледани облачни компютърни технологии при web-базираните GIS приложения.

Разгледани са също така принципите на Директивата INSPIRE (2007/2/EC), рамката, направленията и хидрографската спецификация свързана с Директивата.

III - Информационна осигуреност, методологични подходи и район на изследване

3.1. Район на изследване

В тази подглава са резюмирани изследвания свързани с басейна на р. Янтра и е направена кратка физикогеографска характеристика на водосбора.



Фигура 3.1. Водосборна област на р. Янтра

Разгледано е предназначението на четирите комплексни язовира (*Приложение 1 на ЗВ*) във водосбора – „Александър Стамболийски“, „Христо Смирненски“, Йовковци и Ястребино, представено в таблица 3.1.

Таблица 3.1. Значими и комплексни язовири във водосбора на р. Янтра

Язовир	Населено място	Община	Област	Собственост	Експлоатационно дружество	Цел на водоползване
Александър Стамболийски	с. Горско Косово	Сухиндол	Велико Търново	публична държавна	НЕК - ЕАД	промишлено водоснабдяване, напояване и енергодобив
Христо Смирненски	гр. Габрово	Габрово	Габрово	публична държавна	"ВиК"- ООД Габрово	питейно - битови нужди и енергодобив
Йовковци	с. Йовковци	Елена	Велико Търново	публична държавна	"ВиК - Йовковци " ООД	питейно - битови нужди и енергодобив
Ястребино	с. Ястребино	Търговще	Търговще	публична държавна	НС „ЕАД“ - клон Търговище	напояване

3.2. Информационна осигуреност

3.2.1. Изходна информация за управлението на комплексните язовири

За приложението на *Методиката за определянето на обемите в язовирите по Приложение 1 (ЗВ) за поемане на очакван приток* е необходима актуална информация за извършването на водобалансови изчисления със съответни водностопански оценки.

Данните за месечните графици за използване на водите от комплексните и значими язовири са взети от web-страницата на МОСВ (<http://www.moew.government.bg/bg/vodi-povurnostni-vodi-mesechni-grafici-za-polzvane-na-vodite-ot-kompleksnite-i-znachimi-yazoviri/>).

От 2003 г. МОСВ публикува всеки месец данни за значимите язовири и по-конкретно: за **наличния в началото на месеца полезен обем, разрешените лимити за източване** с указани цели, **граничното пълнене** (при някои от язовирите), което не трябва да се надхвърля, за да са налични свободни обеми за поемане на по-голям приток.

Използвани са данните за 4-те комплексни язовира за 15 годишен период: 2003 - 2017 г.

3.2.2. Геопространствена информация за разработване на web – приложението

За геопространствените данни са използвани различни източници (Таблица 3.2.), което води до голяма хетерогенност, както и до припокривания или липси на данни при някои компоненти на околната среда.

Таблица:3.2. Източници на геопространствени данни за нуждите на приложението:

Типове данни	Източници
Климатични данни	WorldClim - Global Climate Data
Хидрологични	База данни по проект JICA AQUASTAT база данни на ФАО WISE WFD база данни EUROSTAT статистически данни за водите Данни от БД на Европейската Агенция по Околна среда (ЕЕА) Басейнови дирекции и МОСВ
Хидрогеоложки, геоложки и почви	Институт по геология - БАН
Земно покритие и земеползване	Изпълнителната агенция по околна среда
Защитени територии	Агенция по околна среда, NATURA 2000 портал
Административни и др. данни	данни от различни проекти

За целта на разработваното приложение данните са систематизирани в тематични групи: **Климат, Водни системи** (включват подтемите: *Хидрология, Мониторинг, Напоителни системи Хидротехнически съоръжения, Хидрогеология; Водостопански баланси*), **Геосистеми** (включват подтемите - *Земеползване и Защитени територии*), **Административни** и **Спомагателни данни**.

Тематична група: Водни системи включва следните подтеми:

Подтема: *Хидрология* - включва речната мрежа, езерата и блатата, границите на водосбора и подводосборирите; извори.

Подтема Мониторинг: включва хидрометричните станции, пунктове за физико-химичен и хидробиологичен мониторинг;

Подтема Напоителни системи: включва водохващания за напояване, напоителни канали, напоителни системи;

Подтема Хидротехнически съоръжения – включва ВЕЦ, пречиствателни станции, канали;

Подтема Подземни води – включва подземните водни тела и кладенци за мониторинг.

Подтема Водостопански баланси – включва водовземания от повърхностни и подземни водоизточници.

3.3. Методологични подходи на изследване

Интердисциплинарността на темата определя разнообразието от използваните методи, приложени в дисертационния труд – от методи на формализация и алгоритмизация, през статистически, хидрометрични и балансови методи, оптимизационни методи, информационни модели и картографски методи до програмиране на различни интерпретационни езици. Поради тази причина методическите подходи са разгледани в две части - по отношение на методите и подходите при управлението на водите - *методика за управление на комплексните язовири* и по отношение на разработването на web-базираните ГИС приложения.

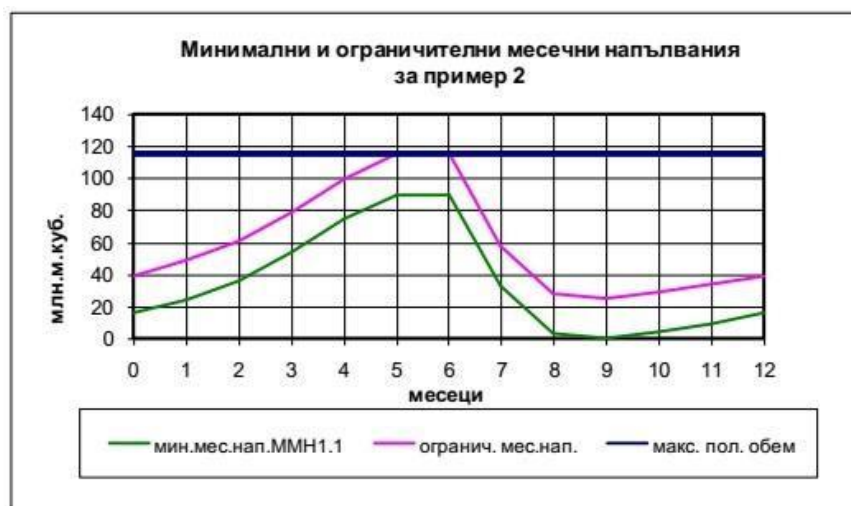
3.3.1. Методика за управление на комплексните и значими язовири

За анализа, оценката и определянето на правила за управление на значимите язовири е използвана *Методиката за определяне на обеми в язовирите по Приложение 1 от Закона за водите за поемане на очакван приток (НИМХ, 2011-12)* разработена за МОСВ.

Методиката разглежда управлението на напълването на язовирите, с цел намаляване на риска от наводнения под тях, както и задоволяване нуждите на водоползвателите според съответните приоритети определени в ЗВ. Една от целите на управлението е да бъдат избегнати остри водни дефицити. Основна предпоставка за прилагането ѝ е наличието на данни за притока в многогодишен период и за планираното потребление със зададен месечен график.

Методиката описва необходимите стъпки при определянето на свободни обеми с цел частично или пълно предотвратяване на преливания, а също така и на месечните лимити за водоподаване с разпределение на водите на язовира, съгласно приоритетите определени в ЗВ (чл. 50).

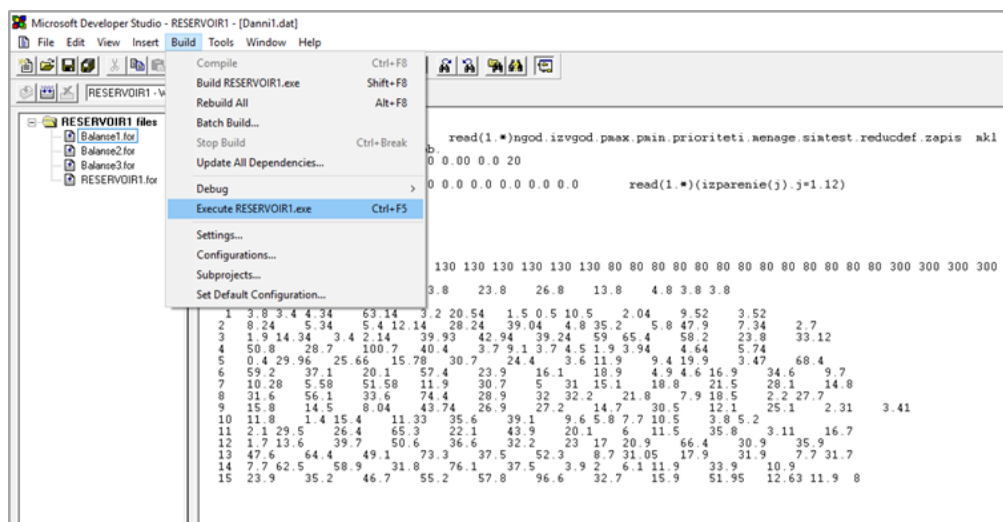
За определяне в началото на всеки месец на лимитите за изпускане на води с цел освобождаване на ретензионни обеми и за източване на води за задоволяване на водоползвателите се формулират правила за управление на язовира в реално време. За приложението им се определят така наречените **Криви на управление („rule curves“)** (Фиг. 3.3.). Кривите формират съответни зони от обема язовира, за които се предписват специфични правила на източване, когато наличното напълване в началото на месеца се намира в някоя от тях. Зоните са различни за всеки месец. Те съответстват на целите на управление на язовира и се определят чрез оценки въз основа на съществуващата хидроложка информация, необходимата обезпеченост на всеки от водоползвателите, с техните приоритети и на допълнителни приемания.



Фиг. 3.3. Примерна „крива на управление“ (източник: Методика за опр. на очакв. обеми, 2012)

Определянето на месечните лимити за водоподаване за задоволяването на нуждите на водоползвателите и изпускането на води за осигуряване на празни обеми съгласно методиката зависи само от наличния обем на язовира в началото на месеца.

Изчисленията се извършват с програмата *RESERVOIR1* (разработена на програмния език Фортран, като приложна част от Методиката) (фиг.3.6.) работеща в среда на Microsoft Developer studio. Програмата се състои от четири модула, които резглеждат водоползването при различен брой приоритети. Чрез водобалансови изчисления се симулира пълненето и празненето на язовира при различни варианти за управление на водоподаването. Тя изчислява обезпечеността на водоползвателите при заделените за тях обеми от язовира и управление на източването съобразно максимално три различни приоритета. Симулира също така изпускане и водоподаване съобразно правилата (кривите) на управление, въведени като входни данни за зададен период.



Фиг. 3.6. Интерфейс на програмата RESERVOIR1

Начинът на ползване на програмата е подробно изложен в методиката с примери за всички предвидени в нея варианти.

Друга основна задача е оценката на ретензионния обем на съответните водохранилища. Методиката описва начините за определяне на върха, формата и обема на високата вълна (ВВ) с желаните обезпечености за оразмеряване на ретензионния обем със и без преливане въз основа на данните за дневния приток в язовира за многогодишен период.. Поради липса на достъп до тях в дисертацията е извършена приблизителна оценка по метода на Стр. Герасимов за определяне на максималния отток за водосбори до 2000 km² [Методично ръководство, НИХМ, 1988]

Определяне на правилата за управление и стойностите на кривите за управление

Правилата за управление на източването на язовира се определени въз основа на актуалните функции изпълнявани от язовира съгласно графика на МОСВ през последните 15 години. Размерите на всички зони, т.е. стойностите на кривите за управление са определени чрез воднобалансови симулации с използване на 15 годишната хидроложка редица, при спазване на Закона за водите, Изчисленията са извършени съгласно методиката на МОСВ чрез програмата RESERVOIR1.

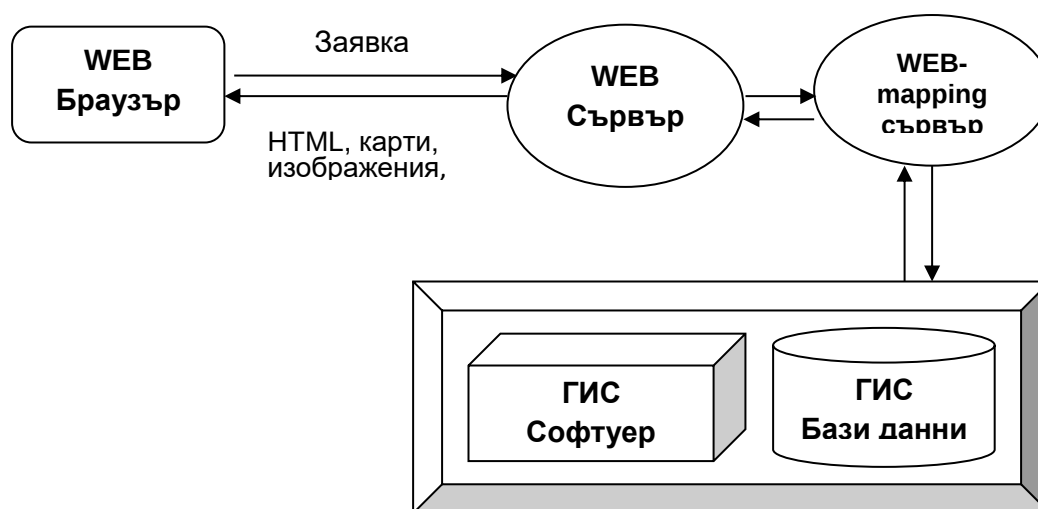
Стъпките от различните етапи на приложението на методиката са илюстрирани чрез практическото й прилагане представено в гл. 4 .

3.3.2. Методологични основи на разработването на web-ГИС приложения

3.3.2.1. Архитектура на web-ГИС приложенията

Web-ГИС приложенията използват интернет и мрежовите системи за достъп, обработка и разпространение на пространствената информация. За тях е характерна клиент-сървър архитектурата, т.е. потребителите чрез брауъра си взаимодействат с ГИС приложенията. Web-браузърът е клиент, който изпълнява функциите, а чрез web-сървъра данните се съхраняват, извличат и обработват (*Alesheikh et al. 2002; Soltanieh et al. 2003; Abel et al. 1998*).

На *фигура 3.8.* е представена основната структура на Web-базирано GIS приложение.



