



МИННО-ГЕОЛОЖКИ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. ИВАН РИЛСКИ“
КАТЕДРА „ГЕОЛОГИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА“

маг. инж. Красимира Николаева Колева

**„ГИС МОДЕЛ И БАЗА ДАННИ ЗА ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ НА
РИСКА ОТ НАВОДНЕНИЯ В ТУНДЖАНСКОТО ПОНИЖЕНИЕ“**

АВТОРЕФЕРАТ

към дисертационен труд за присъждане на образователна и квалификационна
степен **„ДОКТОР“**

по професионално направление 4.4 „Науки за Земята“,
научна специалност „Методи и техника на геоложките изследвания“

София, 2018

МИННО-ГЕОЛОЖКИ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. ИВАН РИЛСКИ“
КАТЕДРА „ГЕОЛОГИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА“

маг. инж. Красимира Николаева Колева

**„ГИС МОДЕЛ И БАЗА ДАННИ ЗА ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ НА
РИСКА ОТ НАВОДНЕНИЯ В ТУНДЖАНСКОТО ПОНИЖЕНИЕ”**

АВТОРЕФЕРАТ

към дисертационен труд за присъждане на образователна и квалификационна
степен **„ДОКТОР“**

по професионално направление 4.4 „Науки за Земята“,
научна специалност „Методи и техника на геоложките изследвания“

научен ръководител: **проф. дгн Димитър Синьовски**

София, 2018

Дисертационният труд е обсъден и насрочен за защита от Разширен катедрен съвет на катедра „Геология и Геоинформатика“ към Геологопроучвателен факултет на МГУ „Св. Иван Рилски“, София, на 09.07.2018 г. съгласно ректорска заповед № Р-687/15.06.2018

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои пред Научно жури, утвърдено със заповед № на Ректора на МГУ „Св. Иван Рилски“ и ще се проведе на 10.09.2018 г. от 15:00 ч., в зала 274 на Геологопроучвателен факултет, МГУ „Св. Иван Рилски“, София.

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в канцеларията на Сектор „Следдипломна квалификация“, на МГУ „Св. Иван Рилски“, Ректорат, ет. 3, стая 79, тел. 02/80 60 209

Научно жури:

проф. дгн Георги Цветков Алексиев

проф. дгн Димитър Славчев Синьовски

проф. д-р Владимир Христов Христов

доц. д-р Диан Ангелов Вангелов

доц. д-р Иван Димитров Иванов

Рецензенти:

.....

.....

Автор: **маг. инж. Красимира Николаева Колева**

На тема: **„ГИС МОДЕЛ И БАЗА ДАННИ ЗА ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА ОТ НАВОДНЕНИЯ В ТУНДЖАНСКОТО ПОНИЖЕНИЕ”**

Научен ръководител: **проф. дгн инж. Димитър Славчев Синьовски**

Дисертационния труд се състои от 135 страници, които включват 66 фигури, 17 таблици, справка за научните приноси. Цитирани са 95 литературни източника.

Съдържание:

ВЪВЕДЕНИЕ – 5 стр.

ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР – 10 стр.

ГЕОЛОЖКА И ХИДРОЛОЖКА ХАРАКТЕРИСТИКА НА РАЙОНА – 42 стр.

МЕТОДИКА ЗА ГИС БАЗИРАНО МОДЕЛИРАНЕ НА РЕЧНИ НАВОДНЕНИЯ
И ОЦЕНКА НА РИСКА ОТ НАВОДНЕНИЯ – 58 стр.

ОЦЕНКА НА РИСКА ОТ НАВОДНЕНИЕ – 5 стр.

ИЗВОДИ – 1 стр.

НАУЧНИ ПРИНОСИ – 1 стр.

НАСОКИ ЗА БЪДЕЩИ ИЗСЛЕДВАНИЯ – 1 стр.

ПУБЛИКАЦИИ СВЪРЗАНИ С ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИЯТА – 1 стр.

ЛИТЕРАТУРА – 7 стр.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изказвам своята благодарност към научния ми ръководител проф. д-гн Димитър Синьовски за търпението, подкрепата и ценните съвети при разработването на настоящия дисертационен труд!

Искам да изкажа благодарност и към доц. д-р Иван Димитров, доц. д-р Борис Вълчев, гл. ас. д-р Валентина Николова и гл. ас. д-р Димитър Съчков за критичните бележки, насоки и съвети, които ми дадоха по време на създаването на тази дисертация!

От Автора

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Наводненията са едни от най-опасните и разрушителни природни явления в света. Познаването на това явление и последиците от него е от ключово значение за подобряване на устойчивостта на системите, управление на риска и набелязване на мерки за ранно предупреждение на населението.

1.1. Цели и задачи на изследването

Основната цел на настоящото изследване е създаване на ГИС модел и база данни за оценка и управление на риска от наводнения в Тунджанското понижение. За идентифицирането на тези проблеми и набелязването на адекватни превантивни мерки в настоящия дисертационен труд са решени следните задачи:

- Преглед на състоянието на проблема – управление и картиране на риска от наводнения и други съществуващи методологии за моделиране на риска;
- Създаване на база данни включваща геоложка, геоморфоложка, хидроложка, демографска и икономическа характеристика на изследваната територия;
- Разработване на ГИС модели базирани на хидроложки и хидравлични HEC-RAS анализи за изчисляване скоростта на заливната вълна, височината на водния стълб и обхвата на наводнението;
- Визуализация на резултатите посредством създаване на карти на заплахата и риска от наводнения.

1.2. Актуалност на изследването

Актуалността на изследването се състои в пряката връзка и значението му за ранното предупреждение на населението в застрашените от наводнения райони по поречието на р. Тунджа между Ямбол и Елхово с цел избягване на икономически загуби и жертви.

Изследването е принос към стратегията за оценка на уязвимостта на активите изложени на наводнения, с цел да се избегне залагането на големи бюджетни пера в общините за неефективни превантивни мерки, набелязани въз основа на недостатъчни или неадекватни данни за риска от наводнения.

2. ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

2.1. Законодателна база на превенцията на риска от наводнения

В отговор на Директива 2007/60/ЕО са разработени методични указания за предварителна оценка на риска от наводнения в главните речни басейни на Република България (МОСВ, 2011, а, б). Във връзка с разработените методични указания по обществена поръчка на МОСВ е съставена Методика за оценка на заплахата и риска от наводнения, съгласно изискванията на директива 2007/60/ЕС (НИМХ-БАН, 2013).

Междувременно е разработен съвместен проект “Интегрирано управление на водите в Република България”, между МОСВ и Японската Агенция за международно сътрудничество (Japan International Cooperation Agency, JICA), реализиран през периода май 2006 – март 2008 г. (МОСВ, 2006-2008).

През 2010 г. е разработен план за управление на речните басейни в Източнореломорски район 2010-2015, а през 2016 г. е разработен актуализиран План за управление на речните басейни в Източнореломорски район (ПУРБ на ИБР), който се отнася за периода 2016-2021 година, съгласно изискването на чл. 155, ал. 1, т. 2 от ЗВ и чл. 13 на Рамкова Директива за водите (РДВ), транспонирана в Закона за водите (ЗВ), в съответствие с изискванията на Директива 2000/60/ЕС.

2.2. Исторически данни

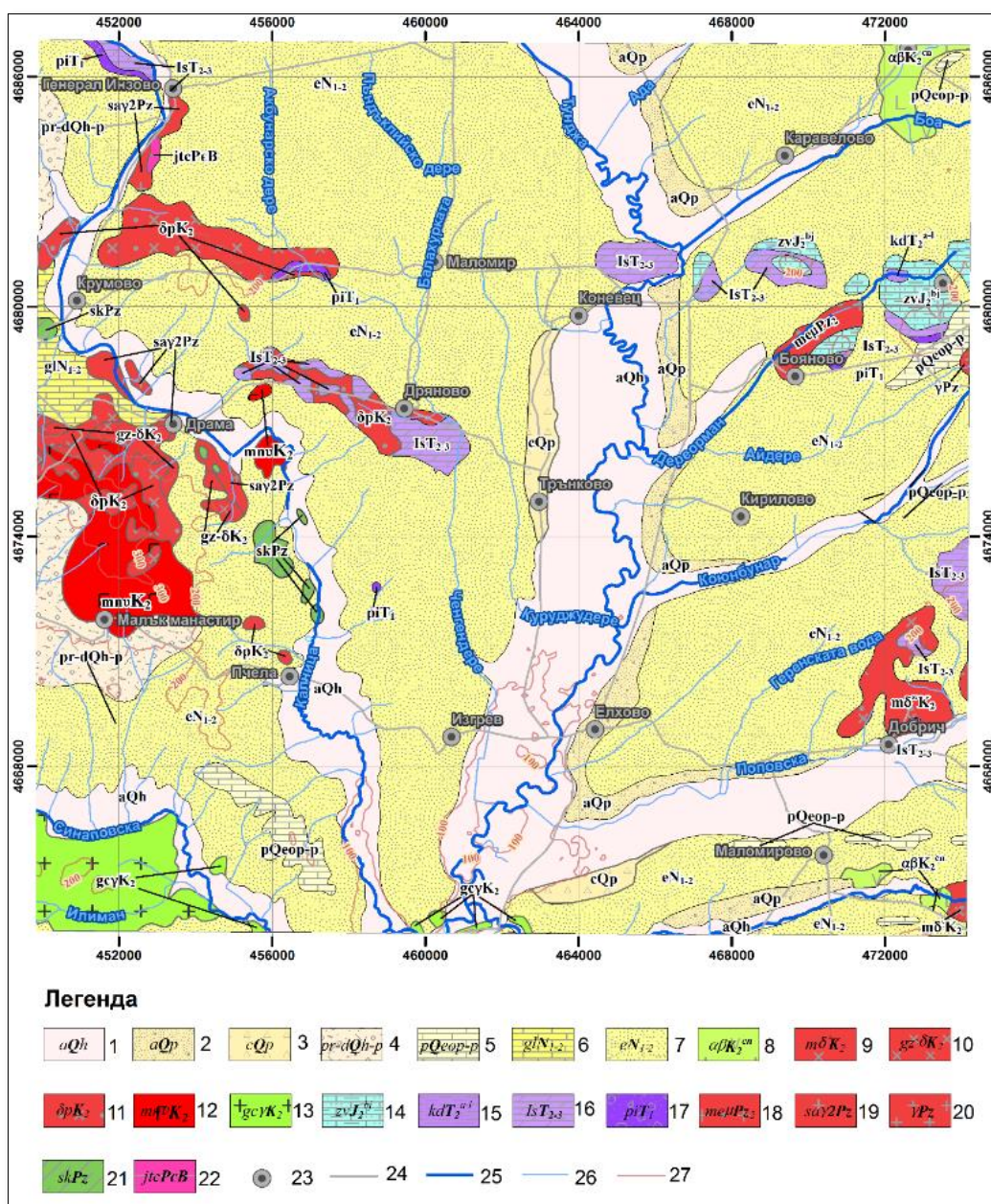
Съществуват голям брой исторически сведения за наводнения по р. Тунджа. Разливанията на реки са основна причина за наводненията в басейна на р. Тунджа. Те са посочени като причина за 37 от миналите наводнения, като в 29 от случаите са единствен източник на наводнението. Интензивни валежи от дъжд са довели до наводняване от скатови води. В 17 от случаите на минали наводнения интензивният дъжд е посочен като причина на наводненията, като за 10 от тях скатовите води са определени като единствен източник на наводнение. Заливане поради повишаване нивото на подземни води - в 2 регистрирани случая подземните води са посочени като причина за миналите наводнения. Повреда в защитно или инфраструктурно съоръжение – преливане на канализационни системи или язовир е основна причина за 2 от регистрираните наводнения и допълнителна причина при две наводнения в басейна на р. Тунджа (БДИБР, 2010).

3. ГЕОЛОЖКА И ХИДРОЛОЖКА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ИЗУЧАВАНИЯ РАЙОН

3.1. Геоложка и геоморфоложка характеристика на района, основни етапи в геоложкото развитие и тяхното значение за съвременния релеф

3.1.1. Стратиграфски единици

В изследвания район се разкриват разнообразни метаморфни, магмени и седиментни скали с различна възраст - докамбрийска, палеозойска, мезозойска и неозойска.



Фиг. 3.1.1.1. Геоложка карта на България в М 1:100 000 – картни листа Тополовград (Кожухаров и др., 1994) и Елхово (Дабовски и др., 1994), с

изменения. 1 - алувиални образувания - руслови и на заливните тераси; 2 - алувиални образувания - от надзаливните тераси; 3 - колувиални образувания; 4 - пролувиално-делувиални образувания; 5 - Пръстнишка свита; 6 - Гледачевска свита; 7 - Елховска свита; 8 - неподелени горнокредни вулканисти; 9 - Диоритови и габродиоритови порфири; 10-12 – Манастирски плутон: 10 – Кварцдиорити; 11 - Диоритови порфири - тела и дайки; 12 – Габро (амфибол-биотитово); 13 - Гранити и гранодиорити; 14 - Звездецка свита; 15 - Кондоловска свита; 16 - Искърска карбонатна група - неподелена; 17 - Питовска свита; 18 - Мелнишки кварцпорфири; 19 - Среднозърнести биотитови гранити; 20 - Гранитоиди; 21 - Соколска свита; 22 - Жълтичалска пъстра свита. 23 – населени места; 24- пътна мрежа; 25 – р. Тунджа; 26 – други притоци; 27 – главни хоризонтални;

3.1.2. Тектонски структури и етапи в геоложката еволюция

В тектонско отношение районът има сложен блоково-гънков строеж, резултат от наложени деформационни събития с различна възраст, като основните разломни структури са свързани с Тунджанския и Стефанкараджовския разломен сноп (Чаталов, 1965; Савов, 1983; Кожухаров и др., 1994; Дабовски и др., 1994). Районът обхваща части от Централностранджанската единица и Тунджанското напречно понижение (Чаталов, 1965), наречено по-късно Елховско структурно понижение (Савов, 1983), което според Бончев и др. (1969) се покрива с представите за Тунджанския разломен сноп. Регионалните структури са усложнени от горнокредните вулкански и интрузивни комплекси, представени от самостоятелни многоимпулсни магмени тела, процепващи докамбрийските и палеозойските метаморфити, както и триаските метаседименти. Образоването на Елховското понижение е свързано с най-младия етап от развитието на Сакаро-Странджанската тектонска зона – плиоценско-кватернерния (Савов, 1971).