Фиг. 3.8. Схема на цялостната архитектура на WebGIS (*Alesheikh et.al. 2002*)

Клиент-сървър архитектурата е модел на разпределените системи, при които софтуерът е разпределен между клиента и сървъра. Клиентът е компютър или процес, който изисква услуги от друг компютър или процес (сървър) посредством определени правила (протокол). Сървърът обработва заявките и изпраща обратно резултатите. Клиентите и сървърите могат да работят в различни операционни системи, като сървърите могат да бъдат клиенти на други сървъри. Комуникацията се осъществява от web-браузърите. Многообразието при web-браузърите е огромно, като понастоящем все повече се работи върху сигурността им, тъй като именно чрез тях най-лесно се прониква в чужди компютърни системи.

Web-сървърът (Web-server) е софтуерно приложение изпълнявано от страна на сървъра. Най-разпространеният web-сървър днес е Apache, който е с отворен код. Функционалността на сървъра също може да бъде разширена чрез ASP (*Active Server Pages*), CGI (*Common Gateway Interface*), Java Servlet и др.

Логическата архитектура на web-приложенията може да бъде организирана в различен брой слоеве, като най-популярни са четирислойните приложения, които се състоят от клиентски слой (браузър), презентационен слой и слой на бизнес-логиката (зависи от съответното приложение – сървър на приложенията), които формират

междинния слой и СУБД. В зависимост от местоположението, където се извършва действителната обработка на информацията се различават два вида разпределение:

1. „Тънък“ клиент („thin“ client): обработката се извършва на сървъра
2. „Дебел“ („thick/ fat“ client) клиент: обработката се извършва на клиентската страна.

Разработването на web ГИС-приложенията обикновено преминава през няколко етапа – пилотен (задава логическата организация и концептуалната схема), прототипен (с пълни функционални възможности) и внедрителен (дава крайният информационен продукт).

Пилотният етап задава предназначението на web-ГИС приложението, след което се дефинира и създава пространствена база данни. Следва оценяването на вариантите за избор на сървър необходим за въвеждането на данните в Интернет.

В Таблица 3.3. са представени някои от основните предимства на web-ГИС приложенията.

Таблица 3.3. Предимства на web – ГИС приложенията

Предимства на web-ГИС приложенията	
Инсталация от клиента	Не е необходима инсталация, посещава се URL-адреса в web-браузъра; ниски изисквания за компютърния хардуер
Зависимост на клиента	Платформена независимост; клиентът е зависим от избора на web-браузър с поддръжка на Java Scripts (всички основни браузъри поддържат JS)
Клиентска дистрибуция	Чисто приложение; не е необходима дистрибуция до клиента
Възможности за конфигуриране от страна на клиента	динамично конфигуриране
Разпределена функционалност	Присъща е на web-базираните приложения; услугите за моделирането могат да се разпределят и управляват на географски принципи
Данни и услуги	могат да бъдат разпространявани оригиналните данни или генерирани snapshots карти
Достъп до моделите	моделите са услуга откъм страна на сървъра
Безопасност	Данните могат да бъдат криптирани при необходимост; към клиента се трансферират само резултатите от заявките, анализите и картите

Web-базираните ГИС не са разширения на функционалността на настолните ГИС софтуерни пакети, а притежават свои уникални характеристики – специфична архитектура, обработка и разпространение на данни в реално време, както и специфични услуги (*Location-Based Services* и др.)

Основните компоненти на типична web-базирана ГИС са дадени в Таблица 3.4.

Таблица 3. 4. Компоненти на web-базирана ГИС

Компоненти	
Хардуер	Централен сървърен компютър Клиентски компютри Интернет връзка
Софтуер	Web-сървърно приложение Middleware слой - за интерпретиране на заявките, пакетизирането и трансфера на данните Web-сървър Web – браузър Plug-ins, Applets Софтуер за Web-бази данни
Данни	Пространствени и атрибутивни

Използваните технологии при web-ГИС варират в зависимост от използвания софтуер. Ограниченията при web-ГИС приложенията са пряко свързани с web-технологиите (напр. надеждност на връзката, мрежови трафик, капацитет и администриране на сървърите и пр.), спецификата на работа с пространствени данни и сигурността на данните (пространствените данни трудно могат да бъдат криптирани).

3.3.2.2. Избор на програмна конфигурация за разработването на web-приложенията

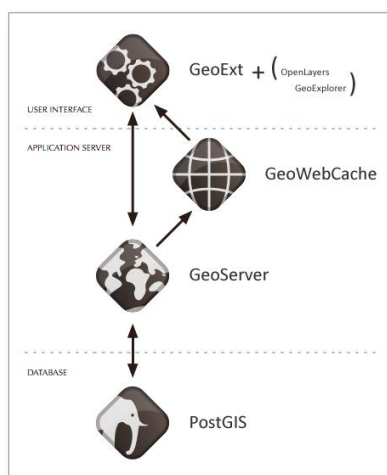
Въз основа на подробното запознаване с продуктите с отворен код за разработване на web-базирани приложения и критериите за оценка синтезирани в таблица 3.5. е подбрана съответната конфигурация за разработване на приложението:

Таблица 3.5. Критерии за избор на конфигурация за разработката на web-приложението:

Критерии за избор	
Технически параметри	Системни изисквания; Оперативна съвместимост Стабилност; Скорост на бързодействие
Обезпеченост на поддръжката	Честота на актуализиране Документация Стандарти Подкрепа от Общността (<i>разработчици и потребители</i>)
Други	Лесна интеграция, Възможности за надграждане Вградени приложения Мащабируемост Степен на трудност при изучаване

За разработката е избрана следната конфигурация с отворен код:

Софтуер	Функции
QGIS v. 2.12.3 Lyon	десктоп софтуер за обработката на данните
PostgreSQL v. 9.3 / 9.4	СУБД за създаването на геобазата данни
GeoServer version 2.8.1;	Картен сървър
OpenGeo Suite v. 4.5	с Web Mapping Application GeoExt 1.1 (JS toolkit) & GeoCash (фиг. 3.9)
OpenLayers v.3 и Leaflet v.1.0; jQuery и Bootstrap	Основни картни Библиотеки и библиотеки за разработването на клиентската част
uDig	за SLD-styles
XAMPP с Apache (включен в софтуерния пакет).	Web сървър
HTTP, CSS, JavaScript и PHP	скриптовите езици за изработването на web-страницата
Brackets (с Emmet extension), Notepad ++ и Geany (IDE).	Използваните текстови редактори при разработването на клиентската част са
plug-ins	инструменти за улеснение на разработката



Фиг. 3.9. Схема на софтуерния пакет на OpenGeo Suite (source: <http://workshops.boundlessgeo.com/suiteintro/index.html>)

След редица тестове най-удачно се оказва използването на софтуерния пакет OpenGeo Suite включващ БД, картния сървър (GeoServer), GeoExt & GeoCash (Фиг. 3.9).

IV – Интегрирано управление на водните ресурси (ИУВР). Управление на повърхностните води като част от ИУВР

Управлението на повърхностните води включва етапите на планиране и проектиране на различни водностопански съоръжения като язовири, напоителни системи, ВЕЦ-ове и други, чрез които се прави ново преразпределение на водния ресурс във водосбора и се променя схемата на използването на водите му. В дисертационния труд е приложена схемата за използване и управление на водите на р. Янтра, съставена през 2000 г. при разработването на „Генералните схеми за използване на водите в районите с басейново управление“ за МОСВ. Схемата включва съществуващите обекти на водоползване в басейна на р. Янтра като язовири, напоителни системи, канали, ВЕЦ-ове, водоснабдителни пунктове, речна система и пр.

Елемент от управлението на водите е управлението на водите на комплексните и значими язовири (*Приложение 1 към 3В*), което се извършва чрез ежемесечно планиране и източване. При извършване на тази дейност се отчита задоволяването на нуждите на напоителните и водоснабдителните системи, електро-производството чрез ВЕЦ-овете и осигуряването на ретензионни обеми при пълноводие за предпазване от наводнения.

4.1. Управление на комплексните и значими язовири в басейна на р. Янтра

4.1.1. Общи принципи на използването и управлението на язовирите

Значимите язовири от списъка на *Приложение 1 към 3В*, обект на контрол и текущо управление от МОСВ, представляват съществен елемент на управлението на водните ресурси. За определянето на правилата за управлението им е направен анализ на реалното им функциониране и след изследвания са дефинирани съответни правила.

Ролята на водохранилищата е да регулират неравномерността на притока съобразно месечното разпределение на нуждите на водоползвателите. Определянето на необходимия за тази цел полезен обем на язовира се извършва чрез симулиране на месечен воден баланс между притока и разхода за покриване на нуждите в достатъчно дълъг минал многогодишен период (изчислителен период). Изчислението се извършва итеративно при различни стойности на този обем, като се избира обема, при който се постига изискваната обезпеченост на потреблението. Тя се изчислява в проценти като отношение на броя на годините с пълно задоволяване на нуждите към броя на всички години на изчислителния период.

Актуална задача е определянето на реалната обезпеченост на водоползвателите на съществуващите язовири при наличния им полезен обем, достатъчно дълги редици от месечни обеми на притока и актуалните нужди. Поради стохастичния характер на притока, оценките имат вероятностен характер и са приблизителни.

Разработената през 2012 г. Методика за „определяне на обеми в язовирите по приложение 1 от 3В“ приета от МОСВ описва подробно отделните стъпки [*Методика за определяне на обеми в язовирите по прил. 1 от 3В, 2012.*].

Проблем с по-различен характер е управлението на обема и месечното източване на язовирите (източването се планира в началото на всеки месец) при редовната им

експлоатация. Основна цел е задоволяването на нуждите на различните потребители според техните приоритети съгласно Закона за водите [ЗВ,2000]. Значителна част от големите язовири в България трябва също така да изпълняват и ретензионни функции за предпазване от наводнения след тях, поради което е необходимо да осигуряват свободни обеми.

Основният фактор, който прави източването на язовирите управленски проблем, е променливият характер на притока в тях и невъзможността той да бъде точно прогнозиран за дълги периоди. Реалната месечна прогноза за притока не дава информация за очаквания многогодишен приток, върху какъвто в минал период, е оценен обемът на язовира. Затова тази прогноза има допълващо значение и начина на източване се регламентира чрез правила, при които определящ фактор е наличният обем на язовира в началото на всеки месец.

Стойността на този обем свързан с месеца, дава информация за възможностите на язовира да задоволява нуждите в рамките на цялата година и да ретензира висок приток. Няколко негови стойности за всеки месец ограничават зони в обема на язовира, които предписват различни правила за източването му. В западната литература линиите, които свързват съответните стойности на тези обеми за 12-те месеца в годината се наричат **криви на управление (rule curves)**. Ако в началото на месеца обемът на язовира е над най-горната линия (вж *фиг. 3.3*), е препоръчително освен за нуждите, язовирът да се източва допълнително, за да се предотврати преливане (*Сантурджиян, 2013, Йончева, 2015*). Зоната между най-горната и по-нискостоящата линия е зона за неограничено задоволяване на водоползвателите. Може да има трета линия, под която е зоната на възможния в следващите месеци воден дефицит и в нея водоподаването може да се ограничава с оглед избягване на остър недостиг. Всички тези преценки се правят според наличния обем в началото на всеки месец. Кривите са оценени въз основа на притока в минал многогодишен период, Трябва да се отбележи, че поради вероятностния характер на притока тези криви имат приблизителен характер.

За да може да се прилагат тези правила е необходимо да се правят подробни водобалансови оценки при приета концепция за разпределение на водата между водоползвателите при воден недостиг. В литературата [*Long Le Ngo, 2006, Hormwighian et.al., 2009, Termoli, 2015.*] са предложени различни оптимизационни методи за решаване на този проблем. Приетата у нас методика се основава на спазване на реда на приоритетите съгласно ЗВ. Приложението на методиката при конкретно решение за управление на яз. “Ал. Стамболийски” е показано по-нататък в дисертацията.

4.1.2. Описание на характеристиките и анализ на използването на значимите язовири във водосбора на р. Янтра

Основните водностопански съоръжения, които правят възможно рационалното използване на водите в басейна на р. Янтра са комплексните язовири - „Александър Стамболийски“, „Йовковци“, „Христо Смирненски“ и „Ястребино“. Направен е анализ на експлоатацията и начина им на управление за периода 2003 - 2017 г. и са определени правила за източването им въз основа на данните публикувани в сайта на МОСВ. За четирите язовира в разработеното web-приложение, освен геопротранствена информация са представени и данни свързани с управлението им в реално време.

4.2. Язовир “Александър Стамболийски”

4.2.1. Технически характеристики и анализ на функциониране

Яз. „Ал. Стамболийски“ е най-големия язовир във водосбора, построен е на р. Росица и е пуснат в експлоатация през 1953 г. Общият му обем е $205,6 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, а полезният обем – $185,6 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. Под язовира е ВЕЦ „Росица -1“ с мощност 7,5 МВт, през който преминават всички източени води. По-нататък по протежение на напоителните канали са разположени ВЕЦ-овете „Росица-2“ с мощност 3 МВт и „Росица-3“ с мощност 0,28 МВт. С водите от язовира се напоява Росишката напоителна система, чиято максимална площ е около 27000 ха.

Язовирът се счита за напоителен и ВЕЦ-овете работят, когато се подава вода за напояване и когато поради излишък се източва вода, за да не прелее язовира. Въз основа на данните, публикувани в сайта на МОСВ за периода 2003-2017 г. е направен анализ на функционирането на язовира и е изчислен притока в него, като се приема, че действителното източване е равно на разрешеното. Средният приток според тези данни е $290 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, при $C_v = 0,354$. Сравнени с данните от Генералните схеми за периода 1961-1998 г., притокът е намалял с 21%.

Анализът на източването на язовира през разглеждания период съгласно данните на МОСВ води до следните основни изводи:

- В графиците се предписва в язовира винаги да има ретензионен (*контролен*) обем от $10 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ до $15 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ за поемане на висока вълна (ВВ).
- Язовирът се използва като напоителен и вода само за ВЕЦ-овете се подава при избягване на препълване. В месеците без такава опасност извън напоителния сезон източването е само за минимални нужди. Това показва едно неравномерно, почти аварийно източване, както и неравномерна работа на ВЕЦ-овете.
- Нуждите за напояване през периода достигат максимално до $70 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. Това е малко повече от половината от притока с 94 % обезпеченост – $126 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ съгласно 15-годишната редица на притока. Това означава, че напояването изисква малка част от притока на р. Росица в този пункт, обемът на язовира е твърде голям и той има възможност да задоволи много по-големи нужди. Очевидно има възможност ВЕЦ-овете да работят целогодишно като независим потребител и язовирът да се управлява така, че напояването да бъде осигурено почти 100%.

От направения анализ на управлението на яз. „Ал.Стамболийски“ следва, че то е нерационално и е неизгодно за електропроизводството. Язовирът може да се източва 12 месеца в годината за електропроизводство с годишен обем равен на средногодишния приток с $24 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ средномесечно. При такъв начин на използване на язовира чрез Методиката на МОСВ [Методика, 2012] са определени правила за източването му, изчислени са стойностите на **„кривите на управление“**, които гарантират задоволяване на първостепенния потребител - напоителните системи с почти 100%.

Изчисленията са извършени въз основа на 15-годишната редица от месечни обеми, която може да се счита за представителна според Методиката, тъй като стандартното отклонение на средната ѝ стойност 26,5 млн.м³ е под 10% от тази стойност 290 млн.м³.

4.2.2. Определяне на необходимия ретензионен обем на язовира

Поради липса на данни за този обем е направена приблизителна оценка по метода на Стр. Герасимов, изложена в методиката на МОСВ [*Методика за определяне на свободни обеми в язовирите преди пълноводие, 2012*]. Чрез нея са получени ВВ със следните параметри:

ВВ1 % с връх $Q_{\max 1\%} = 1580 \text{ m}^3/\text{s}$, времетраене 45,6 часа и обем $130 \cdot 10^6 \text{ m}^3$;

ВВ 5% с връх $Q_{\max 5\%} = 1050 \text{ m}^3/\text{s}$, времетраене 50.4 часа и обем $95 \cdot 10^6 \text{ m}^3$;

ВВ 10% с връх $Q_{\max 10\%} = 760 \text{ m}^3/\text{s}$, времетраене 54,6 часа и обем $75 \cdot 10^6 \text{ m}^3$;

ВВ 20% с връх $Q_{\max 20\%} = 520 \text{ m}^3/\text{s}$, времетраене 60.3 часа и обем $56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ и

ВВ 50% с връх $Q_{\max 50\%} = 380 \text{ m}^3/\text{s}$, времетраене 65.1 часа и обем $45 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Реалистичността на тези оценки е оценена чрез сравнение на измерени високи вълни при ХМС 23250 на р. Видима, приток на р. Росица,

Като се има предвид, че през ВЕЦ-а и основните изпускатели може да се пропускат до $10,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ за 24 часа, следователно предвидения ретензионен („контролен“) обем от $15 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ може приблизително да ретензира ВВ с обем до $45\text{--}50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, т.е. ВВ с обезпеченост до 50%. При управление на язовира съгласно изготвените в дисертацията правила във всички месеци, освен юни и юли, ретензионният обем ще бъде по-голям от $15 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ и вероятността язовирът да прелее е значително по-ниска от 50%.

4.2.3. Определяне на правила за рационално управление (криви на управление)

Правилата за управление на източването на язовира са определени за актуалните планирани задачи. Това са: ретензионни функции чрез запазване на постоянен свободен („контролен“) обем от $15 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, подаване на вода за напояване на Росишката напоителна система и производство на електроенергия чрез ВЕЦ-овете „Росица“ -1, 2 и 3. Правилата зависят от начина, по който се извършват тези дейности.

В разглеждания период язовирът се използва като едноцелеви с независими водоползватели напояването, оводняването на коритото на реката $2,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ и промишленото водоснабдяване на района на гр. Павликени $1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (**НОВ**). ВЕЦ „Росица-1“ работи на подчинен на напояването режим, но през нея преминават и водите източени за поддържане на свободни обеми при голям приток. Поради липса на ясни правила, това вероятно води до трудности при вземане на решение за размера на изпускане.

Правилата за управление са определени при две опции на работа на язовира– едноцелево и двуцелево. При първата опция електропроизводството е подчинено на напояването и се предвижда ВЕЦ-овете да работят в напоителния сезон. Те ще работят на принуден режим, когато форсирано се източват водни обеми при опасност язовирът да се напълни над определено ниво, определено по правилата и кривите на управление.

При втората опция енергодобивът ще работи на независим от **НОВ** режим, като за осигуряване на необходимата обезпеченост на приоритетното водоподаване за напояването при спадането до определен воден обем в язовира ще се прекратява независимото източване за ВЕЦ.

**Правила за рационално управление (криви на управление) при Опция 2 –
двучелево използване на язовира.**

Както беше отбелязано при предходното изследване, голяма част от обема на язовира остава неизползвана, което води до непрекъснато нерегулярно изпускане на води през ВЕЦ-а. Целесъобразно е да се използва целият му полезен обем от 170 млн.м³ при редовна работа на ВЕЦ-а. Оценките са извършени съгласно обясненията в точка **IV.3.5.3. Язовири с две групи водоползватели с различен приоритет** и примерите показани в **Приложение 7** на Методиката на МОСВ.

Приема се ВЕЦ „Росица-1” да работи целогодишно с еднаква мощност и да преработва средногодишния отток от 290 млн.м³. През турбините му, когато няма воден дефицит, ще преминават средномесечно 24 млн.м³, което е напълно възможно, тъй като през турбините му месечно могат да преминат 64 млн.м³.

Обемите за **НОВ** се включват в този месечен обем, но са с първи приоритет и при изчисляване на баланса те се изключват от нуждите на ВЕЦ-а. Тогава нуждите на двата независими водоползвателя в млн.м³ ще се представят както следва:

Таблица 4.7. Месечно разпределение на нуждите на водоползвателите (млн. м³)

месец	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
напояване				4	9	20	20	23	10	1			87
промишлено водоснабд.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
екол. отток	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	33,6
сума приор.1	3,80	3,8	3,8	7,8	12,8	23,8	23,8	26,8	13,8	4,8	3,8	3,8	132,6
ВЕЦ - приор. 2	20,4	20,4	20,4	16,4	11,4	0,4	0,4	0,0	10,4	19,4	20,4	20,4	160,4
ХССР	18,6	26,7	32,9	41,0	32,5	34,9	16,7	17,4	17,0	25,8	14,1	17,3	293,0

ХССР в таблица 4.7. означава *хидрограф със средностатистическо разпределение на месечния приток (хидрограф със средномесечни стойности)*. В случая неговия годишен обем е равен на общото водоползване $293 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.

Целта при тази оценка е при използване на максималния полезен обем от 170 млн. м³ и задоволяване на първостепенния потребител със 100% обезпеченост да се определят:

- обезпечеността на енергопроизводството като се има предвид, че източените за **НОВ**. води минават през **ВЕЦ**-а;
- кривата на управление **ОМН1** (ограничаваща подаването на вода за **ВЕЦ**, ако наличният обем в язовира е под нея), с която се определя обема който е предназначен само за **НОВ**.
- кривата на управление на минималните напълвания **ММН**, под които може да има дефицит, ако годишният приток е под този с 94% обезпеченост – $132.6 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.

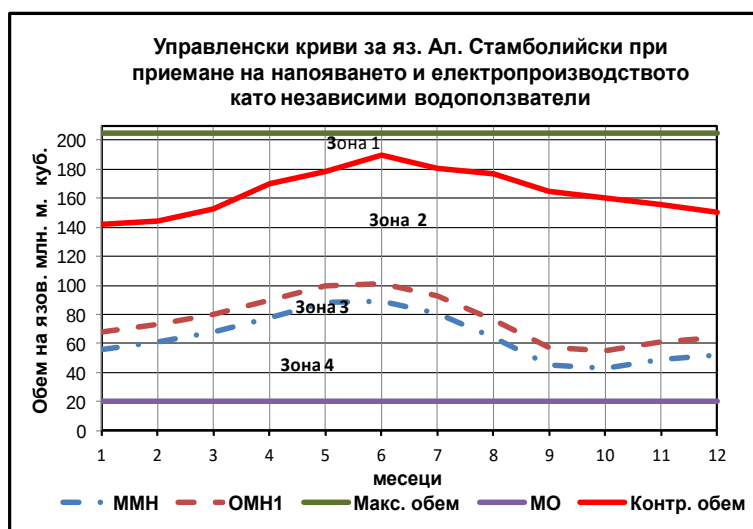
- кривата на управление *ОМН* – „Контролен обем“, която ограничава изпускането до предназначения за използване води на язовира.

Следвайки методиката са извършени необходимите изчисления със софтуера *RESERVOIR1* и са определени показаните в таблица 4.8 стойности на управленските криви.

Таблица 4.8. Стойности на кривите на управление за опция 2

Месец	ХССР	НОВ	ВЕЦ	ММН	ОМН1(1)	ОМН1	ОМН	Макс. об.
1	18,5	3,8	20,4	43	68	56	142	205
2	26,4	3,8	20,4	48	73	61	144	205
3	32,6	3,8	20,4	55	80	68	153	205
4	40,6	7,8	16,4	65	90	78	170	205
5	32,1	12,8	11,4	75	100	88	178	205
6	34,5	23,8	0,4	76	101	89	190	205
7	16,5	23,8	0,4	68	93	81	181	205
8	17,2	26,8	0	51	76	64	177	205
9	16,8	13,8	10,4	32	57	45	165	205
10	25,5	4,8	19,4	30	55	43	160	205
11	14	3,8	20,4	36	61	49	156	205
12	17,2	3,8	20,4	39	64	52	150	205
	Σ=290	Σ=132,8	160,4					

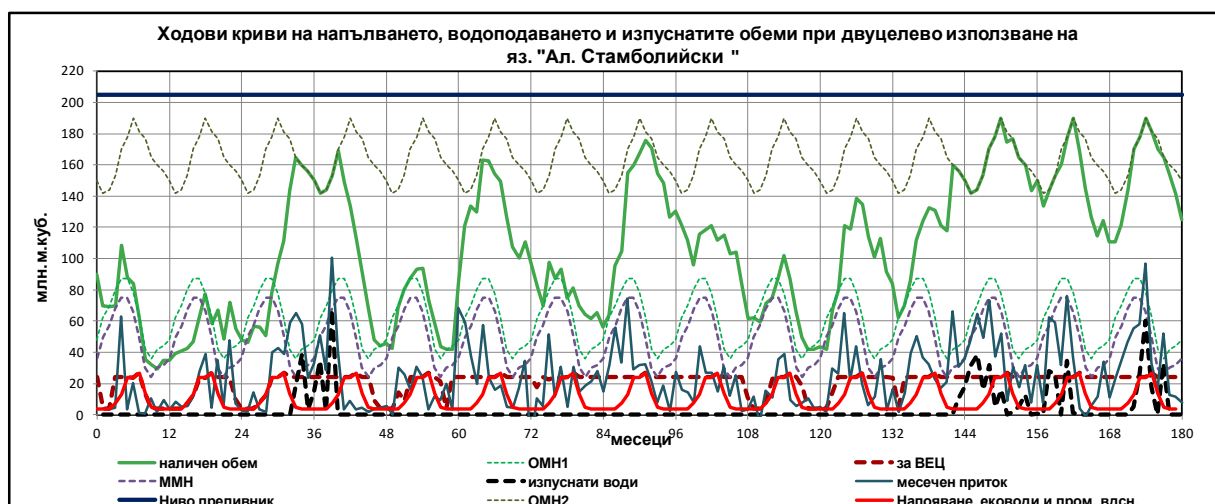
На Фиг. 4.6. са показани управленските криви при двучелево използване на язовира. Когато наличният обем в началото на месеца е над кривата „контролен обем“ (*ОМН*) се изпускат води през ВЕЦ-а (до 63 млн.м³/месечно), а когато това не е достатъчно за намаляване на обема в язовира се прибегва и до изпускателите. При наличен обем в *зона 2* се подават води 24 млн.м³ средномесечно, минаващи през ВЕЦ-а, като през напоителния сезон част от тях са за напояване. Под линията на *ОМН1*, се подава вода само за *НОВ*, която също преминава през ВЕЦ-а. При такова ползване на водите на язовира при приток, близък по обем и вариация на този в периода 2003-2017 г., е налице гарантирано производство на електроенергия със 100% обезпеченост на *НОВ*.



Фиг. 4.6. Криви на управление при двучелево използване на яз. „Ал.Стамболийски“

На фиг. 4.7 са представени резултатите от симулациите с цел верификация на правилата, показани са ходовите криви на наличния обем в язовира, източените обеми за *НОВ* и *ВЕЦ* и изпуснатите води при приемане на допустим максимален обем 190 млн.м³. Показани са също стойностите на запазените за *НОВ* обеми, зададени от *ОМН1*, на „контролния обем“ (*ОМН*) и на минималните обеми (*ММН*), получени чрез симулиране на източването на язовира за 15 годишен период съгласно управленските криви (фиг. 4.6), с притока от периода 2003-2017 г.

От графиката се вижда, че при такова управление *НОВ* е 100% задоволено, а през *ВЕЦ*-а при редовна работа за гарантирана енергия преминават 3770 млн.м³. от целия приток от 4404 млн.м³ или обемната обезпеченост на гарантираната енергия е 87%, а годишната такава отчетена от графиката е 53%. Близка до тази годишна обезпеченост имат значителна част от големите *ВЕЦ*-ове на страната. Изпуснатите води при голям приток през годините 2005-2006 и 2015-2017, както се вижда от фиг.4.7 не надминават 60 млн.м³ / месечно, което означава, че водите изцяло минават през *ВЕЦ*-а.



Фиг. 4.7. Ходови криви на напълването, водоподдаването и изпуснатите обеми при двучелево използване на яз. „Ал. Стамболийски“

Направените оценки показват, че предимствата на предлаганото двучелево използване на язовира са безспорни и не се създават трудности при прилагането на предложеното управление. Необходимо е всеки месец да се определя лимит за източване от 24 млн.м³. От тях в напоителния сезон ще се отклоняват нужните обеми за напояване, а всеки месец необходимите обеми за водоснабдяване и оводняване. Когато напълването в началото на месеца е под линията *ОМН1*, което ще се случва много рядко, източването ще е само за екологични нужди, водоснабдяване и напояване.