3.1.3. Геоморфоложка характеристика на района

Елховското понижение се откроява като негативна форма на релефа ограничено на изток от Хисаро-Бакаджикските височини и на запад от Светиилийските и Манастирските височини, а на юг от Сакар и Дервенските възвишения. Първата подробна характеристика на долината на р. Тунджа в изследвания район е направена от Христов (1969). Той я описва като грабенено понижение, изпълнено с кватернерни и плиоценски наслаги, оформена по разсед със субмеридионална посока, отбелязан от Бончев (1966) на тектонската скица на България. Напречният профил на долината има асиметрична форма със стръмен десен и слабо оформен полегат ляв склон. Като доказателства за разседния ѝ произход авторът прилага данни от сондажни колонки при селата Маломир, Ханово и Окоп. Според него в междуречните площи е запазена млада заравнена повърхност с левантийска възраст (по Гълъбов, 1966) образувана след отлагане на горноплиоценските глини и пясъци. Върху тази повърхност р. Тунджа и нейните притоци са се врязали и са образували своите долини. Анализирайки литоложкия състав и стратиграфското положение на утайките, авторът проследява развитието на долината на р. Тунджа, представяйки го като езерно-блатен басейн, просъществувал до края на късноплиоценската епоха. Към края на Късния Плиоцен настъпва епирогенно издигане и районът се осушава. След това през Ранния Плейстоцен р. Тунджа протича през котловините между Стара планина и Средна гора, вливайки се в Бургаските езера (Цвијић, 1906). По това време са проявени тектонски движения, вследствие на които в източната част на днешното Сливенско поле, р. Тунджа променя течението си на юг по образувалия се разседен сноп със субмеридионална посока.

Елховската депресия, част от която е предмет на настоящата работа, е разположена между четири издигнати блокови морфоструктури – Светиилийски хорстов блок от северозапад, Сакарската куполна морфоструктура от югозапад, Хисаро-Бакаджишката куполна морфоструктура от североизток и Дервентската блокова морфоструктура от югоизток. Обширната алувиална низина на р. Тунджа, от Межденишкия праг до Сремския пролом, южно от гр. Елхово, е денивелирана в южна посока, като надморската височина се изменя в диапазона от 180-200 до 100-120 m (Алексиев, Вапцаров, 1994).

От обобщенията на Алексиев и Вапцаров (1994) става ясно, че в границите на Тунджанското структурно понижение през късноалпийския и неоген-кватернерния етап са били реализирани главно негативни движения и отлагане на младопалеогенски и неоген-кватернерни утайки. По време на етапите с

относителен тектонски покой в оградните части се формират заравнени повърхнини със сарматско-понтийска и плиоценска възраст. Реликти от тези повърхнини са запазени в обсега на планинските и полупланинските райони. Базирайки се върху наличието на специфични геоморфоложки данни, като рязко разширение на заливните тераси в централната част на структурното понижение, деформации на денудационните повърхнини и речни тераси, потънали или етажирано развити наносни конуси, наличие на удавен релеф, праволинейни разседни откоси, заблациявания, напуснати речни легла или преустройство на речно-долинната мрежа, всички досегашни автори подчертават, че през Кватернера централните части на структурното понижение са обхванати от отрицателни тектонски деформации.

Христов (1969) отделя 6 стари речни тераси, изградени основно от кватернерни алувиални наслаги и разположени на различни нива по двата бряга на реката. Според него широкото долинно дъно и многото меандри показват, че реката е преминала зрелия стадий в своето развитие и се намира в стадий на старост. В подкрепа на това са заблатените участъци на заливната тераса, което е доказателство за продължаващи съвременни негативни движения.

Високата плиоценска заравненост, която в работите на Христов (1969, 1970) се разглежда като висока речна тераса на р. Тунджа, според Владев (2009) се явява в две разположени едно под друго Вилафранкски нива между 180–170 m и 150–140 m.

Последните данни за ерозионно-акумулативните процеси в долината на р. Тунджа, принадлежат на Димитров и др. (2014). Техните изследвания показват, че в района е възможно разграничаването на 6 надзаливни речни тераси, като „ниското вилафранкско ниво“ на Владев (2009) може да се разглежда като шеста надзаливна тераса. Авторите подчертават, че и през Вилафранка р. Тунджа е играла голяма роля във формирането на споменатите заравнености и те всъщност представляват най-високите запазени речни тераси.

3.2. Общи хидрологични данни за басейна на р. Тунджа

Водосборният басейн на река Тунджа се намира в североизточната част на Източнобеломорски район и се управлява от Басейнова дирекция Източнобеломорски район.

3.2.1. Физико-географска характеристика

3.2.1.1. Общи сведения за реката

Тунджа е най-големият приток на р. Марица, който се влива в нея на турска територия. Тя извира от централната част на Стара планина източно от в. Ботев. Координатите на извора са $42^{\circ} 43' 40''$ с. ш. и $24^{\circ} 58' 10''$ и. д., при кота 1940 m. Дължината ѝ до границата е 350 km. До гр. Ямбол протича право на изток, като оттам прави завой на 90° и приема южна посока, която посока запазва до вливането си в р. Марица. Координатите при границата са $41^{\circ} 51' 20''$ с. ш. и $26^{\circ} 34' 00''$ и. д. с кота 44 m н. в. Река Тунджа приема към 50 притока, от които по-значителните са: р. Мочурица, р. Синаповска, р. Поповска и др. Средният наклон на главната река е 5,4 ‰ с коефициент на извитост 2,1 (Квасников, 2000).

3.2.1.2. Релеф на поречието на р. Тунджа

Поречието на р. Тунджа в пределите на страната се простира от в. Ботев (Юмрукчал) в Централна Стара планина до държавната ни граница с Турция. То обхваща в запад-източна посока Казанлъшкото и Сливенското полета с ограждащите ги до водоразделната линия Старопланинска и Средногорска част, а в южна - Ямболското поле, Елховското поле и областта на ограждащите ги до водоразделната линия части от Светиилийските, Манастирските възвишения и Браница планина от запад и Бакаджиците (Гледките) и Странджа планина от изток. Водосборната област на р. Тунджа до границата на страната има площ 7884 km^2 (Квасников, 2000).

3.2.1.3. Залесеност на поречието на р. Тунджа

Горите в поречието на р. Тунджа заемат 2613 km^2 , т. е. около 33% от цялата площ на водосборната област. От тях 79 % са нискостеблени и 20 % букови гори. Дъбовите и иглолистните гори имат съвсем слабо разпространение — около 1 %.

Над гр. Елхово, по десният бряг на р. Тунджа, в лонгозни гори са разположени резерватите Горна и Долна Топчия, които са естествен развъдник на рядко срещаният в Европа колхидски фазан. След гр. Елхово нискостеблената растителност се увеличава, като към държавната граница и покрай нея тя заема значителни площи. В тази област Сакар планина и Дервентските възвишения почти изцяло са покрити с нискостеблени гори (Квасников, 2000).

3.2.1.4. Долина и корито на р. Тунджа

Река Тунджа води началото си от Централна Стара планина. Изворът ѝ е под вр. Юрушка грамада (2136 m) източно от Ботев връх. Първоначално тече право

на юг, като при гр. Калофер, където навлиза в Казанлъшкото поле, рязко завива на изток. В горния участък долината на р. Тунджа е дълбоко врязана и със стръмни склонове. Наклонът на речното корито отначало е голям, след което бързо намалява. Напречният ѝ профил е с ширина на дъното на долината около 50-60 m. Коритото е каменисто-чакълесто. Скоростта на водното течение е 1,5-2,0 m/s. Реката в този участък тече праволинейно и не прави меандри.

Под гр. Ямбол, р. Тунджа навлиза в широкото Ямболско поле. Долината тук е много широка, 10-25-40 km, неясно изразена. До гр. Елхово реката прави най-силно извити меандри по цялото си течение. Югоизточно от с. Маломир реката проломява тесния и нисък рид Баалар-Кайряк и навлиза в продълговатата Елховска долина. Видът на долината до с. Княжево не се различава от този през Ямболското поле.

Широчината на речното корито в този участък е от 40-50 m със средна дълбочина 1-1,5 m. Бреговете са ниски, полегати, обрасли с върбалак. Дъното на реката е песъчливо, но в района на с. Коневец е от едър и дребен чакъл и пясък. Наклонът на коритото е към 0,70 ‰ (Квасников, 2000).

3.2.2. Демографска и икономическа характеристика

3.2.2.1. Демографска характеристика на общините в поречието на р. Тунджа

В поречието на р. Тунджа, териториите на 15 общини попадат изцяло в пределите на поречието, а именно: Павел баня, Казанлък, Гурково, Мъглиж, Стара Загора, Твърдица, Сливен, Ямбол, Тунджа, Болярово, Елхово, Тополовград, Сунгурларе, Карнобат и Стралджа. Общият брой на населението в тези общини възлиза на 553 646 човека към 31.12.2017 г., което представлява 7,90% от населението на страната. Тази характеристика се базира на данни от НСИ.

3.2.2.2. Икономическа характеристика на общините в поречието на р. Тунджа

Общините от поречието на р. Тунджа попадат в определения, в Националния план за регионално развитие за периода 2012-2022 г., Югоизточен икономически район. Териториалната структура е следната: земеделските територии са 53%, горските 42%, урбанизираните 4.9%. Природно защитените територии, вкл. тези по Натура 2000, обхващат общо 32.2% от територията на района (малко под

средното за страната) и са разположени най-вече в горските планински, крайморски и крайречни територии.

Сред икономическите сектори на Югоизточния район най-голям принос има секторът на услугите, който формира 51.04% от БДС, при среден дял за страната 63.82%. Вторият по принос икономически сектор – индустрията има важно значение за регионалната икономика с 43.14% при средно за страната 31.34%. Аграрният сектор формира 5.82% от БДС за района при 4.84% за страната. Туризмът заема водещо място в икономиката на основата на благоприятните природни фактори, изградената туристическа база и инфраструктура и традиционния опит в предоставянето на сезонни туристически услуги (МРРБ, 2012).

3.2.3. Оценка на водните ресурси

3.2.3.1. Характеристики на средногодишния и минималния отток

Средногодишният отток на р. Тунджа по данните от хидрологични станции се изменя в границите от 0.470 m³/s (14.82*10⁶ m³) при гр. Калофер до 33.516 m³/s (1056.96*10⁶ m³) при гр. Елхово или 39.710 m³/s (1252.29*10⁶ m³) при границата с Турция. Отточните модули, даващи представа за интензивността на оттокообразуването средно върху водосборните площи по главната река, се изменят в диапазона 17.87 l/s/km² за гр. Калофер до 5.04 l/s/km² при границата. Минималният речен отток като годишна стойност по главната река се изменя от 0.231 m³/s при Калофер до 19.816 m³/s при границата (Квасников, 2000).

За целите на настоящата дисертация са използвани хидрологични данни за: средномесечни минимални и максимални стойности за оттока (m³/s) на р. Тунджа – измервателна станция при гр. Елхово; средномесечна и средногодишна температура на водата (°C), на р. Тунджа – измервателна станция при гр. Елхово; средногодишна мътност на водата (g/m³) на р. Тунджа, за периода 2006-2014 г., предоставени от Националния институт по хидрология и метеорология към Българската академия на науките. Данните са модифицирани и не могат да служат за целите на практиката.

4. МЕТОДИКА ЗА ГИС БАЗИРАНО МОДЕЛИРАНЕ НА РЕЧНИ НАВОДНЕНИЯ И ОЦЕНКА НА РИСКА ОТ НАВОДНЕНИЯ

Най-общо методологията на изследването се състои от 5 етапа, а именно; 1) подготвителен етап, 2) теренна работа и събиране на данни, 3) моделиране, 4) валидиране на модела, и 5) представяне на резултатите.

4.1. Подготвителен етап

Този етап обхваща дейности по проучване и преглед на литературните източници свързани с темата, събирането на литературни данни за изследвания район, както и подготовка на полевата работа. Проучването и прегледа на литературните източници е направено по време на изследователския процес. Това е извършено с цел получаване на изследователски знания и развиване на описаната методология.

Разгледаната литература е свързана с опасностите от наводнения, ГИС моделиране, и по-специално с HEC-RAS и HEC-GeoRAS софтуер.

Литературната справка е свързана с управлението и оценката на риска от наводнения, и включва множество наши и чуждестранни проучвания на наводнения, описания на причините за наводненията, наводнителните процеси и тяхното въздействие.

Проучено е ГИС моделирането, свързано с използването на хидрологичен софтуер в ГИС среда, както и с HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center River Analysis System) и HEC-GeoRAS (US Army Corps of Engineers, 1996; 2009; 2010a,b,c).

Разгледана е също така и документация от предишни доклади, проекти и методологии свързани с оценката и управлението на риска от наводнения – МОСВ (2011a,б; 2016); Квасников (2000); НИМХ-БАН (2013); МОСВ (2006-2008).

Последната стъпка от етапа на подготовката е изготвянето на план за провеждане на теренна работа. Тази стъпка включва избиране на полеви маршрути, точки за наблюдение по маршрута, получаване на разрешения за научни изследвания от местните власти, както и организиране на полево оборудване.

4.2. Теренна работа и събиране на данни

Тази фаза обхваща дейностите по събирането на данни от терена, пространствени данни и хидроложки данни от министерства и други държавни и научни институции, чиято дейност включва темата на проучване. Полевите наблюдения са направени по протежение на р. Тунджа от гр. Ямбол до гр. Елхово за документиране на стеснените участъци на речното корито, дължащи се на естествени или антропогенни фактори. На Фигура 4.2.1 и Фигура 4.2.2 е представено мостовото съоръжение над р. Тунджа, свързващо гр. Елхово и с. Изгрев.



Фиг. 4.2.1. Мостът над р. Тунджа в гр. Елхово, свързващ града със с. Изгрев



Фиг. 4.2.2. Мостовите устои

4.3. Моделиране

Този етап от изследването включва създаването на симулационен модел представящ обхвата на наводнението, скоростта на водата, височина на вълната.

Основните входни данни за симулационния модел са цифров модел на релефа създаден от дигитализирането на едромащабни топографски карти в М 1:5000, геометрията на главния канал и бреговете на реката, посоката на речния поток, геометрията на мостовото съоръжение, неефективните площи, сгради, блокиращи речния поток, повърхностните напречни профили през реката, както и карта на земеползването в района. На базата топографските карти и на сателитни снимки са създадени всички геометрични форми и обекти, а посредством цифровия модел на релефа са извлечени данни за тяхното местоположение (координати и надморска височина). Други важни за моделирането са данни за речния отток, температурата и мътността на водата, коефициенти на Манинг. Геометричните данни са създадени в ArcGIS чрез инструмента HEC-GeoRAS, а хидравличния модел в HEC-RAS. След като изчисляването в HEC-RAS приключи, моделът на речното наводнение се визуализира в ArcGIS.