4.3. Язовир "Христо Смирненски"

Язовир "Христо Смирненски" е предназначен за питейно-битово и промишлено водоснабдяване на Габрово и 23 селища в района. Той е многогодишен регулатор на притока.

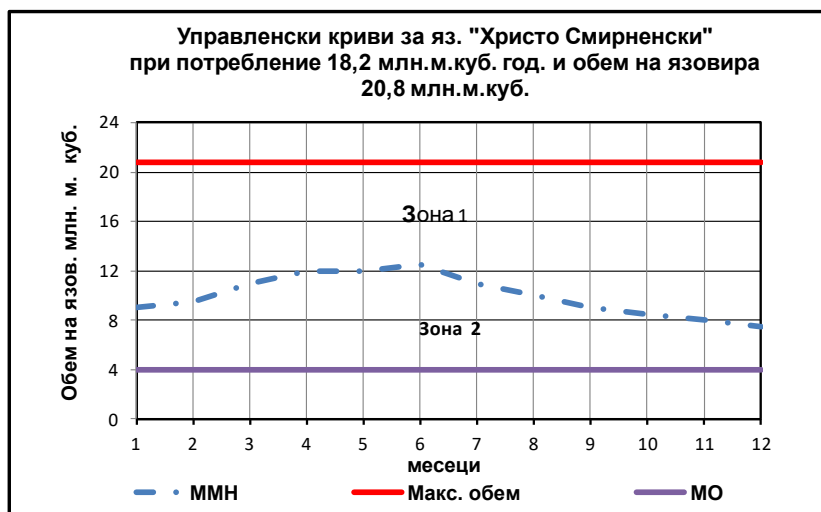
Водата за питейно-битово водоснабдяване, се отработва енергийно от подязовирната ВЕЦ. За водоснабдяване според графиците на МОСВ годишно се подават средно 28.10^6 м^3 . В последните години водният обем в язовира не трябва да надхвърля $20,8 \text{ млн. м}^3$, поради повреда в надстройката на стената. Средният приток е $24,2.10^6 \text{ м}^3$, при $C_v=0,364$. При такъв среден приток не е възможно да се обезпечи потребление от 28.10^6 м^3 с висока обезпеченост. Анализът на източването на язовира показва, че през периода 2003-2015 г. не е имало дефицити, тъй като в началото му в язовира е имало 23.10^6 м^3 .

Направени са приблизителни оценки на обезпечеността на потребление 28.10^6 м^3 при сегашния полезен обем от $16,8.10^6 \text{ м}^3$ и при максималния от $23,7.10^6 \text{ м}^3$. Също така при тези полезни обеми е изчислено потреблението, което ще има нормативната обезпеченост 95%.

И при двете стойности на полезния обем на язовира обезпечеността по години на 28.10^6 м^3 е около 50%. Около 95% обезпеченост, колкото е нормативно необходимата за водоснабдяване, има потребление $1,52.10^6 \text{ м}^3$ мес. ($18,2.10^6 \text{ м}^3$ год.) при полезен обем на язовира $16,8.10^6 \text{ м}^3$ и $1,6.10^6 \text{ м}^3$ мес. ($19,2.10^6 \text{ м}^3$ год.) при полезен обем на язовира $23,7.10^6 \text{ м}^3$.

От горепосечените резултати следва извода, че водоснабдяването на Габрово и останалите селища в дългосрочен период може да разчита с необходимата обезпеченост най-много на $1,52.10^6 \text{ м}^3$ мес. ($18,2.10^6 \text{ м}^3$ год.). При разчитане на по-големи обеми ще настъпват периоди на дефицити и ограничения. В първите 6-7 години на периода от 2003 г. до 2017 г. не е имало дефицити, защото в началото му язовирът е бил максимално пълен и този запас постепенно е намалял.

При водоподаване 20.10^6 м^3 годишно са определени кривите на управление на язовира (фиг. 4.10). Кривата на *минималните месечни напълвания (ММН)* с добавен запас от 3.10^6 м^3 , показва зоната, в която може да има дефицит, ако годишният приток бъде по-малък от потреблението 20.10^6 м^3 с обезпеченост над 55% и крива ограничаваща изпускането на води с цел непревишаване на ограничения поради повреда в надстройката общ обем от $20,8.10^6 \text{ м}^3$. Последната крива може да се приеме като определяща максималния обем на язовира (20,8), поради възможността да се ограничава притока от събирателния канал „Янтра“.



Фиг. 4.10. Криви на управление за яз. „Хр. Смирненски“

4.4. Язовир "Йовковци"

Язовир „Йовковци“ служи за питейно-битово водоснабдяване на градовете Велико Търново, Горна Оряховица, Лясковец, Полски Тръмбеш, Дряново, Елена, Златарица и селищата в района.

Язовирната стена е с общ обем на езерото при кота НВРВН – 92 млн.м³, полезен обем – 83 млн.м³, мъртав обем - 9 млн.м³. В долния участък на напорния водопровод е изградена ВЕЦ „Веселина“.

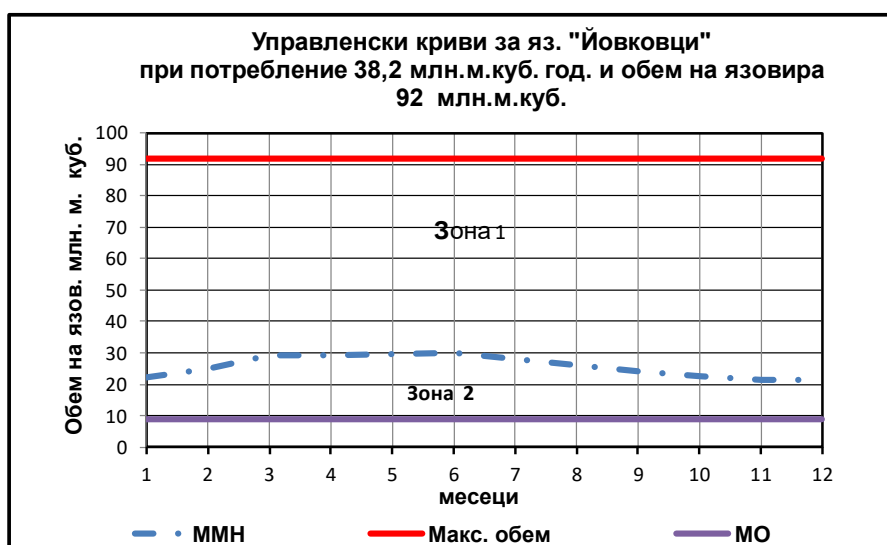
Язовирът е едноцелеви – за водоснабдяване и ВЕЦ-ът използва водите подадени за водоснабдяването. Средногодишно се подават 38,5.10⁶ м³ за водоснабдяване. Регулирането е многогодишно. Няма предписания за запазване на ретензионен обем. През 15 годишния период на наблюдение не е имало дефицити.

Средният приток според данните в сайта на МОСВ е 36,3 10⁶ м³, при $C_v = 0,300$. Според данните от Генералните схеми средният приток в язовира за периода 1966-1998 г. е изчислен на 59. 10⁶ м³ при $C_v = 0,408$. Очевидна е голямата разлика.

Възниква въпроса за превишението на средното потребление 38,2.10⁶ м³ над средния приток 36,3.10⁶ м³, което при изграждането на язовира не е било налице. Налице е почти пълно многогодишно регулиране на притока, тъй като полезният обем на язовира е над два пъти по-голям от потреблението, а потреблението е малко над средния приток и е с обезпеченост около 45%. Цели се висока обезпеченост, близка до 100%. Поради краткия период от 15 години и големия обем на водохранилището от съществено значение е началното напълване на язовира.

В разглеждания 15 годишен период няма дефицити, тъй като той е започнал при пълен язовир с 83. 10⁶ м³ и завършил в същия месец след 15 години с 20. 10⁶ м³ по-малко. При достатъчно дълъг период, ако притокът запази средната си стойност и коефициента си на вариация, при потребление над средния приток би трябвало язовирът постепенно да се изпразни и да има дефицити.

Водобалансовите изчисления показват, че за да има 95% обезпеченост по години при равномерно подаване на 3,2.10⁶ м³ месечно за водоснабдяване, язовирът в началото трябва да е пълен до 43. 10⁶ м³, което понастоящем е налице.



Фиг. 4.13. Криви на управление на яз. „Йовковци“

При такова водоподаване кривите на управление (фиг. 4.13) на язовира могат да бъдат само две - ММН, показваща зоната, в която може да има дефицит, ако годишният приток бъде с обезпеченост над 45% (обезпечеността на годишен приток $38,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3$) и линията на максималния обем $92 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. При определяне на стойностите на кривата ММН е добавен запас от $10 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, тъй като обезпечеността от 45% на притока равен на потреблението е много малка и рискът да има дефицити е висок – 55%. При добавяне на запаса може да се осигури до 75% обемна обезпеченост на водоподаването през годината, ако притокът бъде с 95% обезпеченост, т.е. приблизително $18 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, вместо очакваните $38 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.

4.5. Язовир "Ястребино"

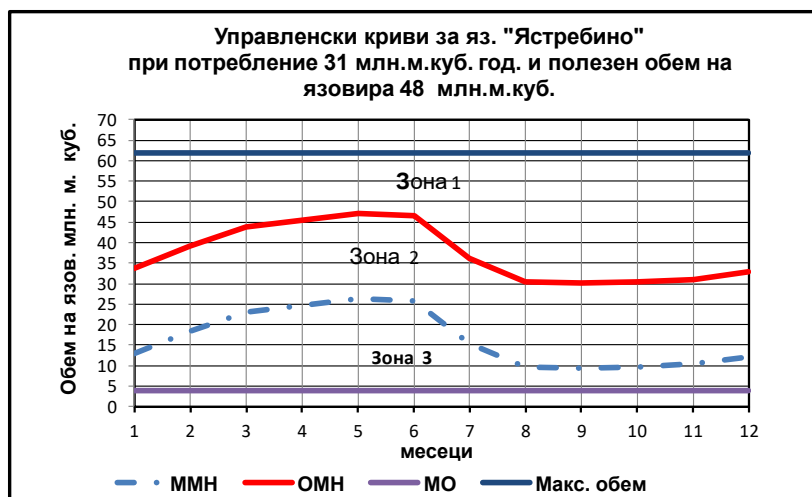
Яз. "Ястребино" е най-големият язовир в област Търговище (от 1967 год.), с основно предназначение - напояване на напоителна система „Попово“, с площ около 11300 ha, общ обем - $62,3 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, полезен обем - $58,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, без подязовирна ВЕЦ.

Анализът на източването на язовира през разглеждания период показва средното потребление за напояване е около $26,5 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ при максимални и минимални значения съответно $33 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ и $18 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ и $0,34 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ за оводняване и водоснабдяване. Не е имало дефицит за водоползването. В заповедите на министъра на ОС се указва да не се пълни повече от $48 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ от полезния обем, което по всяка вероятност е за осигуряване на свободен обем за ретензия на ВВ.

Средният приток според данните в сайта МОСВ е $31,0 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, при $C_v=0,402$. Според данните от „Генералните схеми..." средният приток в язовира за периода 1966-1998 г. е изчислен на $134 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ при $C_v=0,408$. Налице е необяснимо голямо, повече от 4 пъти, намаление на притока в язовира, което вероятно се дължи на някаква грешка. Редицата от годишни обеми е с голяма вариация и не е представителна, което прави воднобалансовите оценки на обезпечеността на напояването ненадеждна и поради това безсмислена.

От месечните графици се вижда, че при използване само на част от полезния обем, достигащ в някои години до $48-50 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, нуждите се задоволяват напълно. В графиците има указания за запазване на $10 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ свободен обем за ретензия на ВВ. Практиката показва, че това е възможно и не са необходими оценки.

При този язовир са определени две криви за управление – ОМН за осигуряване на ретензионния обем и ММН с добавен запас от $5 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ за ограничаване на зоната на възможния дефицит при очакван приток $31,0 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ с 44% обезпеченост.



Фиг. 4.16. Криви на управление на яз. „Ястребино“

4.6. Заключителна оценка на управлението на комплексните язовири във водосбора на р.Янтра.

Наблюдава се съществено намаление на оценения приток на четирите язовира в периода 2003-2017 г, в сравнение със същия за периода 1961-1998 г., оценен при изготвянето на „Генералните схеми...” през 2000 г.

От графиците на МОСВ се вижда, че не е имало водни дефицити за разглежданите язовири през 15 годишния период. Направените оценки на обезпечеността показват, че при сегашното напълване на многогодишните изравнители са налице необходимите обезпечености на актуалното потребление.

Анализът на функционирането на яз. „Ал. Стамболийски” показва, че язовирът се управлява нерационално. В дисертацията е предложено по-рационално управление на водите му чрез включване на електропроизводството като независим водоползвател и са разработени съответни правила за управлението на язовира.

Чрез прилагането на *Методиката*, за първи път след разработването ѝ са извършени водобалансови изследвания и оценки за определяне на криви на управление, заграждащи зони на управление, за които важат специфични правила на източване. Тези оценки са в степен на готовност за предлагане на МОСВ, или други управляващи субекти, с цел практическото им приложение при управлението на язовирите във водосбора.

V - Разработване на web-базирана информационна ситема за басейна на р.Янтра

Разработването на прототип на web-базираната информационна система за визуализация на геопространствена информация, данни и правила за управлението на комплексните язовири включва три основни етапа – разработване на web-базирано ГИС приложение, на динамична web-страница и на оперативни таблици и графики за управлението на язовирите.

5.1. Концептуален модел на web-базираната информационна ситема

Концептуалният модел на информационната система за подпомагането на управлението на водите интегрира три основни компонента – web-базирано ГИС приложение, динамична web-страница и онлайн-базирани оперативни таблици и данни, включващи кривите за управление на комплексните и значими язовири, и предоставящи възможност за въвеждане на информация необходима за управлението им в реално време (фиг.5.1).