4.3.1. Софтуер

ArcGIS

Географските информационни системи представляват съвкупност от компютърен софтуер и хардуер за създаване, съхраняване, обработка, анализ, визуализиране и споделяне на геореферирана информация. ГИС съчетават пространственото местоположение на обектите с описателната информация за тях. ArcGIS е интегрирана фамилия софтуерни продукти на ESRI, Inc. за създаване на цялостна ГИС – десктоп, сървър, потребителски приложения, мобилни устройства за работа при полеви условия, както и мобилни приложения.

HEC-RAS

HEC-RAS е софтуерна система за хидравличен анализ, съхранение и управление на данни, инструменти за графични и отчетни презентации. Системата е проектирана за изчисления в естествени и изкуствени речни канали и извършва четири вида еднодименсионални хидравлични анализи: (1) повърхностни профилни изчисления за установен поток; (2) повърхностни профилни изчисления за неустановен поток; (3) изчисления на променливите гранични условия на седиментния транспорт и (4) анализ на качеството на водите. Ключовият елемент на системата е, че и четирите вида хидравлични

анализи използват общо геометрично и хидравлично изчисление и общо геометрично представяне на данните (US Army Corps of Engineers, 2010b).

HEC-GeoRAS

HEC-GeoRAS е ArcGIS разширение разработено за обработка на географски пространствени данни, които последващо да бъдат използвани в HEC-RAS. Разширението позволява на потребителите да създадат HEC-RAS файл за импортиране, съдържащ геометрични и атрибутни данни от съществуващ цифров модел на релефа (DTM) и допълнителни набори от данни. Резултатите от профила на водната повърхност също могат да бъдат обработени, за да се визуализират дълбочините и границите на наводнения.

4.3.2. Създаване на база данни за изследвания район и файл за импорт към HEC-RAS

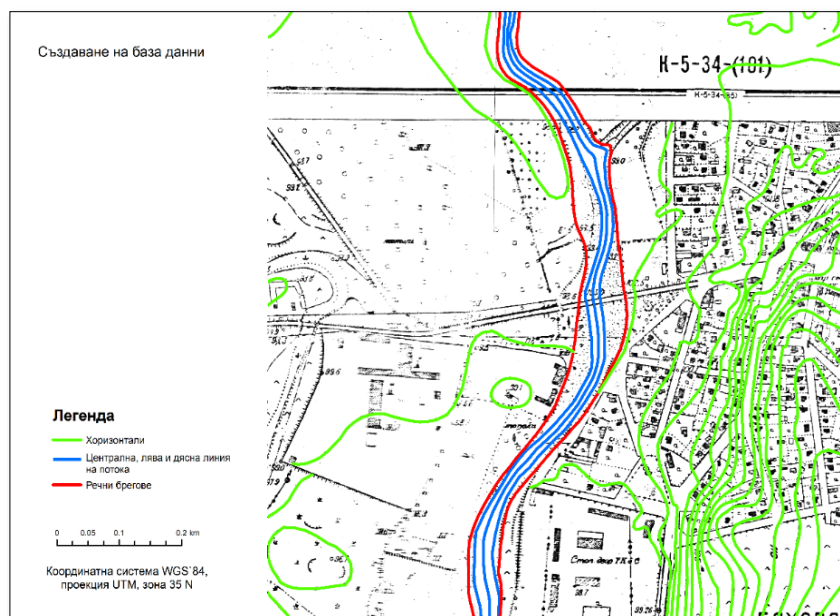
HEC-GeoRAS осигурява връзката между ArcGIS и HEC-RAS. Всички необходими слоеве за последващото обработване и създаване на хидравличния модел за установен поток на наводнението, като централната и страничните линии на потока, речните брегове, линиите на напречното сечение и неефективните слоеве на потоците бяха създадени в среда ArcGIS, с използване на разширението HEC-GeoRAS. Триизмерните напречни сечения са разработени, като е използван слой XS cutlines заедно с TIN.

HEC-RAS има вградена опция за импортиране на геометрични данни в GIS формат. Главният речен канал и заливните територии, дясното и лявото местоположение на речните брегове и разстоянието между напречните сечения са получени от геометрични файлове, експортирани от ArcGIS.

4.3.2.1. Създаване на геометричен файл в GIS среда, използвайки HEC-GeoRAS

В този раздел е описана накратко процедурата по създаване на геометричния файл за импорт в HEC RAS. Цифровият модел на терена, използван за симулационните модели има дължина 15 km и ширина 7,5 km, с обща площ около 94 km². На север границата съвпада с границата на Елховското понижение, а именно Коневецкия напречен праг. На юг границата се простира на около 1,5 km южно от гр. Елхово.

Първата стъпка от създаването на базата е дигитализиране на едромащабните топографски карти и създаване на TIN повърхнина. Дигитализирани са 15 на брой едромащабни топографски карти в М 1:5000. Същите картни листове са използвани за изчертаване на централната и страничните линии на потока и речните брегове (Фиг. 4.3.2.1.1).



Фиг. 4.3.2.1.1.
Дигитализиране на
хоризонталите,
линиите на потока и
речните брегове върху
топографска карта

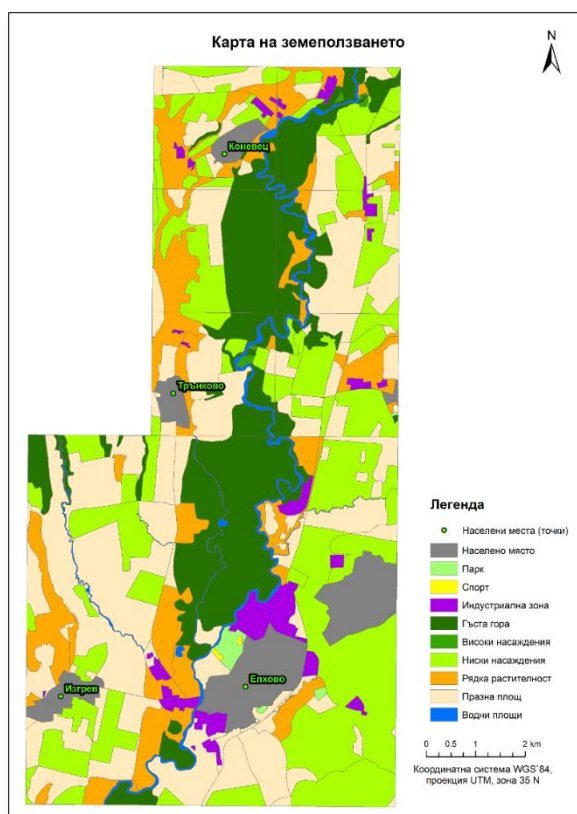
Следващата стъпка е да се посочи съответната TIN повърхнина, от която ще бъде извършено извличането на надморските височини и позиционирането на всички геометрични обекти по продължението на реката, както и създаването на самите слоеве, в които да бъдат изчертани останалите геометрични обекти.

След това се създават повърхностните напречни профилни сечения, мостовото съоръжение, неефективните отточни зони и препятствия, блокиращи речния поток, като за целта е използвана сателитна снимка. Профилите характеризират капацитета на потока на канала и заливните тераси. Сеченията трябва да бъдат изчертани перпендикулярно на потока в главния канал, както и на речните брегове. Посоката на изчертаване е от левия бряг на реката към десния по посока на течението на реката, като напречните профили трябва да пресичат течението само веднъж. Неефективните отточни зони са дефинирани по речното течение в непосредствена близост до мостовото съоръжение, при напречните профилни сечения намиращи се от горната и долната страна на моста по течението на реката (Фиг. 4.3.2.1.2).



Фиг. 4.3.2.1.2. Създаване на повърхностните напречни профилни сечения, мостовото съоръжение, неефективните отточни зони и препятствия за водния поток, карта на земеползването

Следващият много важен етап е създаването на карта на земеползването, от която HEC-GeoRAS ще извлече данните за вида земеползване и коефициентите за грапавост на Манинг, спрямо типа земеползване (Фиг. 4.3.2.1.3).

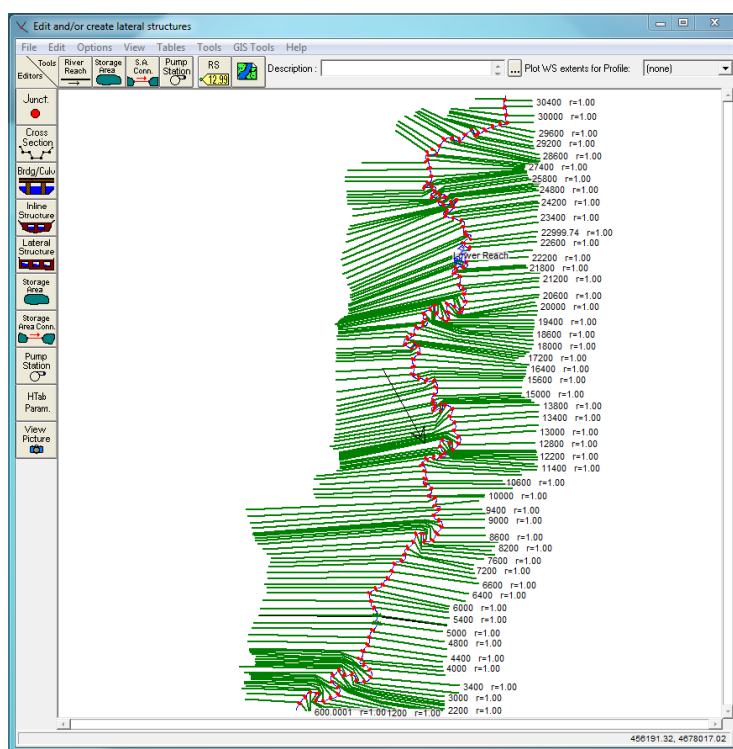


Фиг. 4.3.2.1.3. Карта на земеползването

Като резултат преди създаване на импортирания файл за HEC-RAS, са изчертани неефективни отточни зони, препятствия блокиращи речния поток, карта на земеползването с попълнени всички необходими атрибутни данни за последващата обработка в HEC-RAS и създаването на симулационния хидравличен модел на речното наводнение.

4.3.2.2. *Импортиране на геометричния файл в HEC-RAS*

След като файлът с геометричните данни се експортира от ArcGIS, той може да се импортира в HEC-RAS чрез избиране на “File”→ “GIS format”→ “Import Geometry Data” (Фиг. 4.3.2.2.1). В HEC-RAS потребителят има възможност да редактира всеки профил ръчно. Това се постига с помощта на редактора на повърхностните напречни сечения в геометричните данни и позволява речното сечение на реката да бъде оформено така, че да прилича по-добре на действителния профил.

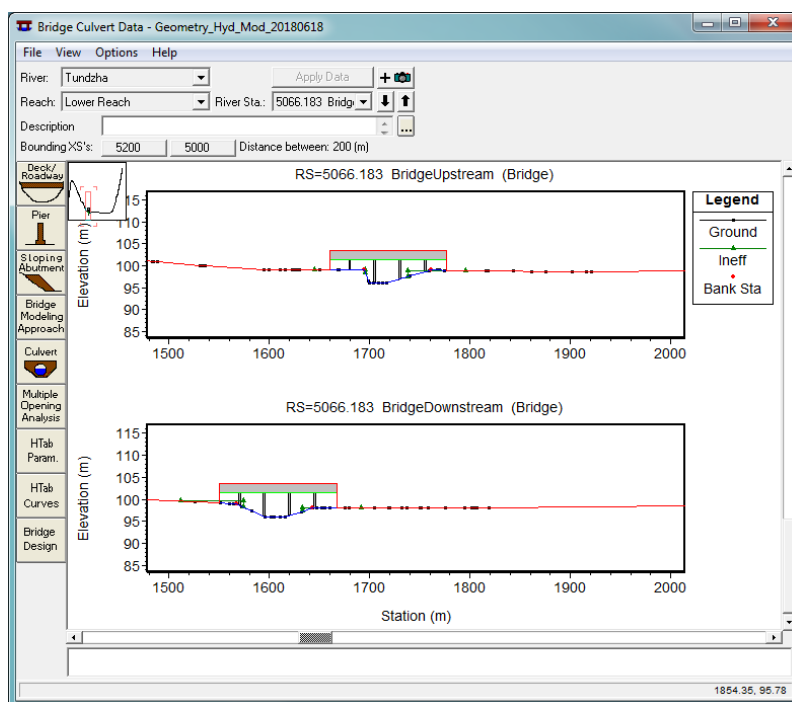


Фиг. 4.3.2.2.1. *Импортиране на геометричния файл от ArcGIS в HEC-RAS*

При импортирането на геометричния файл в HEC-RAS, трябва да бъдат изпълнени няколко задачи, които условно можем да разделим на две части: първо – присвояване стойностите за коефициента на Манинг, настройване на

левия и десния бряг на реката, ако е необходимо, преглед на посоката на течение, преглед на напречните сечения чрез редактора за напречни сечения, добавяне на интерполирани напречни сечения, ако е необходимо, филтриране броя на точките във всички напречни сечения (той не трябва да надхвърля 500 на сечение). На второ място – избиране на установен поток и гранични условия за всеки обхват или поток.

След като геометричните данни са импортирани успешно, е необходимо да въведем пространствени параметри и за мостовото съоръжение, което се намира в обхвата на изследваната територия (Фиг. 4.3.2.2.2). За целта се използва редакторът „Bridge/Culvert Data“, чрез който въвеждаме информация за дължината, височината и височината на моста, котите на повърхността на му и на светлия отвор, броя и ширината на колоните, както и разстоянието между тях.



Фиг. 4.3.2.2.2. Задаване на пространствени параметри на мостовото съоръжение – кота на горната и долната страна на моста; брой, дебелина, и разстояние между колоните и др.

4.3.3. Хидравлично моделиране и картиране на заливните територии

Една речна система може да бъде моделирана чрез използване на два подхода: хидроложки и хидравличен. Хидравличните модели са насочени основно към процесите, протичащи в речното легло, и формирането на висока вълна по

дължината на речното течение. Основната цел при този вид моделиране е да се определи водното ниво за конкретни профили от речната долина и площите, които ще бъдат наводнени при това ниво. Хидравличните модели се основават на хидродинамични уравнения за движението на водните маси, известни като уравнения на Сен Венсан. Тези уравнения се решават като свързват с уравненията за непрекъснатост на течението. Чрез свързване на цели елементи с други такива се прави описание на реките, в които обмяната на водите е предизвикана от законите на физиката.

Отделните елементи може да са 1D (еднодименсионални) или 2D (двудименсионални). Един хидравличен модел се смята за завършен, когато са дефинирани граничните условия. Това означава, че всички крайни точки, които свързват модела, трябва да имат някакви начални условия, които определят тяхното поведение. Освен това всички модели притежават изходно условие или състояние, от което се развиват до приетите крайни условия. В тези случаи се използва разклонен еднодименсионален модел (обединяващ сегментите, които се вливат в основното течение) с възможни допълнителни потоци по горното течение. Когато в речното легло са изградени различни технически съоръжения (като преливници и мостове), които нарушават естествения отток и изменят водните нива в определен район, моделът отчита тяхното влияние, като локално се прилагат опростени хидравлични модели. Необходимите данни за захранване на хидравличните модели включват геометричните характеристики на топографската повърхнина (речно легло и заливни тераси), водно количество на речния отток, при симулираното събитие и изходното водно ниво. На изхода на модела се получават данни за височината на водното ниво за изследваните профили на речната долина, площта на заливните територии, скорост на водното течение при симулираното събитие и др. (Николова и др., 2012).

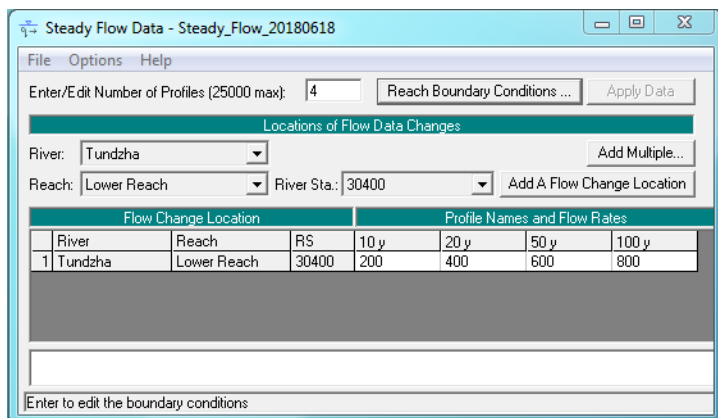
4.3.3.1. Въвеждане и редакция на данните за установен поток и стартиране на изчислителната процедура

След като бъдат създадени и импортирани всички геометрични данни, потребителят може да въведе отточните данни, които са необходими за изчисляването на хидравличния модел, в софтуерния редактор (Фиг. 4.3.3.1.1).

Данни за установен отток

Потребителят трябва да въведе следната информация: броя на профилите, които трябва да бъдат изчислени; върховите отточни стойности и всички

необходими гранични условия. Данните за оттока се въвеждат директно в таблицата, отгоре надолу по веригата, като трябва да бъде въведена най-малко една стойност за всеки обхват в речната система, с определен период на повторение. След като стойността на потока е въведена в горния край на обхвата, се приема, че потокът остава постоянен, докато се достигне друга стойност на потока в обхвата.

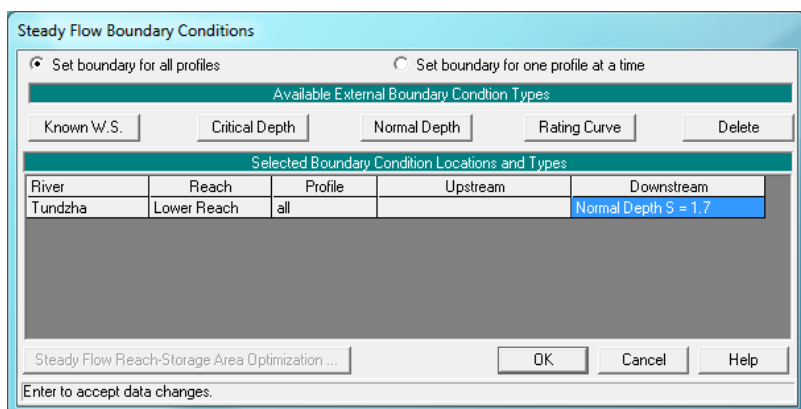


Фиг. 4.3.3.1.1. Редактор за въвеждане на данни за установен поток

Гранични условия

След като всички отточни данни са въведени в таблицата, следващата стъпка е да се въведат всички необходими гранични условия. За целта трябва да бъде отворен редакторът за въвеждане на граничните условия „Reach Boundary Condition“ (Фиг. 4.3.3.1.2)

Граничните условия са необходими за да се установи началната водна повърхност в краищата на речната система (нагоре и надолу по течението) и за да може програмата да започне изчисленията. При режим на подкритичен поток граничните условия са необходими в крайните половици на речната система. Ако се изчислява режим на свръхкритичен поток, граничните условия са необходими само в горните краища на речната система. Ако се прави изчисление на режим на смесен поток, тогава граничните условия трябва да бъдат въведени във всички краища на речната система.



Фиг. 4.3.3.1.2. Редактор на данни при гранични условия за установен поток

Редакторът на граничните условия съдържа таблица с всички обхвати. Всеки обхват има гранично състояние нагоре и надолу по веригата. Връзките с кръстовища се считат за вътрешни гранични условия. Вътрешните гранични условия са автоматично изброени в таблицата, въз основа на това как речната система е определена в редактора на геометрични данни. Потребителят трябва само да въведе необходимите външни гранични условия. За да се въведе гранично състояние, първо се използва показалецът на мишката, за избиране на местоположението на клетката, в която трябва да се въведе гранично състояние. След това потребителят трябва да избере типа на граничното състояние от четирите налични типа, посочени над таблицата.

Normal Depth – Нормална дълбочина – За този тип гранични условия потребителят трябва да въведе енергиен наклон, който ще се използва за изчисляване на нормалната дълбочина (уравнението на Манинг) на това място. За всеки профил се изчислява нормална дълбочина въз основа на въведения от потребителя наклон. Ако енергийният наклон не е известен, потребителят би могъл да го приближи, като въведе наклона на водната повърхност или наклона на дъното на канала. За целите на дисертацията е избран именно този метод на въвеждане на наклона на речното дъно.

Следващата стъпка е извършване на изчисленията. За целта е необходимо да се стартира редактора „Steady Flow Analysis“ от менюто „Run“ на главния прозорец в HEC-RAS. Първата стъпка в извършването на симулацията е да се състави план. Планът определя кои данни за геометрията и потока трябва да бъдат използвани, както и описание, и кратък идентификатор за изпълнението. В плана са включени избрания режим на потока и опциите за симулация. Изборът на геометричен файл и файл с установен поток, се осъществява посредством падащите стрелки от редовете „Geometry File“ и „Steady Flow File“. Последната стъпка е да се избере желания режим на потока, за който моделът ще извърши изчисленията. Потребителят може да избира между подкритични, суперкритични или смесени режими. След като всички данни бъдат въведени и планът е дефиниран, могат да бъдат извършени изчисленията за установен поток, които могат да се проследят в отделен прозорец, показващ напредъка им.

4.4. Валидиране на модела

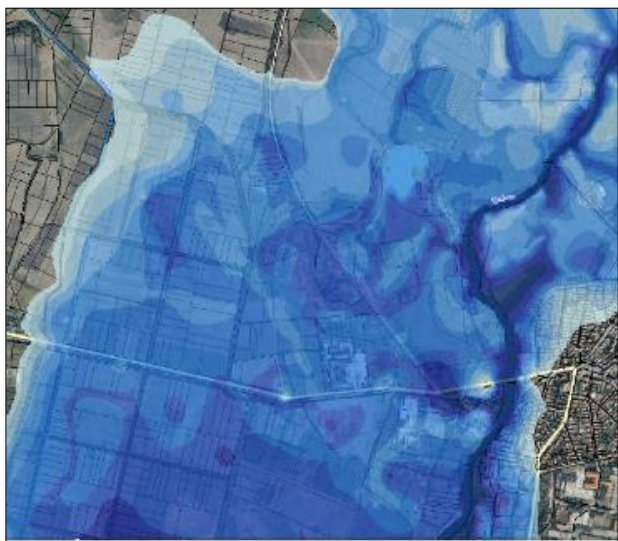
Валидирането на модела включва съпоставянето на резултатите от симулационния модел с набор от данни, представляващи "наблюдаваните" полеви данни или с други картни източници. Този набор от данни представлява

независим източник, различен от данните използван за калибриране на модела. В настоящата дисертация, резултатът от симулационния модел представящ обхватът на наводнението при период на повтаряемост 100 г. (Фиг. 4.4.1) е сравнен с карта на заплахата от наводнение с период на повторение 100 г. (Фиг. 4.4.2), изготвена за Басейнова дирекция Източнобеломорски район през 2015 г.

Резултатите от симулационния модел са идентични с картата на заплахата от наводнения и потвърждават резултатите представени в нея.



Фиг. 4.4.1. Фрагмент от картата на обхвата на наводнението с период на повторение 100 г., представяща разпространението на водния поток при шосето между гр. Елхово и с. Изгрев, и околните територии

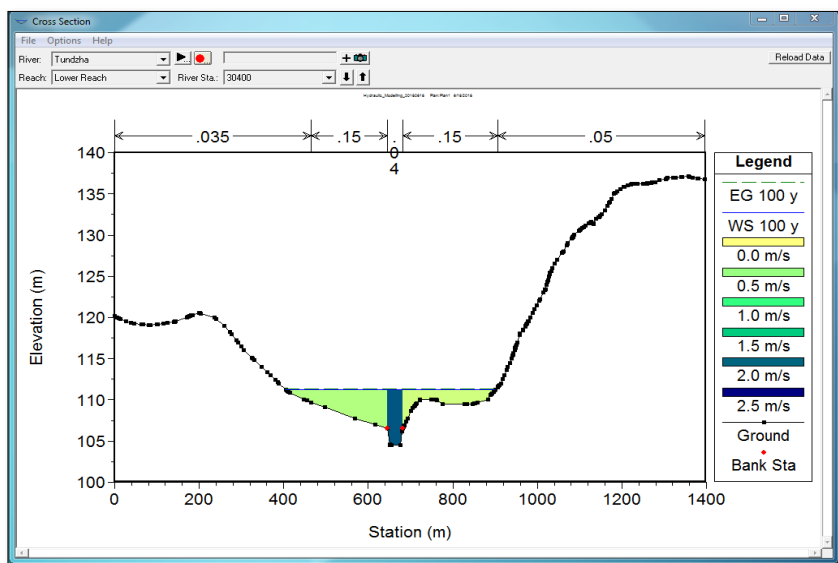


Фиг. 4.4.2. Фрагмент от карта на заплахата от наводнение с период на повторение 100 г., БДИБР, 2015 г.

4.5. Резултати от моделирането

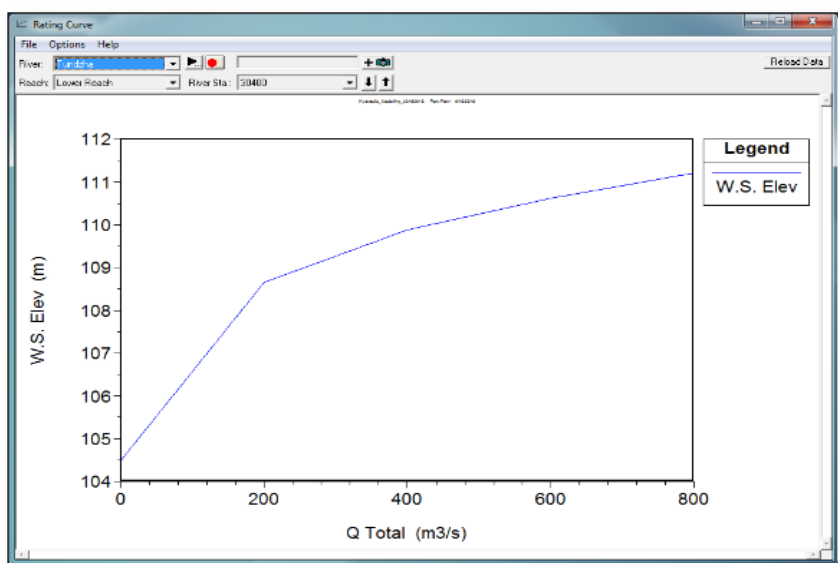
Това е последният етап от изследването, в който се представят резултатите, излагат се заключенията и се предлагат препоръки.

В хода на изследването бяха създадени няколко симулационни модела при установен поток за изчисляване на високи вълни с различна обезпеченост, респективно с различен период на повторение (10 г., 20 г., 50 г., 100 г.). По този начин за всеки напречен профил беше изчислена надморската височина на водната повърхност, енергийният клас, разпределението на скоростите на потока в съответния профил (в речния канал и върху залетите територии) (Фиг. 4.5.1), както и крива на промяната в надморската височина на водния поток (Фиг. 4.5.2).



Фиг. 4.5.1. Представяне на изчислените резултати за период на повторение на наводнението 100 г., в повърхностен напречен профил – енергиен клас (EG), надморска височина на водната повърхност (WS),

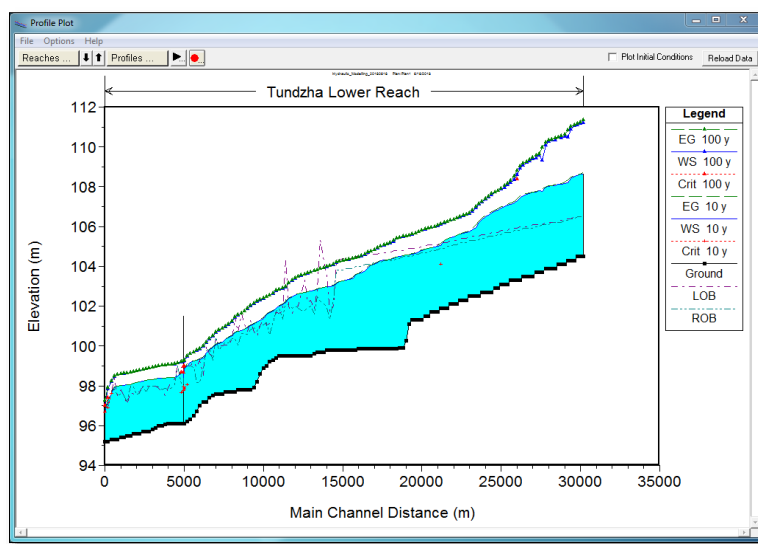
разпределение на скоростите на потока в речния канал и върху залетите територии, релеф (Ground), точки, разделящи речния бряг от заливната площ (Bank Sta), визуализация в HEC-RAS



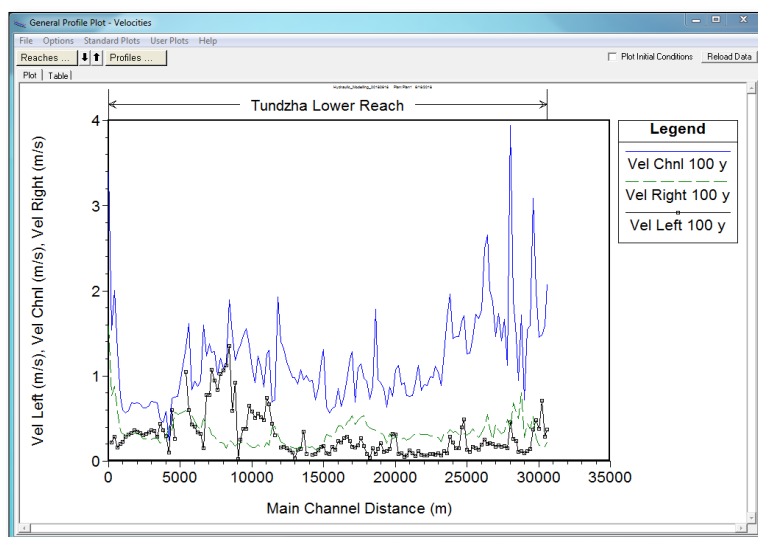
Фиг. 4.5.2. Представяне на изчислените резултати за период на повторение на наводнението 100 г., в повърхностен напречен профил – крива на промяната в надморската височина

на водния поток за определен напречен профил, визуализация в HEC-RAS

HEC-RAS софтуерът предлага възможност на потребителя да съпостави изчислените резултати от моделирането в профилно сечение по цялата дължина на речния канал в изследвания участък за: енергийния клас, надморска височина на водната повърхност, поява на критични дълбочини, промяната в надморската височина на точките от левия и десния бряг на реката (Фиг. 4.5.3), промяната на скоростите на водния поток в главния канал, десния и левия бряг на реката (Фиг. 4.5.4).