Фиг. 5.1. Концептуален модел на информационната система за подпомагане на управлението на значимите язовири като компонент от ИУВР

5.2. Подготовка на данните за web-приложението

Наличните геопространствени данни са обработени и систематизирани чрез софтуера QGIS. Включените в приложението слоеве са основно векторни, което увеличава бързодействието му. Използвана е координатна система *WGS 84/ UTM zone 35N*, която при мигрирането на слоевете към картния сървър – GeoServer е трансформирана в *EPSG:32635*.

Обработени са над 70 слоя, систематизирани в тематични групи, като за настоящата версия на web-приложението са селектирани **42** слоя .

5.3. Геобаза данни за водосбора на р. Янтра

За създаването на базата данни (БД) е използван *PostgreSQL/PostGIS*. За управлението на БД е използван инструмента за администриране **pgAdmin-GUI**. Чрез *PostGIS export/import manager (DBF Load Exporter)* shape-файловете са прехвърлени в *PostgreSQL* базата данни и допълнително конфигурирани. При прехвърлянето са попълнени данните за схемата (*scheme:public*), за геометрията и за SRID (*Spatial Reference Identifier*) – уникалният пространствен идентификатор, определящ свързаността на елементите със специфична координатна система – в случая 3857 (за *WGS 84*). Пространствените индекси се генерират автоматично при прехвърлянето.

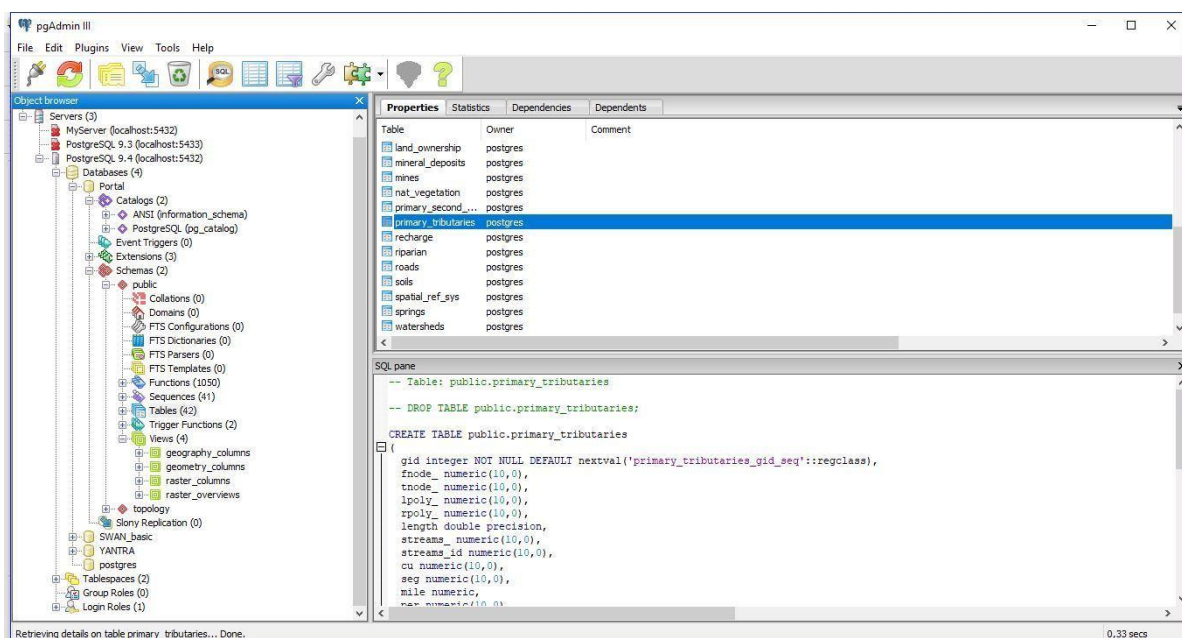
Съответните данни от импортираните слоеве в базата данни могат да бъдат разгледани в табличен вид (фиг.5.4.)

	gid [PK] integer	IF_ID integer	Name_bg character varying(50)	Name_en character varying(50)	IS_ID integer	IS_bg character varying(50)	IS_en character varying(50)	Branch_bg character varying(50)	Branch_en character varying(50)
1	1	2031	Водохвощане "Яз. Стамболийски"	Яз. Стамболийски	36	НС Росица	Rositsa IS	Велико Търново	Veliko Tarnovo
2	2	2011	Водохвощане от р.Росица "Бент Бала"	Бент Бала	36	НС Росица	Rositsa IS	Велико Търново	Veliko Tarnovo
3	3	2083	Водохвощане яз.Карайсен	Карайсен	37	НС Карайсен	Karaysen IS	Велико Търново	Veliko Tarnovo
4	4	2138	Водохв. "Янтра"	Янтра	139	НС Янтра НП Брестовица	Yantra IS Brestovitsa IA	Русе	Ruse

Фиг.5.4. Атрибутивната информация прехвърлена в базата данни

Другият удобен вариант за прехвърлянето на shape-файловете е чрез инструмента SPIT (*Shapefile to PostGIS Import tool*) на QGIS.

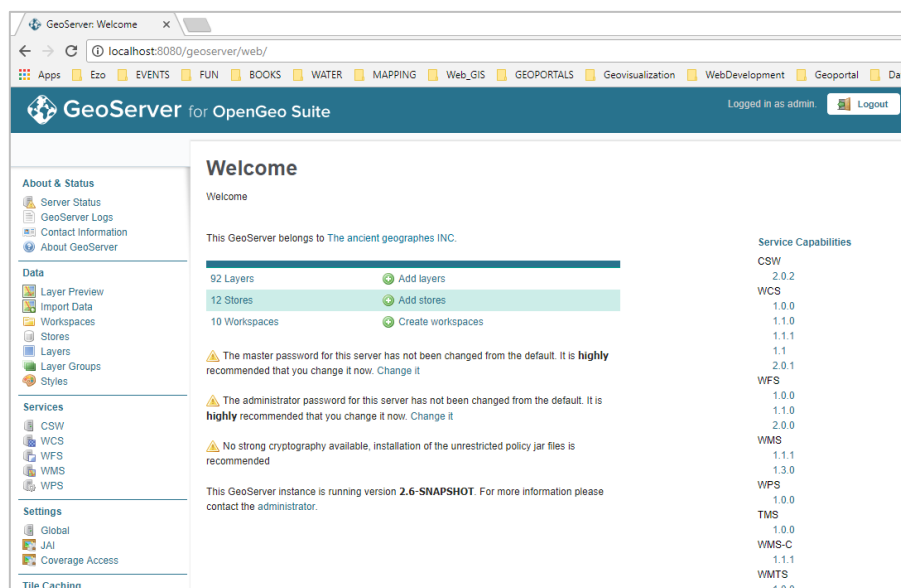
Създадената база данни в PostgreSQL (Фиг.5.6.) към момента съдържа атрибутивната информация от 42 слоя. Използвани са и двата инструмента за прехвърляне на слоеве към БД. При експортирането на shape-файловете от тип „multipolygon“, инструментът SPIT на QGIS даваше грешки.



Фиг. 5.6. Базата данни за водосбора на басейна р. Янтра в PostgreSQL

5.4. Картен web-сървър - GeoServer

Инсталираният за целта на разработването на web-приложенията картен web-сървър е Geoserver v.8.2.1. (фиг. 5.7)



Фиг. 5.7. Графичен интерфейс на началната страница на Geoserver

Стартирането на картния сървър се извършва чрез *url*: <http://localhost:8080/geoserver/web/>. За администрирането му е нужно удостоверяване - *User name & Password*.

Основните функции, които изпълнява картният сървър са три:

1. Генериране на карти, чрез използване на специално създадени протоколи за пренос на географска информация. (*WMS*, *WFS*, *WPS* и пр.);
2. Отговаряне на основни заявки за съдържанието на съответна карта;
3. „Инструктиране“ на други програми, какви карти могат да генерират и кои от тях могат да бъдат потърсени допълнително.

Стандартният web-браузър изпраща заявка към map-сървърта чрез *Uniform Resource Locators (URL)*. Съдържанието на URL адреса зависи от това, коя от трите типа дейности е заявена. Всички URL-адреси съдържат спецификация на номера на версията на web-картографиращата технология и типа заявка на параметъра. Услугата представлява програма, която комуникира чрез размяна на XML-съобщения към *http*. Web-услугите, които могат да бъдат ползвани от GeoServer са съответно *WMS*, *WFS*, *WCS*, *WPS*, *CSW*, *TMS*, *WMTS* и *WMS-C*.

При генерирането на съответна карта, параметрите на URL адреса посочват коя част трябва да бъде картирана, използваната координатна система, типа на информацията, която да бъде визуализирана, предпочетеният изходен формат, също така могат да се указват размера на изходния файл, рендъринг-стила или други параметри (Фиг.5.8.).

За да бъде подадена заявка за съдържанието на съответна карта, параметрите на URL адреса посочват каква карта е заявена и кое местоположение от нея е изискано (*OGC specifications*). Основните заявки за WMS услугите могат да бъдат: *GetMap*, *GetFeatures*, *GetCapability*.

Съответните заявки към Geoserver изглеждат по следния начин:

Пример за WMS заявка:	Пример за WFS заявка:
<pre> <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <ogc:GetMap xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ows" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml" version="1.1.1" service="WMS"> <StyledLayerDescriptor version="1.0.0"> <NamedLayer> <Name>topp:states</Name> <NamedStyle><Name>population</Name></NamedStyle> </NamedLayer> </StyledLayerDescriptor> <BoundingBox srsName="http://www.opengis.net/gml/srs/epsg.xml#4326"> <gml:coord><gml:X>-130</gml:X><gml:Y>24</gml:Y></gml:coord> <gml:coord><gml:X>-55</gml:X><gml:Y>50</gml:Y></gml:coord> </BoundingBox> <Output> <Format>image/png</Format> <Size><Width>550</Width><Height>250</Height></Size> </Output> </ogc:GetMap> </pre>	<pre> <wfs:CreateStoredQuery service='WFS' version='2.0.0' xmlns:wfs='http://www.opengis.net/wfs/2.0' xmlns:fes='http://www.opengis.org/fes/2.0' xmlns:gml='http://www.opengis.net/gml/3.2' xmlns:myns='http://www.someserver.com/myns' xmlns:topp='http://www.openplans.org/topp'> <wfs:StoredQueryDefinition id='myStoredQuery'> <wfs:Parameter name='AreaOfInterest' type='gml:Polygon'> <wfs:QueryExpressionText returnFeatureTypes='topp:states' language='urn:ogc:def:queryLanguage:OGC-WFS::WFS_QueryExpression' isPrivate='false'> <wfs:Query typeNames='topp:states'> <fes:Filter> <fes:Within> <fes:ValueReference>the_geom</fes:ValueReference> \${AreaOfInterest} </fes:Within> </fes:Filter> </wfs:Query> </wfs:QueryExpressionText> </wfs:StoredQueryDefinition> </wfs:CreateStoredQuery> </pre>

За публикуването на shapefile-слой се изисква предварителната му подготовка – необходимо е да има проекция (*.prj файл), след което се добавя в директорията за данни на Geoserver (по подразбиране: geoserver/data_dir/data/) Създава се ново работно пространство – workspace - „Add new workspace“.

Публикуването на всеки shape-файл като слой в GeoServer преминава през няколко основни стъпки:

- Дефиниране на източник на данни - Store
- Създаване на слой – Layer
- Генериране на описващ правоъгълник на слоя
- Дефиниране на стил за изобразяване на слоя
- Валидиране на стила

Дефиниране на стил за изобразяване на слоя чрез *Styled Layer Descriptor (SLD)*

В web-картографията, SLD-дескриптора е XML-схема за описване на външния вид на слоевете на картата, създадена от *Open Geospatial Consortium (OGC)*. Може да описва както векторни, така растерни данни. Употребява се при Web Map Service (WMS), за да „даде инструкции“ как да бъде изобразен определен слой.

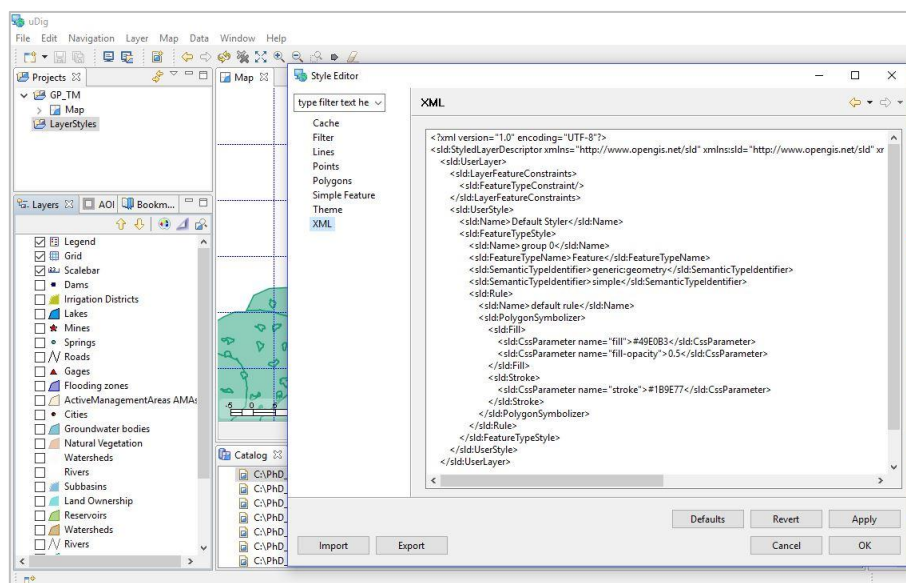
Понастоящем SLD-спецификацията е разделена на две нови спецификации - символно кодиране (**SE**) и дескриптор на слоевете (**SLD**).

" SLD " спецификацията съдържа само протокола за комуникация с WMS относно стила на даден слой. Действителното описание на символите вече се задава в спецификацията за кодиране на символите.