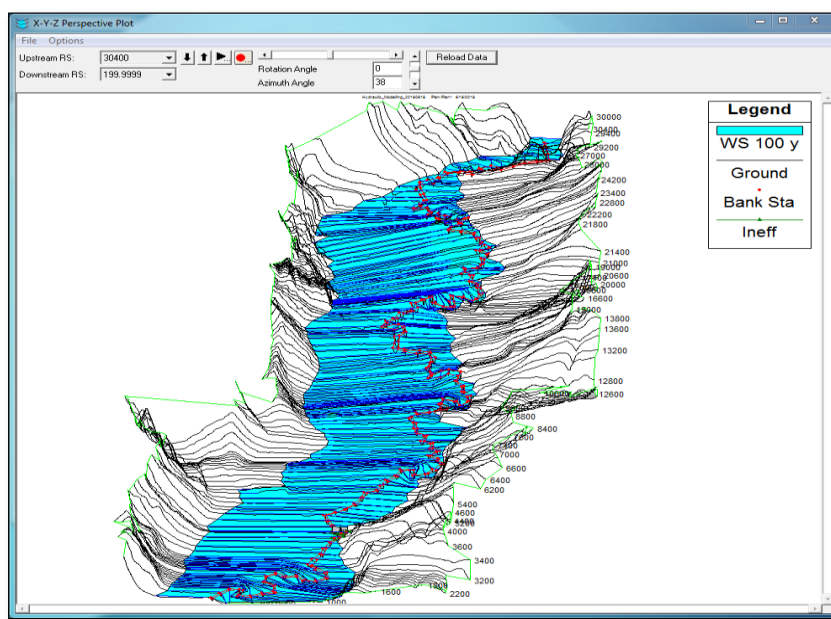
Фиг. 4.5.3. Представяне на изчислените резултати за период на повторение на наводнението 10 г. и 100 г., в профилно сечение по цялата дължина на речния канал в изследвания участък - енергиен клас (EG), надморска височина на водната повърхност (WS), критична дълбочина (Crit), промяната в надморската височина на точките от левия и десния бряг на реката (LOB, ROB), визуализация в HEC-RAS



Фиг. 4.5.4. Представяне на изчислените резултати за период на повторение на наводнението 100 г., в профилно сечение по цялата дължина на речния канал в изследвания участък – разпределение на скоростите в глания канал (Vel Chnl), десния (Vel Right) и левия бряг (Vel Left), в обхвата на наводнението, визуализация в HEC-RAS

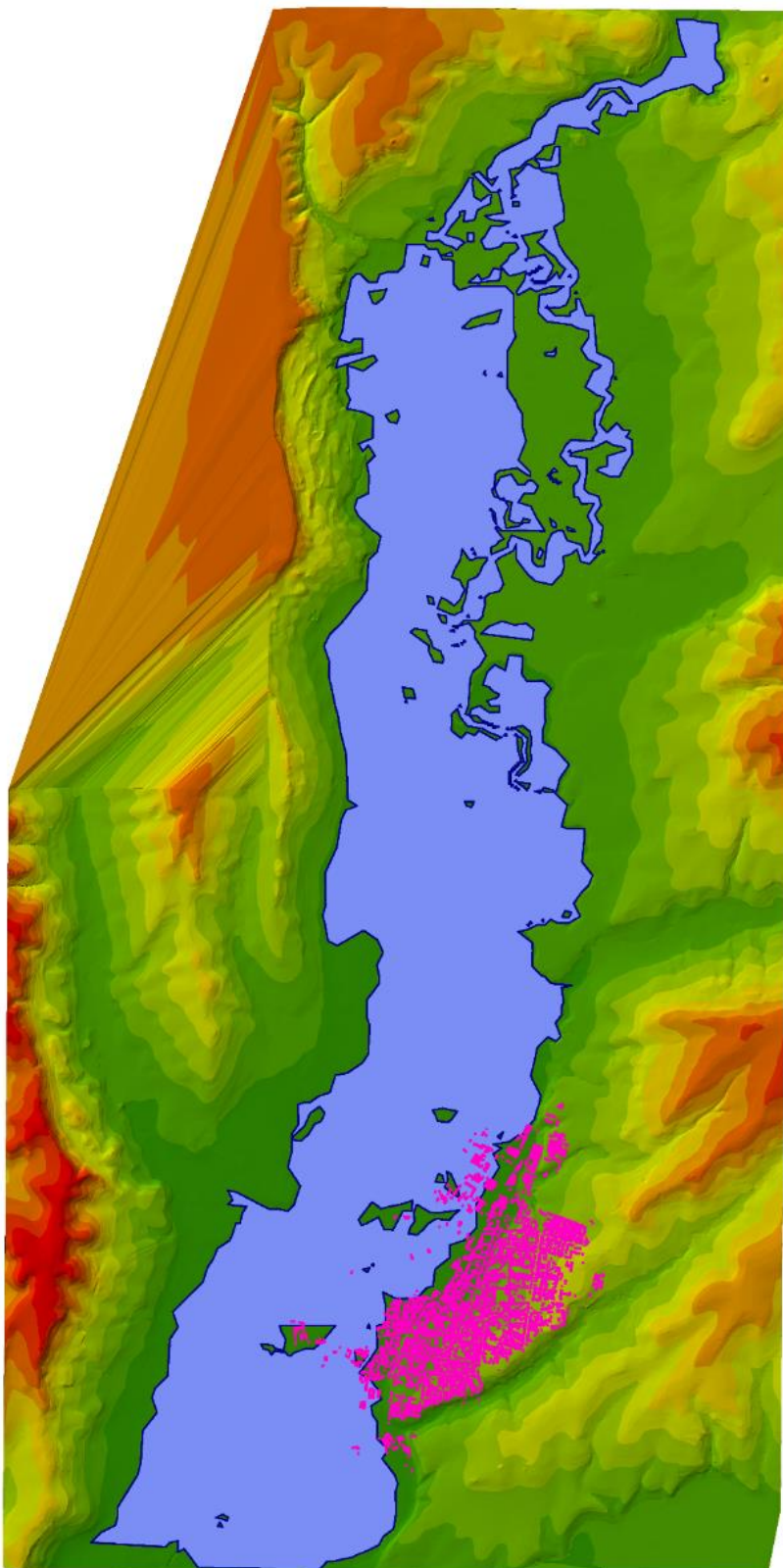
На Фигура 4.5.5 е представен 3D изглед на обхвата на наводнението с период на повторение 100 г.

На база на всички извършени изчисления са създадени карти на риска от наводнение в изследваната територия - карти на обхвата на наводнението, карти на разпределението на височините на водния стълб, карти на разпределението на скоростите на водния поток при наводнение с период на повторение 10 г., 20 г., 50 г., 100 г. На Фигура 4.5.6 – Фигура 4.5.14 са представени карти при наводнение с период на повторение 20 г., 50 г., 100 г.



Фиг. 4.5.5. Представяне на изчислените резултати за период на повторение на наводнението 100 г. – обхват на наводнението (WS) в изследвания участък, неефективни отточни зони (Ineff), релеф (Ground), точки, разделящи речния бряг от заливната площ (Bank Sta), 3D изглед, визуализация в HEC-RAS

Обхват на наводнението с период на повторение 20 г.

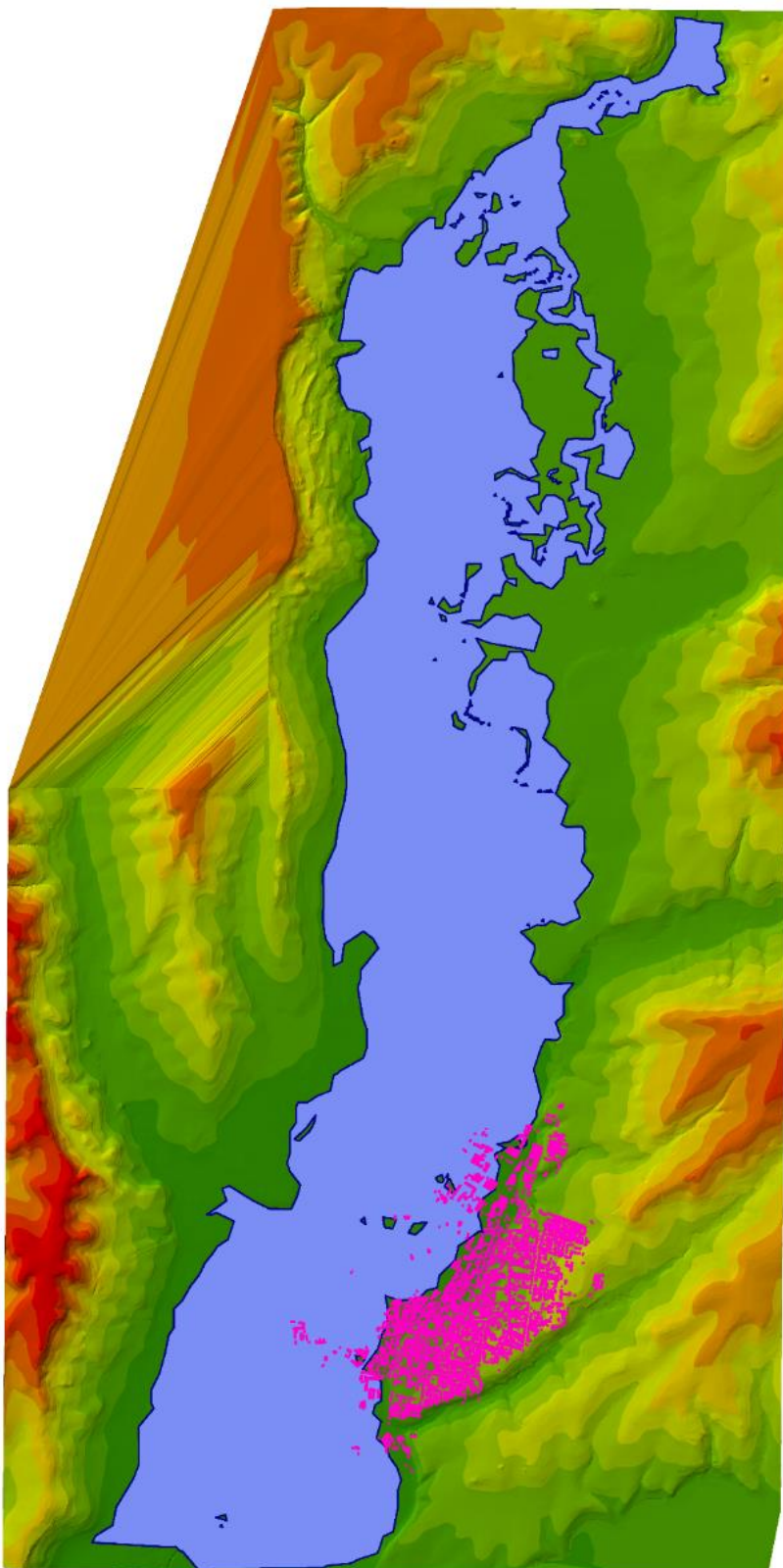


0 0.5 1 2 km

Координатна система WGS'84,
проекция UTM, зона 35 N

Фиг. 4.5.6. Карта на обхвата на наводнението с период на повторение 20 г. –
представяне в ArcGIS

Обхват на наводнението с период на повторение 50 г.

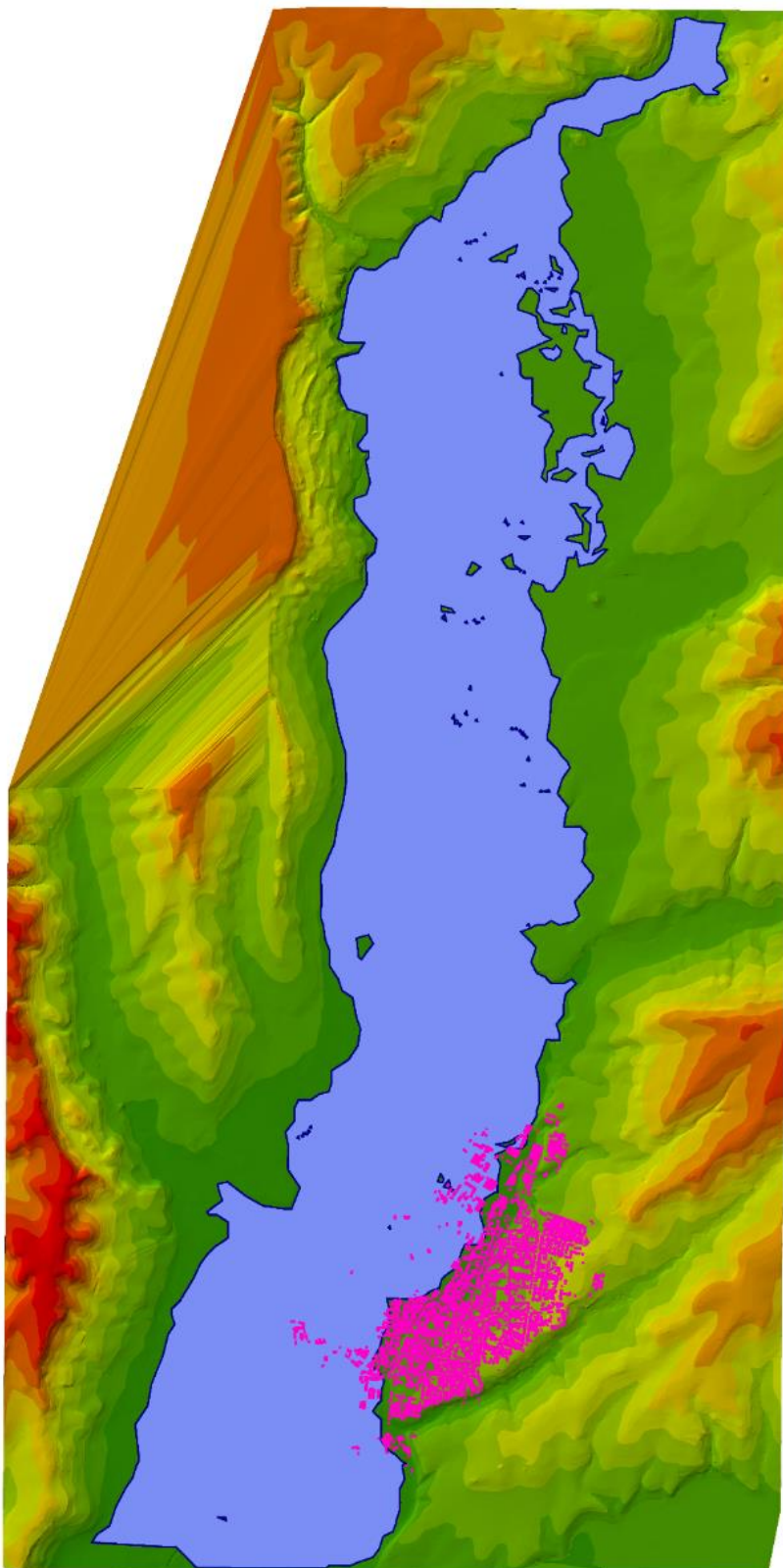


0 0.5 1 2 km

Координатна система WGS'84,
проекция UTM, зона 35 N

Фиг. 4.5.7. Карта на обхвата на наводнението с период на повторение 50 г. —
представяне в ArcGIS

Обхват на наводнението с период на повторение 100 г.

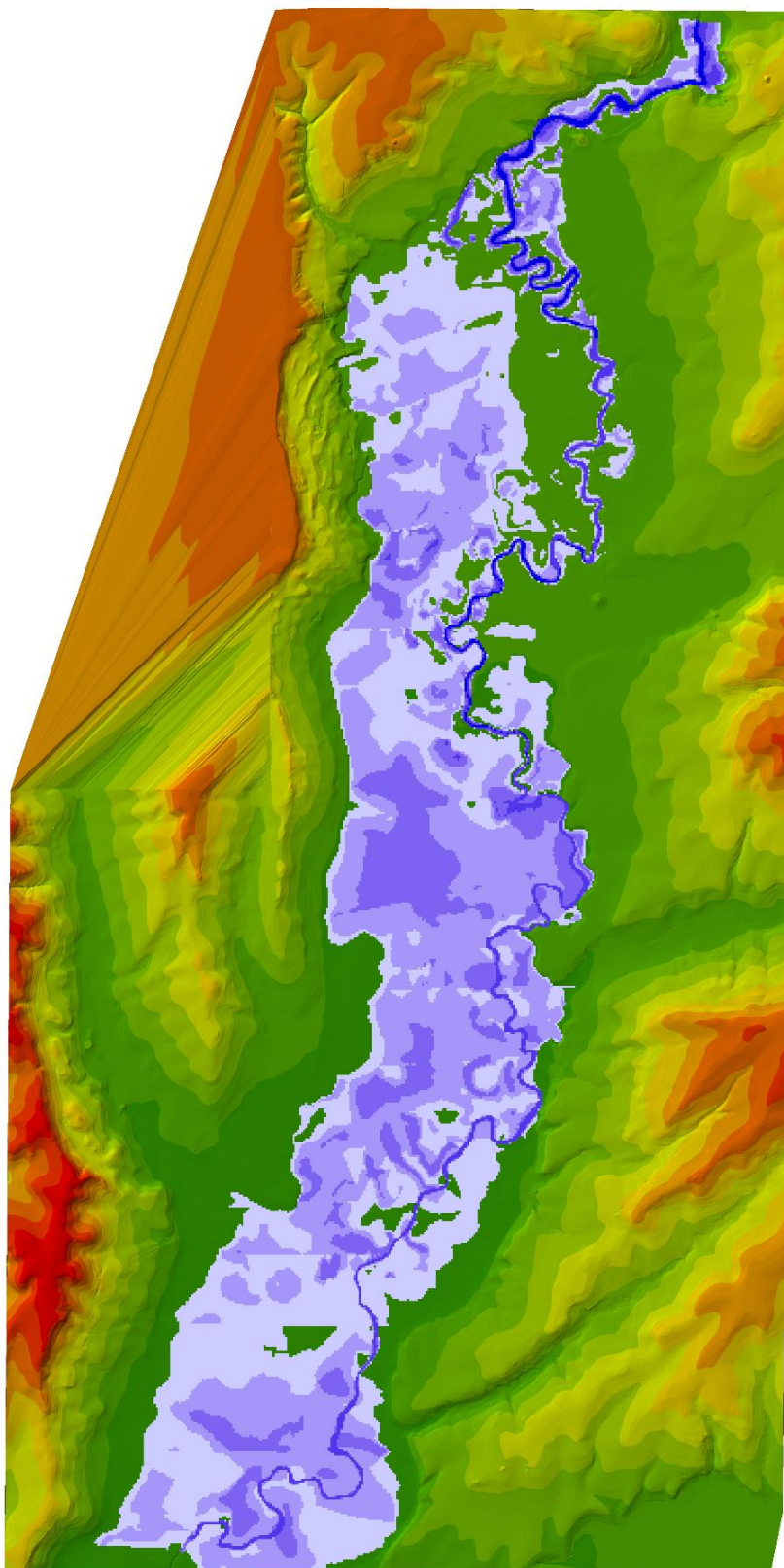


0 0.5 1 2 km

Координатна система WGS'84,
проекция UTM, зона 35 N

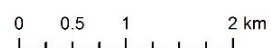
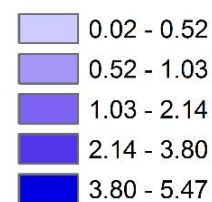
Фиг. 4.5.8. Карта на обхвата на наводнението с период на повторение 100 г.
– представяне в ArcGIS

**Разпределение на височините на водния стълб
при наводнение с период на повторение 20 г.**



Легенда

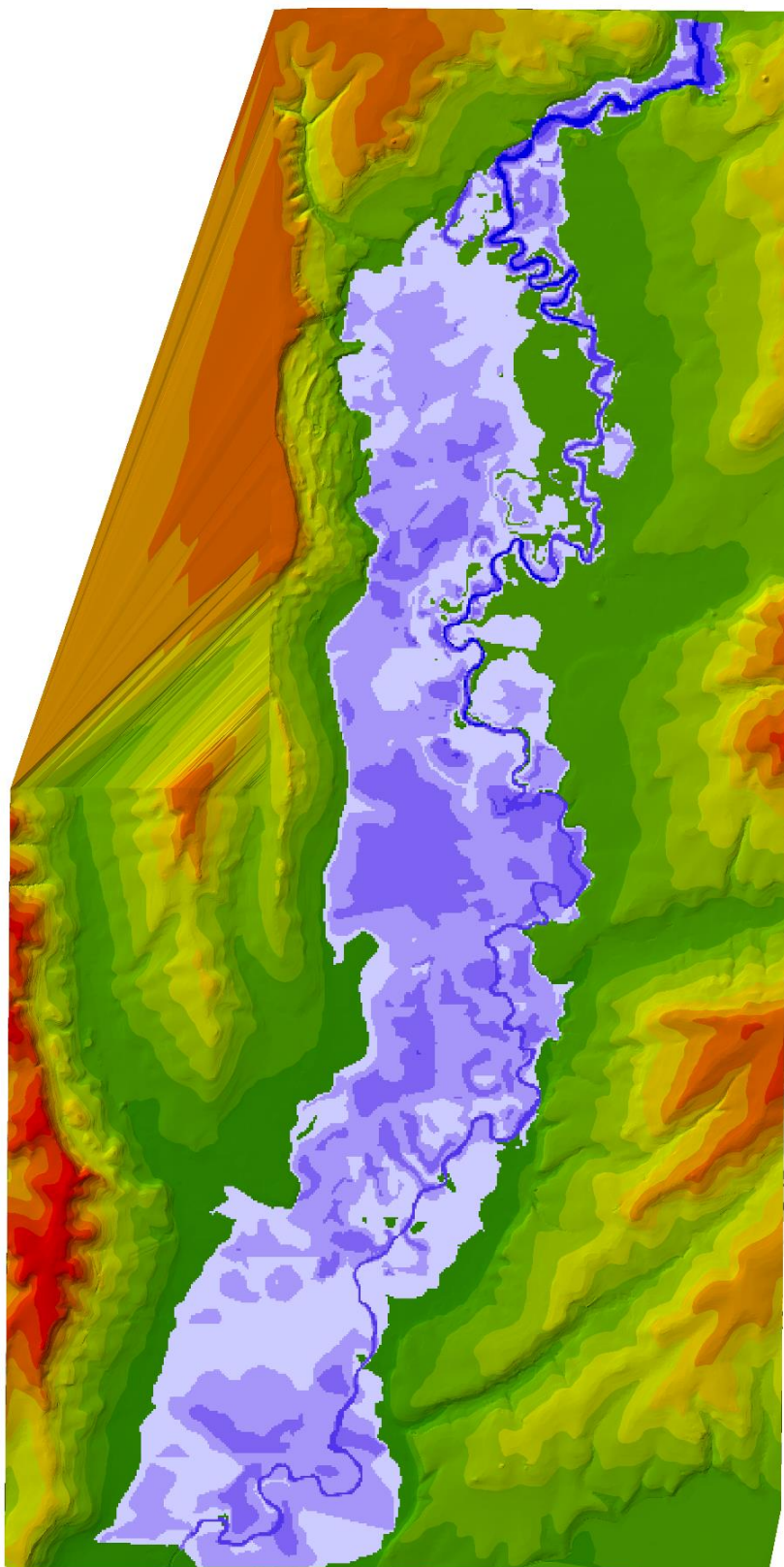
**Височина на
водния стълб [m]**



Координатна система WGS'84,
проекция UTM, зона 35 N

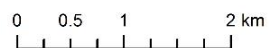
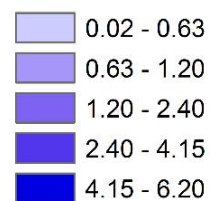
Фиг. 4.5.9. Карта на разпределението на височините на водния стълб при наводнение с период на повторение 20 г. – представяне в ArcGIS

**Разпределение на височините на водния стълб
при наводнение с период на повторение 50 г.**



Легенда

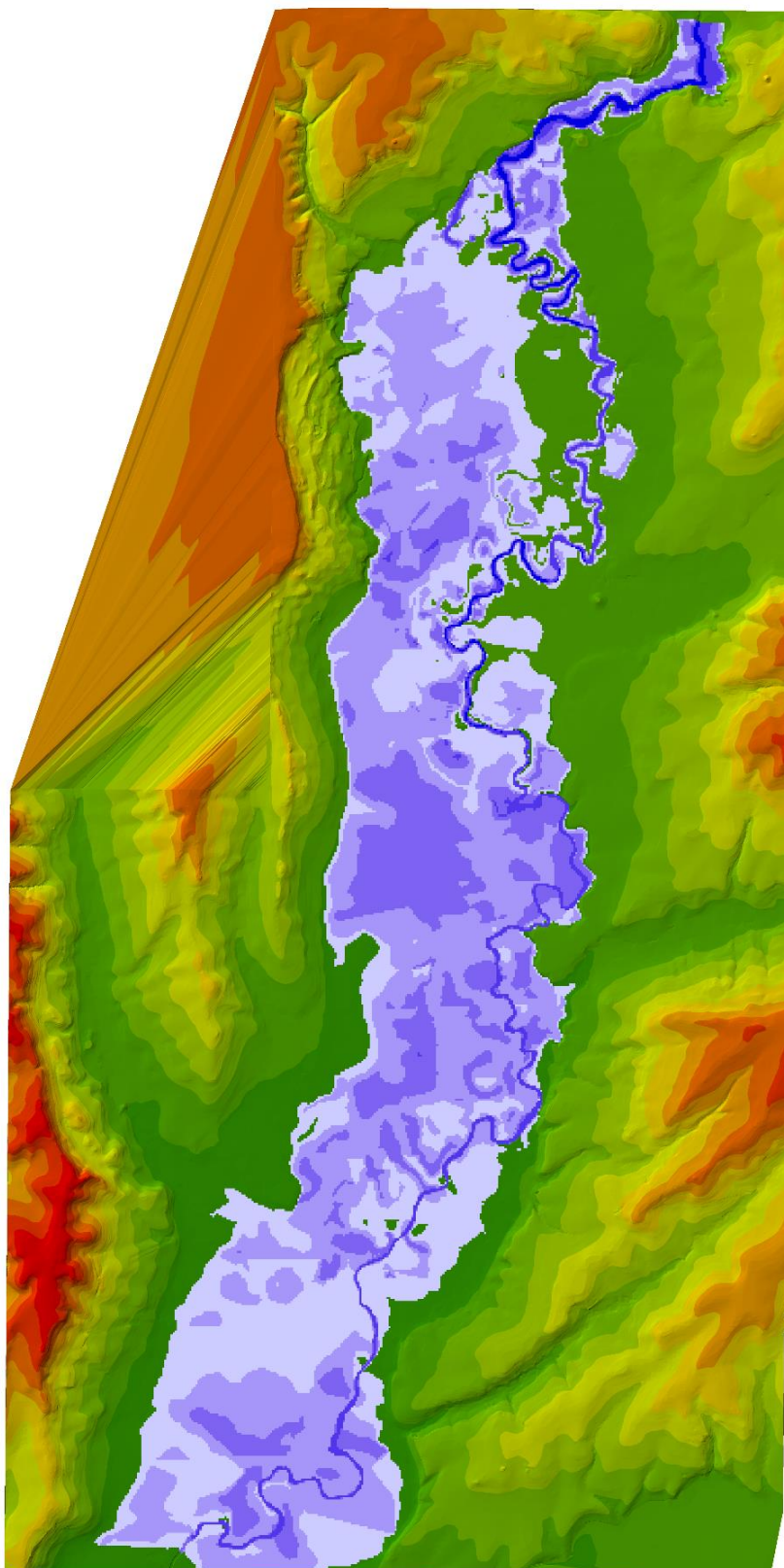
**Височина на
водния стълб [m]**



Координатна система WGS'84,
проекция UTM, зона 35 N

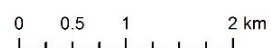
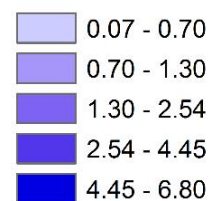
Фиг. 4.5.10. Карта на разпределението на височините на водния стълб при наводнение с период на повторение 50 г. – представяне в ArcGIS