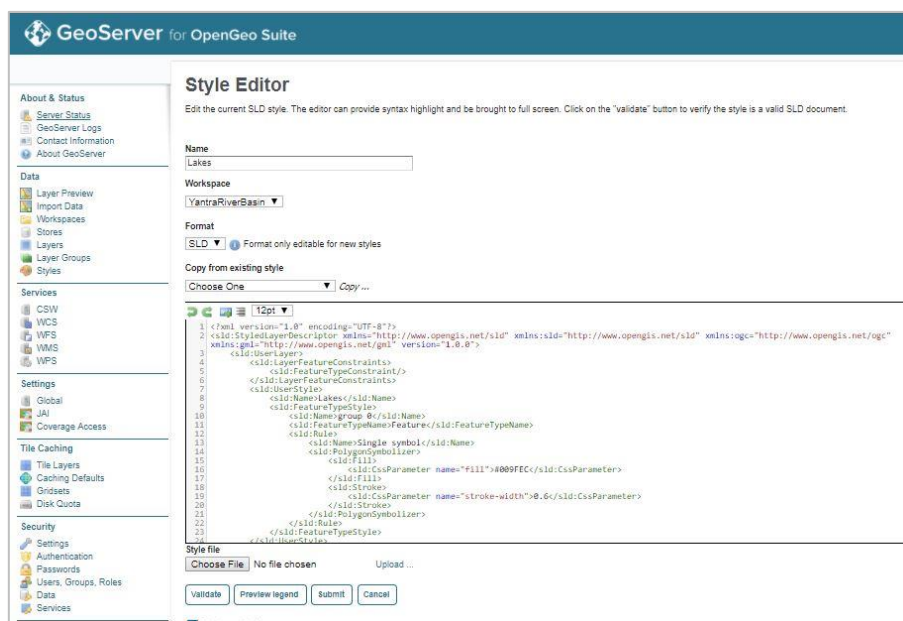
За целта на разработката SLD-файловете са генерирани чрез прилагането на Java-базирания софтуера с отворен код **uDig**.

Оформянето на легендите със Style Editor на uDig е удобно и бързо, менютата са интуитивни и предлагат изчистена функционалност, като sld-файловете могат да бъдат директно експортирани в xml-схема. uDig има възможност и за пряка комуникация с GeoServer, което е допълнително улеснение за трансферирането на xml-схемите.

Чрез Style-editor в uDig са генерирани sld-файлове за всеки от слоевете на приложението, като съответните им XML-схеми са експортирани към GeoServer и валидирани (Фиг. 5. 10 и Фиг. 5. 11).



Фиг. 5. 10. Експортиране на XML-схемата (в случая за слой „ерозионна уязвимост“)



Фиг. 5.11. Трансферираната XML-схема в Style Editor на GeoServer

SLD-файловете са валидирани и съответните слоеве са качени на GeoServer (фиг. 5.12).



Фиг. 5.12. Интерфейс на добавените слоеве в GeoServer

5.5. Клиентски компонент на web-базираното ГИС-приложение

Добавяне на слоеве към приложението

Чрез Geoexplorer (част от *Opengео suite пакета*) са добавени слоевете от картния сървър, както и съответните им стиловете и е интегрирана базовата функционалност на web-приложението (фиг. 5. 16).

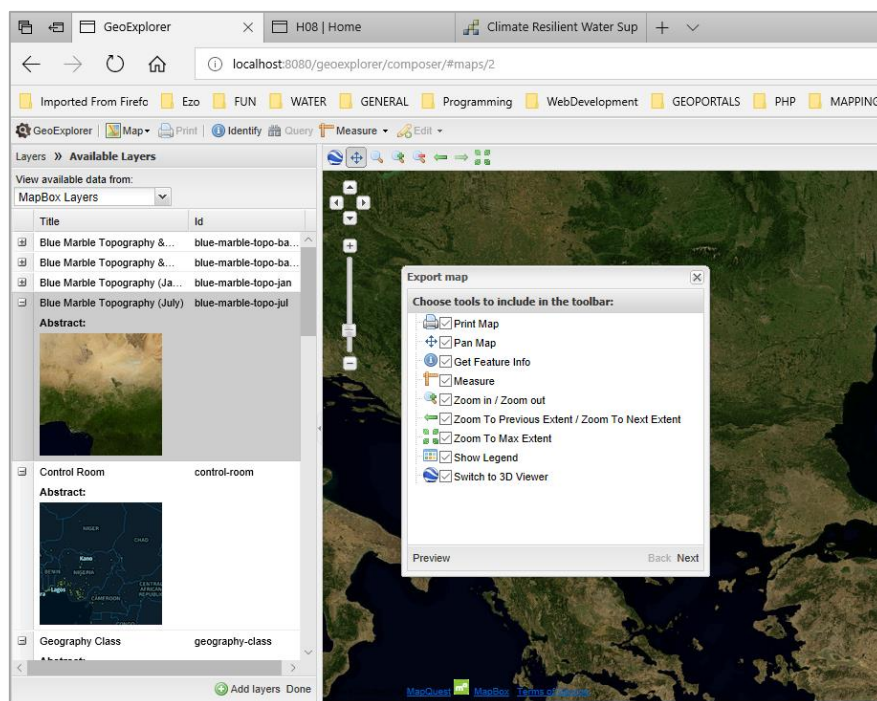
GeoExplorer (Map Viewer) (suite.opengео.org/opengео-docs/geoexplorer/index.html) е web-базирано приложение, за съставяне и публикуване на карти. С *GeoExplorer* могат да се композират картите от картния сървър – в случая GeoServer и да се интегрират с хоствани карти, като например OpenStreetMap, Google Maps и др.

Картни основи (baseline maps)

В процеса на разработването на приложението бяха тествани голям брой базисни карти. При избора на подходящи за целта на приложението картни основи, бяха съблюдавани критериите за бързодействие и свободен достъп (за голям брой карти се изискват „ключове“, за получаването на които е необходима допълнителна регистрация, но също са свободно достъпни). За пилотната разработка бяха подбрани три основни базови карти - *Open Street Map (OSM)* – базисна, *Imagery map – ESRI Imagery* и *Topo – Open Topo Map*.

5.5.1. Основна функционалност на web-ГИС приложението

Чрез Geoexplorer е интегрирана базовата функционалност на web-приложението (фиг.5.16.). Включена е стандартната функционалност предлагана от интерфейса представена в таблица 5.2.



Фиг. 5.16. Стандартна функционалност на web-ГИС приложението

Таблица 5.2. Стандартна функционалност на web-ГИС приложението

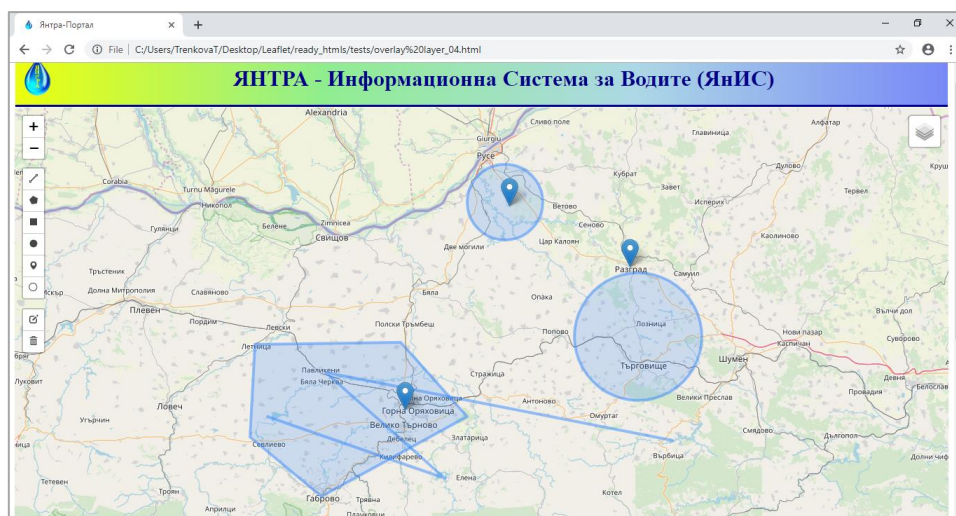
Бутон	Функция	Описание
	Layer Switcher	Показва списък със слоевете и включва и изключва слоеве
	Print	Създава PDF документ на текущия изглед
	Pan map	Преместване по картата
	Identify	Показва атрибутите на обекта
	Measure tool	Измерва разстояния или площи
	Zoom in	Приближава изгледа с една стъпка
	Zoom out	Отдалечава изгледа с една стъпка

5.5.2. Добавяне на допълнителна функционалност

За разработването на клиентската част е инсталиран Apache web-сервър, чрез инсталирането на цялостната среда за разработка XAMPP. XAMPP е безплатна платформа с отворен код за web сървъри, включваща Apache HTTP сървър, MariaDB база данни и интерпретатори на скриптове за PHP и Perl програмираните езици.

Чрез HTML, CSS и JavaScript е добавена допълнителна функционалност към сорс-кода на приложението, вграждайки разработен код на различни плъгини (*добавки, plugins*).

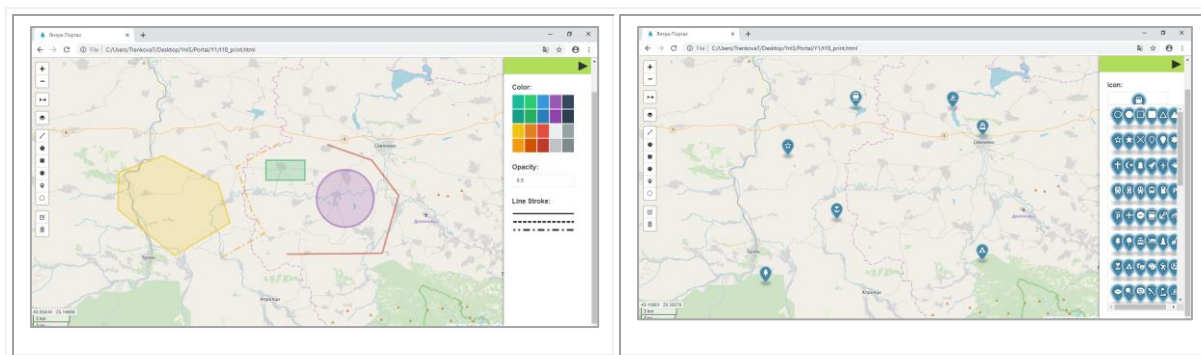
Добавен е plugin за въвеждане и редактиране на полилинии, полигони, за прибавяне на маркери и пр. (фиг. 5.18 а).



фиг. 5.18 а. Plugin за редактиране

Plug-in за редактиране на **стилове** (Style Editor)

Интегрираният **Plug-in** включва промяна на цветовете при редакция, на стиловете на полилиниите и полигоните, промяна на иконките на маркера (предлага голям набор от иконки) и др..



Фиг. 5.19. Plug-in за редактиране на стилове (Style Editor)

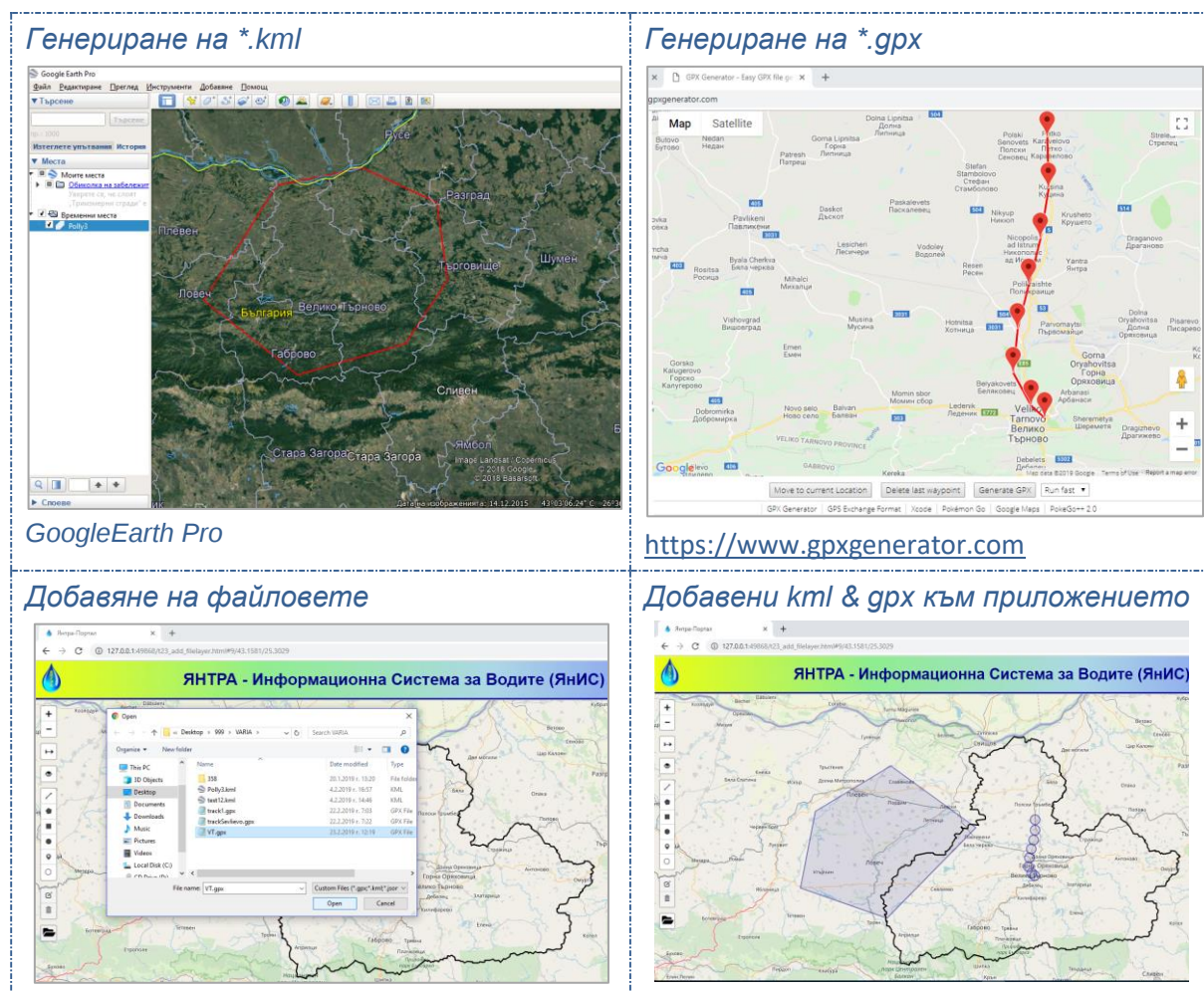
Плъгин за търсене – OSMGeocoder

Вграден е OSMGeocoder плъгин, който дава възможност за търсене. В полето за търсене се въвежда съответното име на селище и като резултат получаваме геолокацията му.