**Разпределение на височините на водния стълб
при наводнение с период на повторение 100 г.**



Легенда

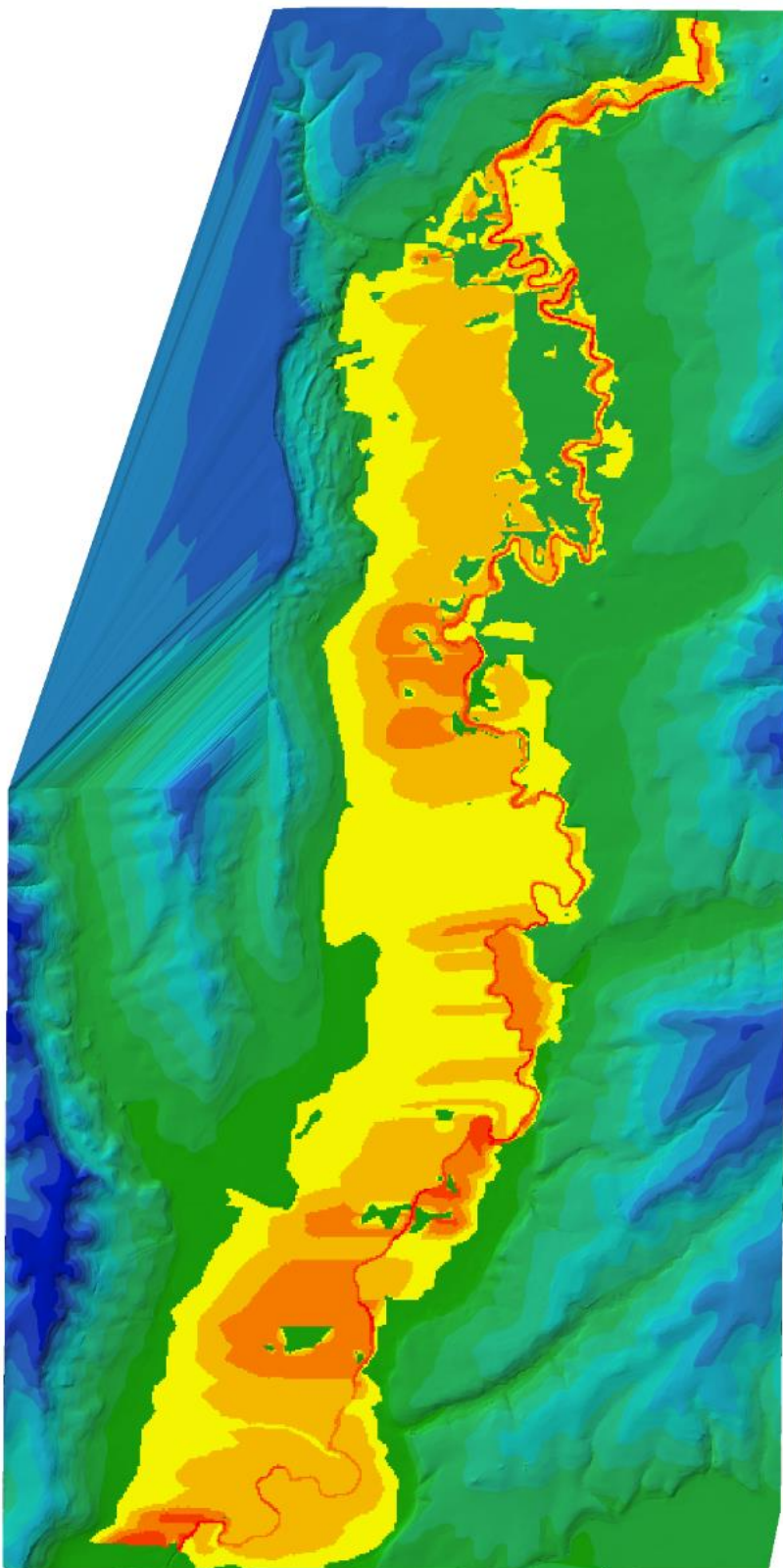
**Височина на
водния стълб [m]**



Координатна система WGS'84,
проекция UTM, зона 35 N

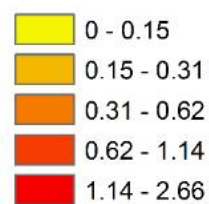
Фиг. 4.5.11. Карта на разпределението на височините на водния стълб при наводнение с период на повторение 100 г. – представяне в ArcGIS

Разпределение на скоростите на водния поток при наводнение с период на повторение 20 г.



Легенда

Скорост на водния поток [m/s]

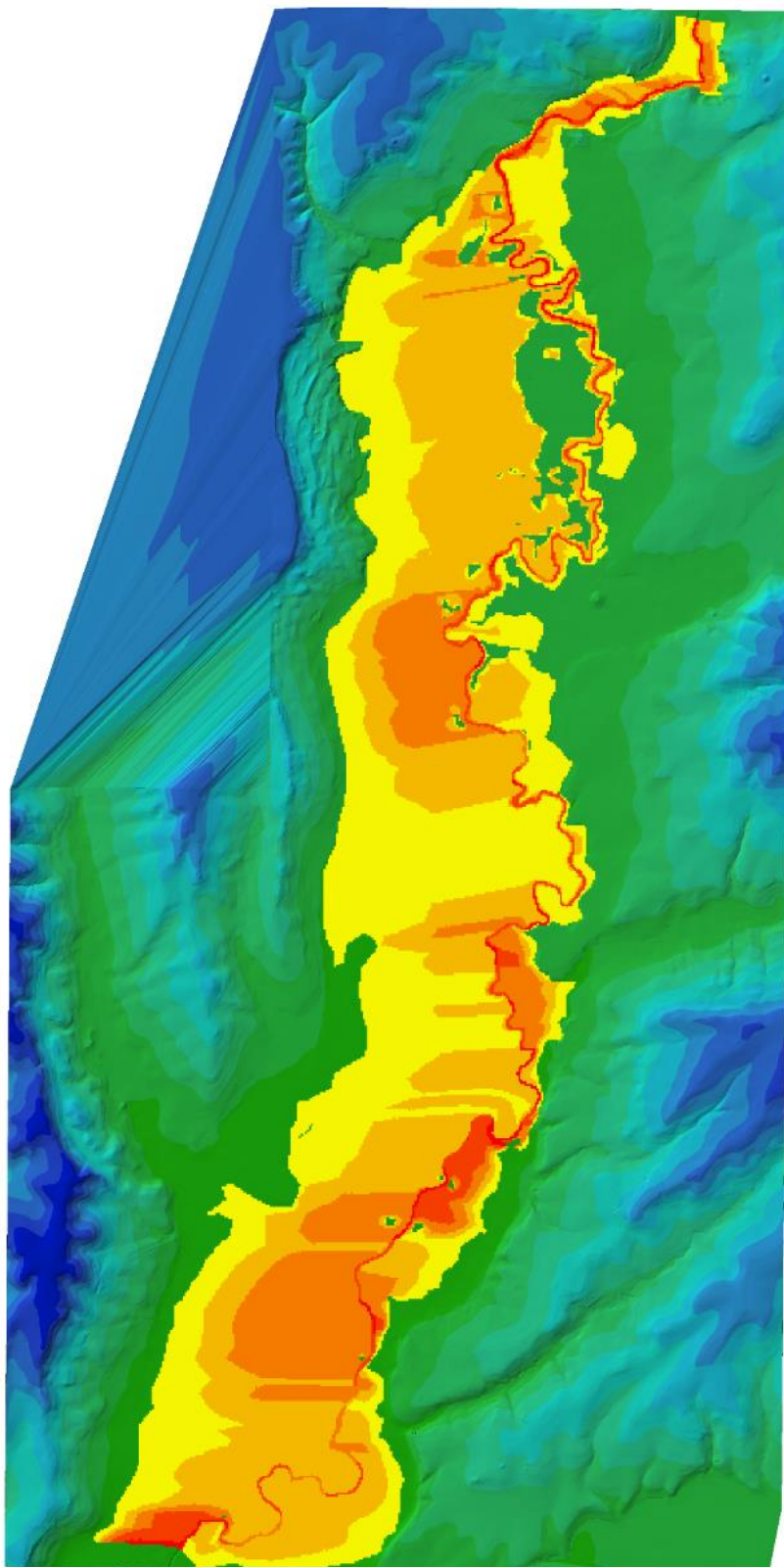


0 0.5 1 2 km

Координатна система WGS'84,
проекция UTM, зона 35 N

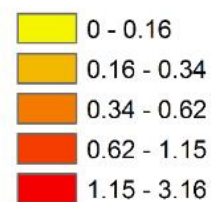
Фиг. 4.5.12. Карта на разпределението на скоростите на водния поток при наводнение с период на повторение 20 г. – представяне в ArcGIS

Разпределение на скоростите на водния поток при наводнение с период на повторение 50 г.



Легенда

Скорост на водния поток [m/s]

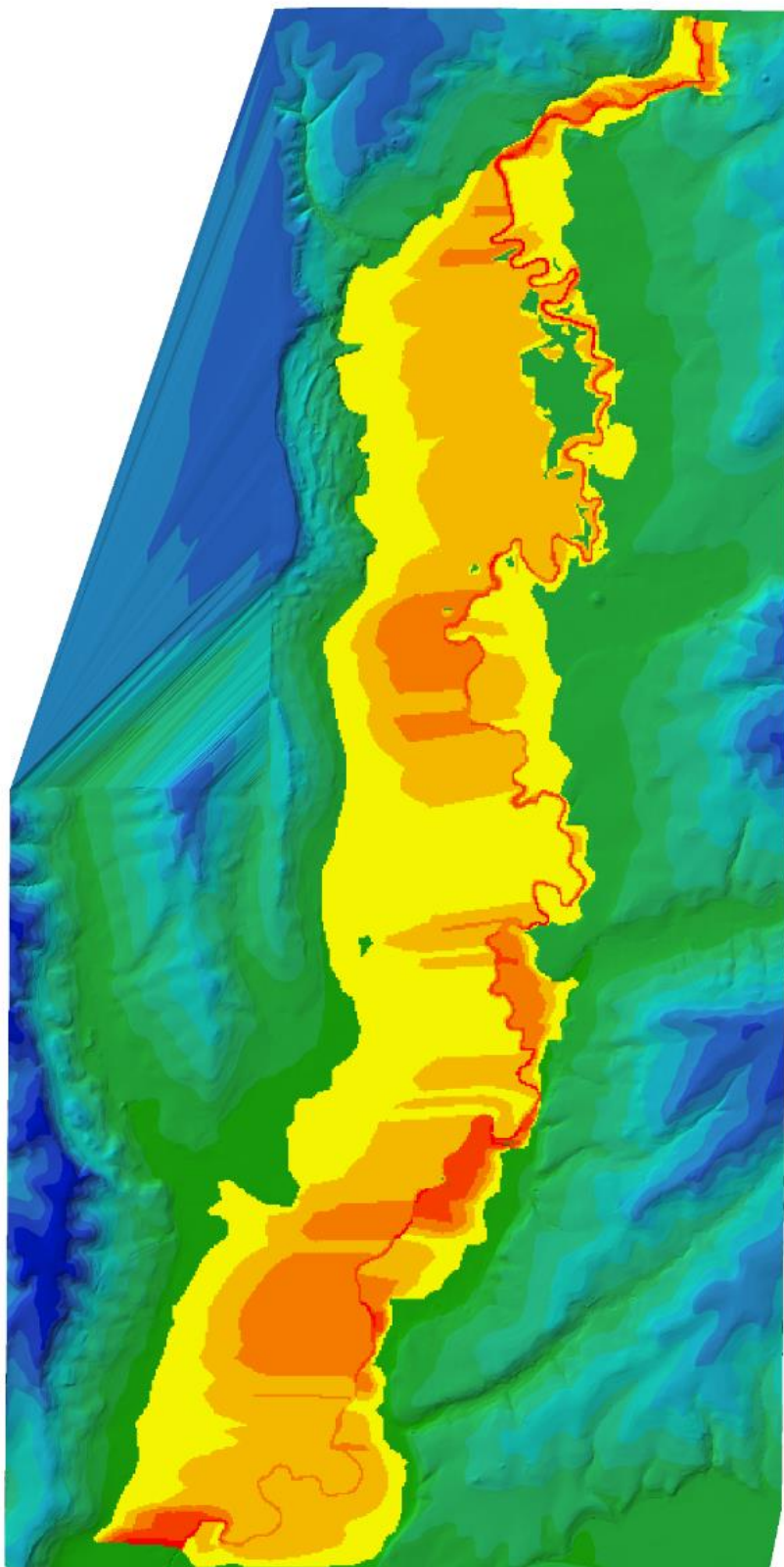


0 0.5 1 2 km

Координатна система WGS'84,
проекция UTM, зона 35 N

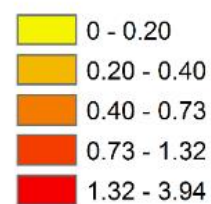
Фиг. 4.5.13. Карта на разпределението на скоростите на водния поток при наводнение с период на повторение 50 г. – представяне в ArcGIS

Разпределение на скоростите на водния поток при наводнение с период на повторение 100 г.



Легенда

Скорост на водния поток [m/s]



0 0.5 1 2 km

Координатна система WGS'84,
проекция UTM, зона 35 N

Фиг. 4.5.14. Карта на разпределението на скоростите на водния поток при наводнение с период на повторение 100 г. – представяне в ArcGIS

5. ОЦЕНКА НА РИСКА ОТ НАВОДНЕНИЯ

Съгласно Директива 2007/60/ЕС за наводненията, посредством оценката на риска от наводнения, трябва да се обхванат негативните въздействия върху защитените категории „Човешко здраве“, „Стопанска дейност“, „Околна среда“ и „Културно наследство“.