Plug-in за добавяне на **GeoJSON, KML, GPX** – файлове

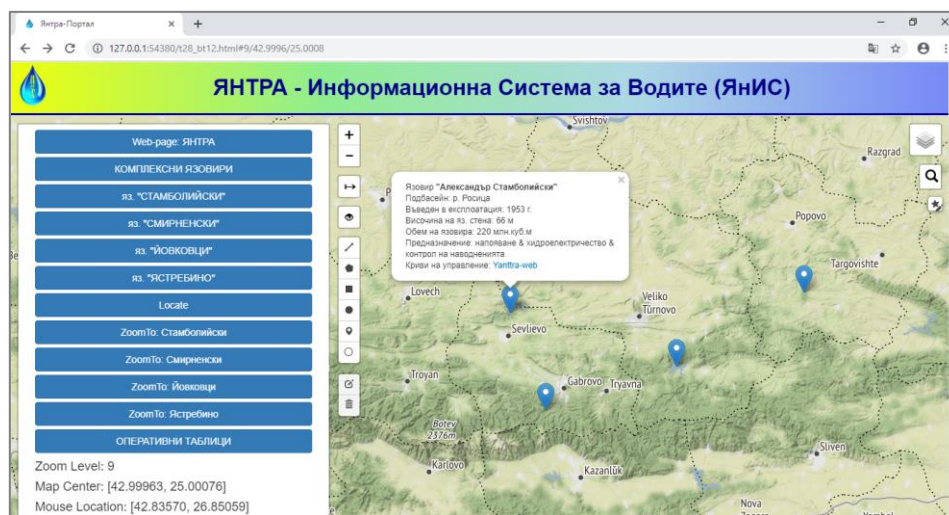
Предоставя възможност за зареждане на файлове от тип *GeoJSON, KML* и *GPX* като слоеве върху основната карта. Тази функционалност е полезна за въвеждане на

GPS-тракове (чрез добавяне на GPX-файлове, за въвеждане на векторни слоеве чрез GeoJSON-файлове и добавяне на файлове от Google Earth чрез kml-файловия формат).

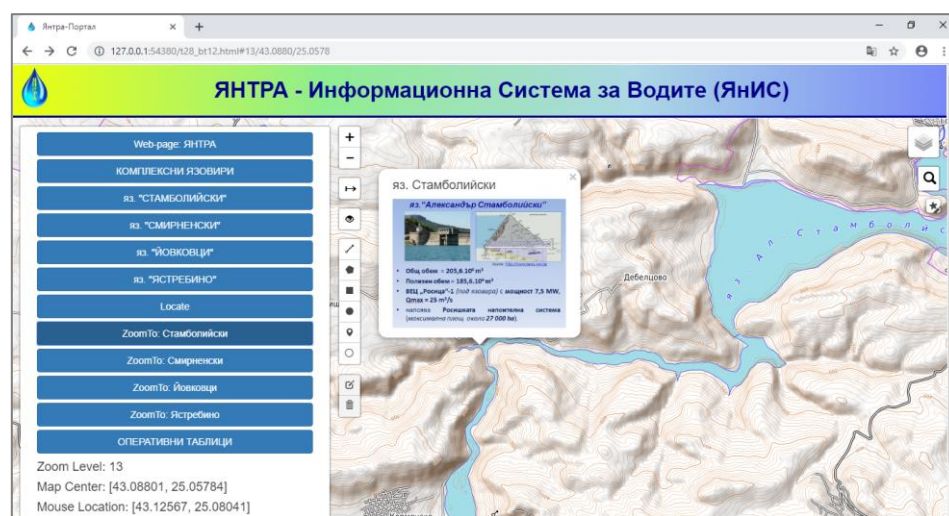


Фиг. 5.21. Пример за добавяне на KML- и gpx-файлове към приложението

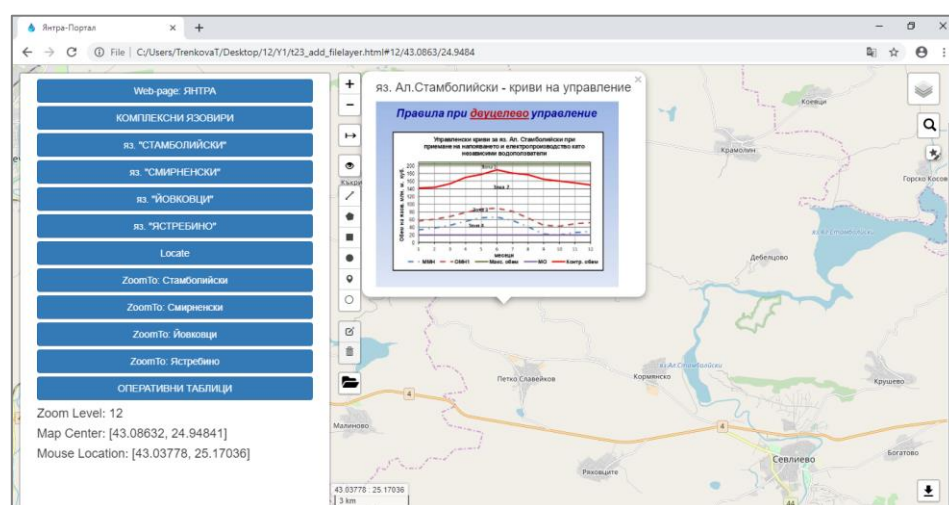
За целта на управлението на водите в web-приложението е разработено меню с бутони пренасочващи потребителите, към техническите характеристики на комплексните язовири в басейна на р. Янтра или към кривите им на управление (вж. *фиг. 5.22, 5.23 и 5.24* и **Приложение 3**). На *фиг. 5.22*. е показан слой на комплексните язовири в басейна на р. Янтра, който е достъпен и чрез бутон комплексни язовири.



Фиг. 5.22. Слой комплексни язовири в басейна на р. Янтра



Фиг. 5.23. Бутон Zoom to: **Стамболийски** - показва техническите характеристики на яз. „Александър Стамболийски“



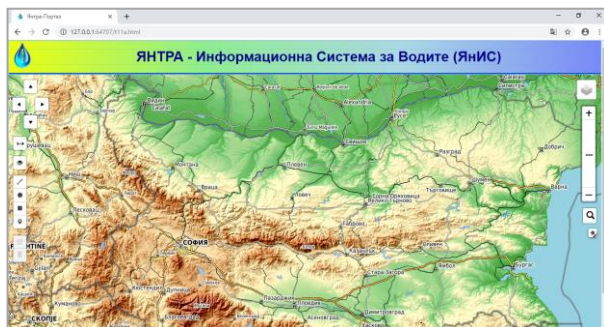
Фиг.5.24. Бутон: **яз.Стамболийски** - показва кривите на управление (за *двучелово управление*)

Забележка: В Приложение 3 са показани функциите на останалите бутони.

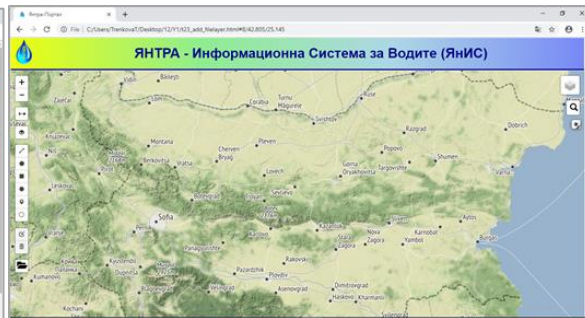
Разработена е и английска версия на приложението, но атрибутивната информация от слоевете е основно на български език.

В Приложение 3 - Информационна система за водите на р. Янтра - „ЯНИС“ са показани основни характеристики и възможности на ГИС-приложението и останалите компоненти от web-базираната система.

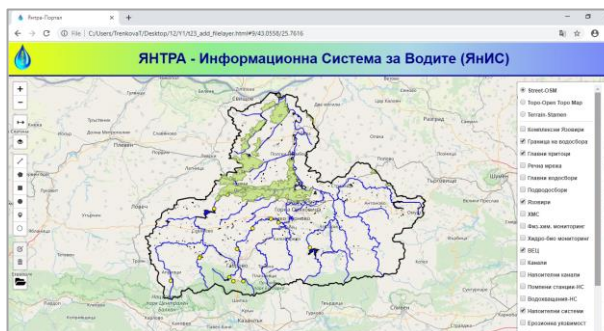
Извадка от Приложение 3 – Информационна система за водите на р. Янтра



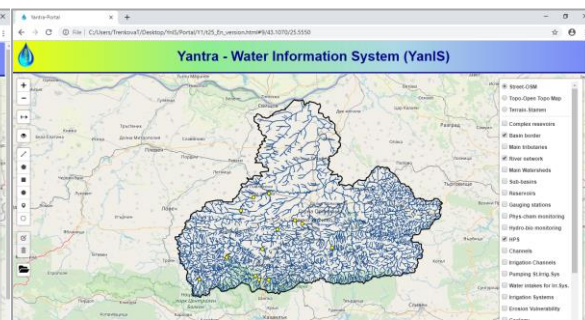
Основен картен слой – *Open Topo Map*



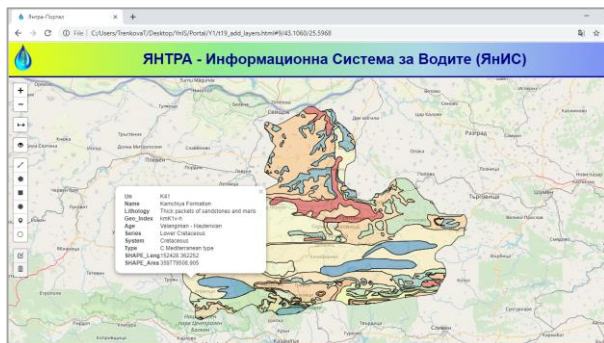
Основен картен слой *Terrain-Stamen*



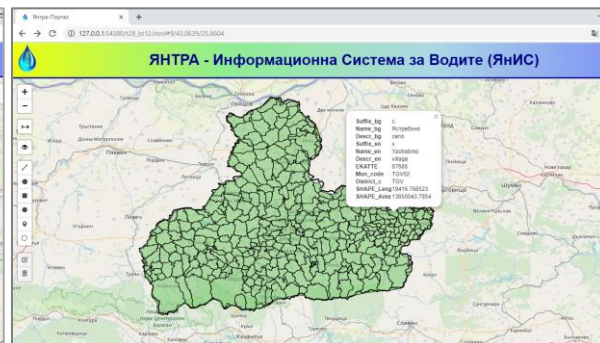
Графичен интерфейс на приложението



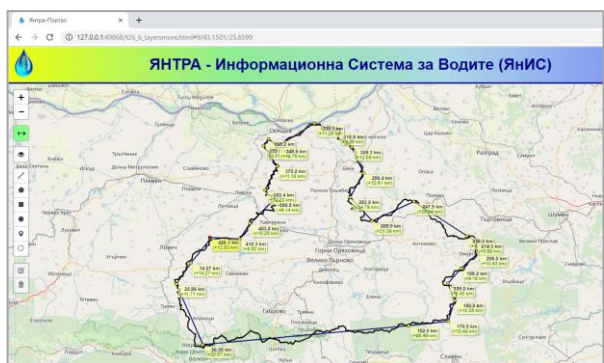
Графичен интерфейс - английски вариант



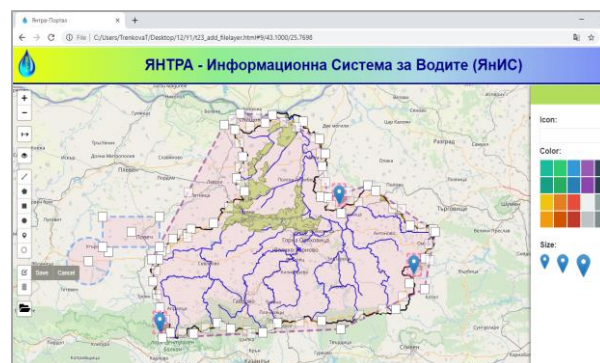
Слой „Геология“ с атрибутивна информация



Слой „Землища“ с атрибутивна информация



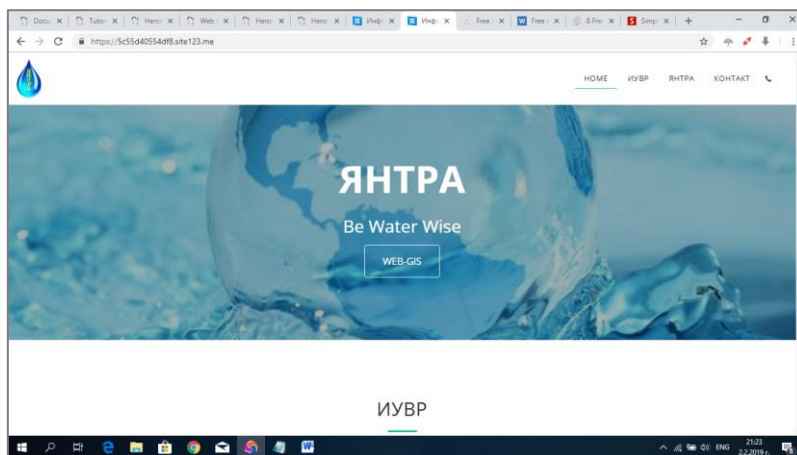
Инструменти: *измерване*



Инструменти: Меню „Draw“ в Edit Mode

5.6. Разработване на динамична web-страница

Създаден е динамичен web-сайт с хиперлинкове към разработеното web-базирано ГИС приложение (фиг. 5.25). За разработването на сайта са използвани основно *HTML*, *CSS* и *JavaScript*. Началната страница съдържа 4 основни менюта: *Начало*, *ИУВР*, *Янтра* и *Контакти*. Меню *ИУВР* е основното, към него е подменюто „*Управление на язовири*“, което е с 4 подменюта – за всеки от 4-те язовира, с хиперлинкове към кривите на управление на язовирите, оперативните таблици и допълнителни данни за улеснение на потребителите.

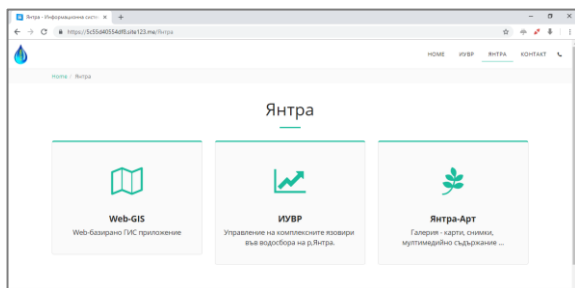


Фиг. 5.25. Web-страница на информационната система за водосбора на р. Янтра

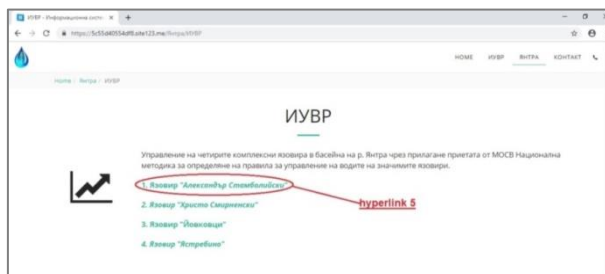
Резултатите се визуализират в отделни страници (вж. Фигури 5.26 и 5.27.) чрез хиперлинкове от съответните менюта (*линковете не са приложени, тъй като приложението за момента не е хоствано, а за сайта се използва ограничен безплатен хостинг*).

Линковете в долната част на основната страница отварят подстраници, които дават информация съответно за:

- *Web-GIS* – отваря Web-GIS приложението;
- *ИУВР* – съдържа линковете за управлението на комплексните язовири;
- *Янтра-Арт* – галерия от карти и снимков материал за басейна на р. Янтра.



Фиг. 5.26. Подстраница на web-сайта с пренасочваща към web-ГИС приложението и подстраницата за ИУВР

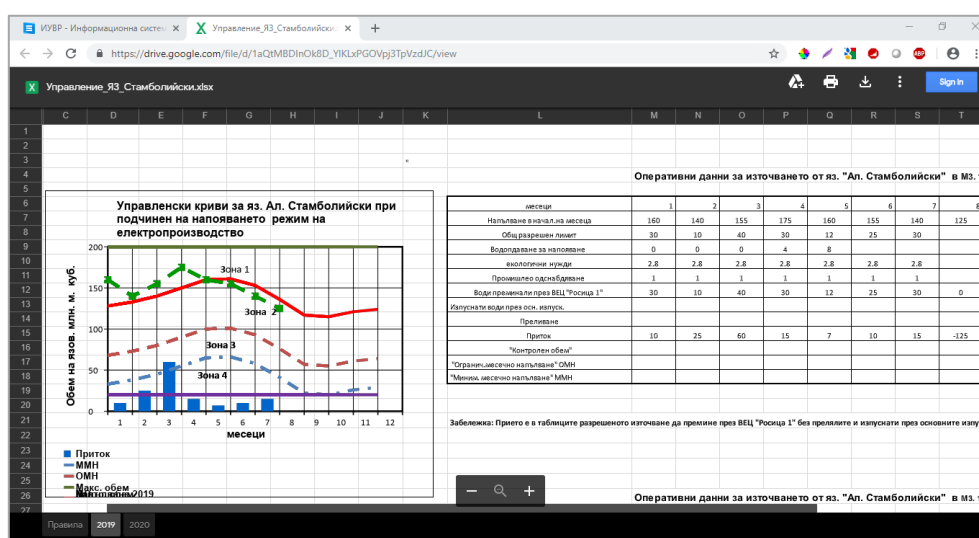


Фиг. 5.27. Подстраница на web-сайта свързана с управлението на комплексните язовири.

Отделните табове са свързващи звена съответно към web-ГИС приложението, към управлението на язовирите и към страница с допълнителна информация за басейна на р.Янтра.

Всеки от четирите язовира е свързан чрез хиперлинк с файл съдържащ информация за управлението му – кривите за управление, таблици с оперативните данни в реално време за напълването, водоползването и пр., както и възможност за въвеждане на информация свързана с управлението на язовира (Фиг. 5.28.а. 5.28.б). Файловете са обработени в *Open Office Calc* и съответно са *.ods формат, съответстващ на *Excel MS Office* формата. От файловете има хиперлинкове за обратна връзка с web-страницата и web-приложението.

Оперативните данни за приложението се записват и обработват в *Open Office Calc* или в *Excel MS Office*. От файловете има хиперлинкове за обратна връзка към web-страницата и web-ГИС приложението.



Фиг. 5.30. Online таблица за въвеждане на оперативни данни за управлението на яз. „Ал. Стамболийски“

Въвеждането на данните за ежемесечното напълване на комплексните язовири, лимитите и водопотреблението в реално време дава възможност за вземането на научно-обосновани решения за управлението им, което би могло да улесни администрацията ангажирана с управлението на значимите и комплексни язовири.

Заклучение

Изследванията в дисертационния труд показват, че управлението на язовирите, като основна компонента от интегрираното управление на водните ресурси, в контекста на тяхната роля – осигуряване на водоползването и съществена ретензионна функция за намаляване на риска от наводнения, е комплексна дейност с различни степени на сложност. Необходими са научно-обосновани правила, които да подпомагат настоящата практика у нас, за да бъде по-ефективна и да подсигури управлението на рисковете при екстремални реализации на притока, както при максимални, така и при минимални стойности.

Решаването на този проблем обуслови и целта на дисертационния труд, която е постигната, чрез изпълнението на формулираните задачи.

Приложена е съвременна методология за определяне на правила за управление на язовири, а чрез инструментите на web-технологиите и използването на софтуер с отворен код е създадена web-базирана информационна система, състояща се от web-ГИС приложение и динамична web-страница. Създадената система има за цел да подпомага управлението на водните ресурси чрез визуализация на свързаната с тях геопространствена информация и правила с оперативни таблици, с данни за управлението на комплексните язовири в реално време. Web-базираните приложения са реализирани за басейна на р. Янтра.

Чрез създаването на web-приложенията се подобрява и разширява достъпа до информация за водните ресурси в басейна на р. Янтра. Възможността за въвеждане на оперативна информация в реално време, която да бъде визуализирана в web-среда увеличава полезността и разширява практическото приложение на разработката.

Разработените приложни продукти са във фаза на непосредствено приложение в дейността на органите и институциите, отговорни за управлението на значимите язовири. Те могат да послужат като прототип за създаване на подобни инструменти за управлението на язовири в други речни басейни в страната.

Основни резултати

Създаден е прототип на web-базирана Географска Информационна Система с отворен код за визуализация на геопространствена информация за водните ресурси и водностопанската инфраструктура, както и свързаните с нея правила за целесъобразно управление на значимите язовири в басейна на р. Янтра в реално време.

В разработките отнасящи се към функционирането на язовирите е приложена националната *«Методика за определяне на обеми в язовирите по приложение 1 от ЗВ, за поемане на очакван приток»*, въвеждаща изработването на правила за управление на комплексните язовири.

Чрез прилагането на методиката и приложения към нея софтуер са извършени:

- ❖ анализи на целесъобразността на настоящето функциониране на язовирите в басейна на р. Янтра;
- ❖ оценки на обезпечеността на водоползвателите;
- ❖ определяне на зоните, индикиращи специфичен начин на източване, когато напълването на язовира е в техните граници и формулирането на съответните правила за управление, целящи минимален риск от преливане и остри водни дефицити за водоползвателите;
- ❖ обоснована е необходимостта от въвеждане на по-целесъобразно управление на яз. «Александър Самболийски» чрез работа на ВЕЦ «Росица-1», като независим

от напояването водоползвател и са определени правила за такъв вид управление;

- ❖ определени са и се предлагат в практиката теоретично обосновани правила за управление на четирите значими язовира в басейна на р. Янтра.

Web-базираната ГИС е оригинален информационен продукт, разработен чрез инструментите на съвременните информационни технологии, като са използвани изцяло програмни продукти с отворен код. Тя предоставя възможност за достъп, визуализация и обмен на геопространствени данни за водните ресурси и свързаните с тях компоненти на водностопанската инфраструктура и околната среда. За създаването ѝ за басейна на р. Янтра е извършено следното:

- ❖ Подробен обзор на ГИС програмните продукти с отворен код, за да бъде избрана най-подходящата комбинация на програмно решение за разработването на web-базираното ГИС- приложение;
- ❖ Създадена е геобаза данни с цялостна информация за басейна на р. Янтра и специализирана информация за водните системи и инфраструктура;
- ❖ Разработено е web-базирано приложение за визуализация на геопространствените данни;
- ❖ Създадена е динамична web-страница, пряко свързана с web-приложението с възможност за визуализация на данните и резултатите, свързани с управлението на комплексните язовири в реално време във вид на графики, таблици и текстова информация.

Разработката може да послужи като основа за подобни изследвания в други речни басейни.

Перспективи

Настоящата разработка може да бъде разширявана и надграждана в зависимост от необходимостта на потребителите. Може да бъде усъвършенствана, както в аспекта на управлението на водите, така и в насока на подобряване на функционалността, добавяне на аналитични компоненти, включване на нови модули, вграждане в други системи и т.н. В зависимост от интереса на институциите, пилотната разработка за р. Янтра може да стане част от Обща интегрирана система за управление на водите в основните водосборни области. Нова перспектива в развитието на системата би било и използването на облачните технологии (*cloud processing*) за внедряването ѝ в практиката, които предоставят допълнителни услуги и пространство за съхранение.

Основни научно-приложни постижения (приноси)

Изведени са следните приноси от дисертационният труд с научно-приложен характер:

1. **Създаден е прототип на web-базирана информационна система с отворен код, включваща web-базирано ГИС приложение, динамична web-страница и оперативни таблици за управление на значимите язовири във водосбора на р. Янтра в реално време.** Разработката е с научно-приложен характер в стадий на непосредствено приложение и има за цел да подпомогне работата на администрацията свързана с водите, чрез въвеждането на съвременните научно-технологични постижения в практиката.

Web-базираната ГИС визуализира геопространствена информация за водите и водностопанската инфраструктура, за компонентите на околната среда свързани с водите, както и административни данни.

2. Създадени са правила за управление на язовирите в реално време чрез националната **«Методика за определяне на обеми в язовирите по приложение 1 от Закона за водите за поемане на очакван приток»** на МОСВ, което се извършва за първи път в практиката на управление на водите у нас. Определените правила са съществена част на Информационната система.

Чрез *Методиката* и приложения към нея софтуер, са извършени изследвания относно функционирането на значимите язовири във водосбора и обезпечаването на водоползвателите, и са изведени теоретично съответните правила за управление.

3. **За първи път са определени и се предлагат в практиката теоретично обосновани правила за управление на водите на четирите комплексни язовира във водосбора на р. Янтра – яз. „Александър Стамболийски“, яз. „Христо Смирненски“, яз. „Йовковци“ и яз. „Ястребино“.**

Литература, включена в автореферата

- Abel, D. J., Taylor, K., Ackland, R., and Hungerford, S., 1998. An extrapolation of GIS architectures for Internet environments. *Computers, Env. and Urban Systems*, 22(1), 7-23
- Alesheikh, A., Helali, H., and Behroz, H., 2002. Web GIS: Technologies and its Applications. *Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications*, 15.
- Hormwichian R., A. Kangrang, A. Lamom, "A Conditional Genetic Algorithm Model for Searching Optimal Reservoir Rule Curves", *J. Appl. Sciences*, 9 (19), 2009.
- Long Le Ngo, "Optimising reservoir operation. A case study of the Hoa Binh reservoir, Vietnam", *Ph.D Thesis, Inst. Env. & Resources, Technical Univ. of Denmark*, 2006.
- Soltanieh, S., Alesheikh, A. & Mohammadi, H., 2003, *Design and implementation of a web-based GIS for the Iranian Rods Information*
- Termoli, C., *Description of a Tool for Developing Reservoir Rule Curves*, 2015

Генерални схеми за използване на водите в районите за басейново управление, ИВП-БАН, 2000. С.

Герасимов, Стр., Методично ръководство за определяне на максималния отток на реките в България, НИХМ, БАН 1988.

Закон за водите (2000) & Приложение 1 към ЗВ

Методика за определяне на обеми в язовирите по приложение 1 от закона за водите за поемане на очакван приток, 2012

Методика за определяне на свободни обеми в язовирите преди пълноводие и преди високи вълни и на лимити за изпускане на водите от тях. МОСВ, 2012 г.

Сантурджиян, О., Йончева, В., Язовирите като инструмент за управление на риска от наводненията в България”, Водно дело, бр. 3/4, 2015.

Интернет източници:

Boundless: <https://boundlessgeo.com/>

GeoServer: <http://geoserver.org/>,

Open Geospatial Consortium (OGC), <http://www.opengeospatial.org>

Open Layers library, <https://openlayers.org>

uDig, User-friendly Desktop Internet GIS, <http://udig.refractory.net/>

МОСВ, Месечни графици за ползване на водите от комплексните и значими язовири:

<https://www.moew.government.bg/bg/vodi-povurhnostni-vodi-mesechni-grafici-za-polzvane-na-vodite-ot-kompleksnite-i-znachimi-yazoviri/>

Научни публикации по темата на дисертационния труд:

Trenkova, T., Development of a web geoportal for the watershed of Yantra river through open source software, Екологично инженерство и опазване на околната среда, ЕЕЕР 2/ 2016, 50-55

Trenkova, T., A Web-Based Spatial Data Visualization Tool for Yantra River Basin Area. СБОРНИК ДОКЛАДИ - НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ "Географски аспекти на планирането и използването на територията в условията на глобални промени", 2016, ISBN:978-619-90446-1-2, 234-238

Тренкова, Т., Правила за целесъобразно управление на яз. „Ал. Стамболийски”, списание "Водно дело", брой 5/6 2018 г.; 25-32.

БЛАГОДАРНОСТИ

Благодаря на научния ми консултант доц. д-р **Стоян Недков** за възможностите за работа, които ми предостави. Благодаря му искрено за доверието, което ми оказа и за напътствията в процеса на работа.

Благодаря на проф. **Оханес Сантурджиян** за ценните съвети за подобряването на дисертационния ми труд по отношение на управлението на водите.

Благодаря на колегите и приятелите затова, че бяха част от пътя ми, благодаря на семейството и близките ми за търпението и подкрепата им.