5.1. Защитена категория „Човешко здраве“

За оценка на защитената категория „Човешко здраве“ се използва броят на засегнатите от наводнение жители. От данните за броя на жителите на населеното място и площта му се определя гъстотата на населението. Ако в случай на наводнение, бъде залята част от територията на едно населено място, с помощта на размера на залятата площ и определената предварително гъстота на населението се определя броят на засегнатите от наводнението жители (Табл. 5.1.1). Допълнително отчитане на налични разлики в гъстотата на населението би могло да се осъществи, посредством вземане предвид освен броят на жителите и площите на населените места и очертаванията на сградите от съответни планове (МОСВ, 2011б).

Селищен район – Гъстота на населението = Брой жители / Селищна площ

Застрашен район - Брой засегнати жители = Гъстота на населението * Засегната селищна площ

Таблица 5.1.1. Оценка на риска от наводнение в защитена категория „Стопанска дейност“

Наводнение с период на повторение	Оценка на риска от наводнение в защитена категория "Човешко здраве"				
	Наводнена площ [m ²]	Брой население в изследваната територия	Селищна площ [m ²]	Гъстота на населението	Брой засегнати жители
10 г.	141273	11516	6678240	0.001724406	244
20 г.	327367	11516	6678240	0.001724406	565
50 г.	430866	11516	6678240	0.001724406	743
100 г.	503640	11516	6678240	0.001724406	868

5.2. Защитена категория „Стопанска дейност“

В случай на наводнение се появяват големи материални щети преди всичко от увреждането на сгради, респективно от увреждането на намиращия се там инвентар, от разрушаването на пътната инфраструктура /мостове и улици/, както и от щети в промишлени предприятия. В такива случаи много често съществена роля играят индиректните последици от наводнението, които се получават, например вследствие на преустановяване на работата на предприятието.

Оценката на защитената категория „Стопанска дейност“ се осъществява по същия начин, както при защитената категория „Човешко здраве“, посредством броя на засегнатите жители (Табл. 5.2.1) (МОСВ, 2011б).

В Таблица 5.2.2 и Таблица 5.2.3 се дава информация на броя засегнати сгради спрямо начина на трайно ползване и наводнената площ, спрямо типа земеползване.

Таблица 5.2.1. Оценка на риска от наводнение в защитена категория „Стопанска дейност“

Наводнение с период на повторение	Оценка на риска от наводнение в защитена категория "Стопанска дейност"				
	Наводнена площ [m ²]	Брой население в изследваната територия	Индустриална площ [m ²]	Гъстота на населението	Брой засегнати жители
10 г.	1861705	11516	28026957	0.000410890	765
20 г.	2957939	11516	28026957	0.000410890	1215
50 г.	3351150	11516	28026957	0.000410890	1377
100 г.	3551064	11516	28026957	0.000410890	1459

Таблица 5.2.2. Брой засегнати сгради спрямо начина на трайно ползване, при наводнение с период на повторение 10 г., 20 г., 50 г. и 100 г.

Наводнение с период на повторение	Брой засегнати сгради според типа на трайно ползване						
	Административни сгради	Второстепенни постройки	Жилищни сгради - еднофамилни	Магазини и складове	Сгради със смесено предназначение (вкл. индустриални сгради)	Спортни бази	Хотели
10 г.	4	0	3	1	57	2	0
20 г.	11	1	3	2	121	3	0
50 г.	13	3	14	4	148	3	0
100 г.	23	8	32	6	166	3	1

Таблица 5.2.3. Наводнена площ [m^2], спрямо типа земеползване, при наводнение с период на повторение 10 г., 20 г., 50 г. и 100 г.

Наводнение с период на повторение	Наводнена площ спрямо типа земеползване [m^2]									
	Високи насаждения	Водни площи	Гъста гора	Индустриална зона	Населено място	Ниски насаждения	Парк	Празна площ	Рядка растителност	Спорт
10 г.	35681.04	1546221.31	8770870.48	360043.11	19624.03	1465980.85	108255.69	4321353.20	2475190.30	13392.93
20 г.	80689.85	1600898.02	11497652.70	631866.49	47359.60	2245382.73	238834.58	5761618.57	2998990.73	41172.90
50 г.	98960.63	1619917.10	12668639.14	762332.08	84854.74	2489857.61	303389.40	6261147.11	3296333.14	42622.30
100 г.	110555.42	1625329.33	13487785.81	811245.74	144282.10	2629262.77	316735.95	6513972.76	3572439.75	42622.30

5.3. Защитена категория „Околна среда“

За оценка на риска от наводнения за защитена категория „Околна среда“ се препоръчва използването на следните три показателя:

- източниците на замърсяване по Регламент № 166/2006 г. на Европейската общност;
- защитените зони, според Директива за опазване на естествените местообитания и на дивата флора и фауна 92/43/ЕИО и според Директивата и за опазването на дивите птици 79/409/ЕИО;
- зоните за защита на водите, съгласно чл. 119а от Закона за водите.

Поради съществуващата възможност съоръжения и инсталации, включени в този регистър да предизвикат допълнително замърсяване поради авария в случай на наводнение, тяхната наличност трябва да бъде отчетена при оценката на риска от наводнения за защитената категория “Околна среда” (МОСВ, 2011б).

В обхвата на изследваната територия попадат границите на три резервата – резерват Горна Топчия, поддържан резерват Долна Топчия и поддържан резерват Балабана. Получените резултати от моделирането на наводнение с период на повторение 10 г., 20 г., 50 г., 100 г. показват , че и при трите сценария, териториите и на трите резервата ще бъдат обхвахати изцяло от високите води.

По данни на Европейския регистър за изпускането и преноса на замърсители, в поречието на р. Тунджа, в близост до защитените зони се намират няколко индустриално активни сектора, които представляват реална опасност в случай на потенциално наводнение – производство и обработка на метали, интензивно животновъдство и земеделие, регионални депа за управление на отпадъци и отпадъчни води.

5.4. Защитена категория „Културно наследство“

Оценката на риска от наводнения за защитена категория „Културно наследство“ се извършва според културната и научна стойност и според обществената значимост на недвижимите културни ценности, съгласно чл.9, Закон за културното наследство. За тази цел се препоръчва да се вземат предвид попадащите в границите на определените или познати заливаеми участъци недвижими културни ценности, както следва:

- категория „Световно значение“, вписани в списъка на световното културно наследство на човечеството;

- категория „Национално значение“ (археологически, исторически, архитектурни и етнографски обекти и комплекси), съгласно чл.50, ал.1 на Закон за културното наследство (МОСВ, 2011б).

В обсега на изследваната територията не попада нито един обект, класифициран в категории „Световно значение“ и „Национално значение“.

6. ИЗВОДИ

През последните години Географските информационни системи (ГИС), като мощен инструмент за анализ, документиране и мониторинг на различни процеси и явления, оказаха огромно въздействие върху изследователските техники в областта на географията и пространствения анализ. Интегриращата способност на ГИС да събира, съхранява, обработва, анализира, управлява и представя всички видове географски пространствени данни позволи моделирането и анализа на данни от различни пространствени гледни точки във водното инженерство и го наложи като подходящ инструмент за решаване на проблемите с водните ресурси от местен до глобален мащаб.

Картографирането на заплахата и риска от наводнения е сложна задача, която се основава на задълбочено познаване на процеса, наличните данни и разбиране на потребностите на крайните потребители. Използването на детайлна информация за релефа (например ЕТК) и прилагането на интегриран подход за обработката на тази информация чрез ArcGIS и HEC-RAS, подобрява качеството на управление на процесите във водосборния басейн на реките.

Този подход значително намалява разходите при моделирането в сравнение с други проучвания и консултантски услуги за водосборния басейн. Комбинацията от HEC-RAS и GIS модели предоставя точен метод за моделиране и визуализиране на пространственото и времевото разпределение и поведение на водите за дадено природно събитие по отношение на оттока и обхвата на наводнената територия, както и драстично намаляване на времето за реакция и вземане на адекватни мерки от страна на съответните власти.

Като цяло използването на ГИС и RAS технологиите е за създаването на ГИС база данни и разработването на хидравличен модел за част от водосбора на р. Тунджа, между гр. Ямбол и гр. Елхово за оценка на риска от наводнения и създаването на карти на заплахата и риска от наводнения, ще повиши информираността на населението и ще подпомогне усилията на местните власти за намаляване на времето за реакция при възникнала природна заплахата.

7. НАУЧНИ ПРИНОСИ

- Направен е анализ на геоложките и геоморфоложки предпоставки за възникването на хидроложки и хидрогеоложки фактори за наводнения по поречието на р. Тунджа между Ямбол и Елхово и е създаден цифров модел на терена (TIN повърхнина) чрез дигитализиране на едромащабни топографски карти в М 1:5000.
- Разработена е геобазата данни съдържаща слоеве с централната и страничните линии на потока, речните брегове, повърхностните напречни профили, мостовото съоръжение, неефективни отточни зони, препятствия за водния поток и карта на земеползването.
- Създаден е хидравличен ГИС модел на речното наводнение представящ обхвата на наводнението, разпределението на скоростта на водния отток в обхвата на наводнението, дълбочината на водата в обхвата на наводнението и енергията на водния поток, който да служи за оценка и управление на риска от наводнения и да бъде надеждно средство при набелязването на мерки за неговото минимизиране.
- Създадени са карти на заплахата и риска от наводнения, скоростите на речния поток и разпределението на дълбочините, които ще се използват за оценка и управление на риска от наводнение в изследвания участък.
- Направена е оценка на риска от наводнение в защитени категории „Човешко здраве“, „Стопанска дейност“, „Околна среда“, „Културно наследство“.

НАСОКИ ЗА БЪДЕЩИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Разработката е с висок потенциал за продължаване на изследванията след защитата на дисертацията предвид важността им за опазване на човешкото здраве, повишаване степента на защита на критичната инфраструктура, подобряване условията за защита на околната среда, повишаване информираността, подготвеността и реакциите на населението при наводнение.

Предвид важността на разработката за намаляване на неблагоприятните последици за човешкото здраве, околната среда, културното наследство и стопанската дейност, резултатите от изследването могат да послужат като основа за разработване на проекти за прогнозиране и управление на риска от наводнения и баланса на водните ресурси в района чрез:

1. Мониторинг на основните фактори влияещи върху формирането и режимът на водите – климатични (валежи, температура, изпращане), фактори на постилащата повърхнина (релеф, геоложки и геоморфоложки състав, почвена и растителна покривка, хидрографски особености на речния басейн), антропогенни фактори, както и оптимизиране и модернизиране на метеорологичната и измервателна мрежа;
2. Теренни изследвания по протежението на р. Тунджа от гр. Ямбол до гр. Елхово за документиране на стеснените участъци на речното корито, дължащи се на естествени или антропогенни фактори и разработване на препоръки за коригиране на речното русло в стеснените участъци (укрепване и корекции на речните корита, строителство на нови диги и др.);
3. Разглеждане на язовирите като причина за наводненията и техния мониторинг като проблем за решаване на правителствено ниво;
4. Набелязването на комплекс от мерки за ранно известяване на населението при създаване на предпоставки за рисково покачване на нивото на р. Тунджа, който да бъде включен в общинските планове за управление, с цел минимизиране на щетите от наводненията;
5. Отводняване на склоновете, чрез поддържане на канавки, създаване на отводнителна канализационна система, извън рамките на градската канализация, периодично почистване и поддържане на речните корита с цел оптималното преминаване на водни количества с различна обезпеченост;

6. Създаване на високоточен релеф, чрез наземно лазерно сканиране и мониторинг на речното корито, чрез периодично облитане на речния участък с дрон;
7. Проследяване на наводненията и в притоците на р. Тунджа, всички от които завършват с наносни конуси, свидетелстващи за минали наводнения;
8. Анализ на заливните тераси и речните наслаги, чрез изследване на руслови наслаги, алувий, пролувий, старици, меандри, блата, органика и др.;
9. Мониторинг на залесеността и лонгозната растителност по поречието на р. Тунджа.
10. Преработване на методиката, с цел прилагането ѝ за реките и притоците, намиращи се в планински терени, с неразвит напречен и надлъжен профил, като именно тези реки са потенциално опасни за развитието на кално-каменни потоци и наводнения.

ПУБЛИКАЦИИ СВЪРЗАНИ С ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

- Кършева, К. 2015. Оценка на риска от наводнение в Елховското структурно понижение, в района на гр. Елхово. - *Год. МГУ*, 58, св. I – Геол. и геофиз., 130-134.
- Кършева, К. 2015. Моделиране на седиментния транспорт с HEC-RAS в Елховското структурно понижение в района на гр. Елхово. – В: Сб. разширени резюмета „Геонауки 2015“, Бълг. Геол. д-во, С. 133-134.
- Кършева, К. 2016. Моделиране на мостови съоръжения и хидравлични анализи с HEC-RAS в Тунджанското структурно понижение, в района на гр. Елхово. - *Год. МГУ*, 59, св. I – Геол. и геофиз., 78-82.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексиев, Г., И. Вапцаров. 1994. Геоморфоложка характеристика на кватернерните тектонски процеси в обхвата на Тунджанското структурно понижение. – *Пробл. на геогр.*, 4, 63-87.
- Басейнова дирекция за управление на водите Източноевропейски район - Пловдив. 2010. План за управление на речните басейни в Източноевропейски район 2010-2015, Том III Тунджа. <http://earbd.org/indexdetails.php?menufiid=367>. 39 с.
- Басейнова дирекция за управление на водите Източноевропейски район - Пловдив. 2015. Карти на заплахата и риска от наводнение. http://earbd.org/indexdetails.php?menu_id=577
- Басейнова дирекция за управление на водите Източноевропейски район - Пловдив. 2016. План за управление на речните басейни в Източноевропейски район 2016-2021, http://earbd.org/indexdetails.php?menu_id=609
- Бончев, Ек. 1966. Геология на България. (??? 1955, С., Наука и изкуство, 264 с.)
- Бончев, Е., С. Савов, Г. Чаталов. 1969. Върху блоковото разчленяване на Странджанския антиклинорий. – *Изв. геол. инст., сер. геотект.*, 18, 143-157.
- Владев, Д. 2009. Геоморфоложко развитие на Тунджанското структурно понижение – Год. Шуменски университет „Епископ Константин Преславски“, Vol. XIX B4, 27-44.
- Гълъбов, Ж. 1966. Сакаро-Светиилийски възвишения. – В: Герасимов, И. П., Ж. Гълъбов (ред.), *География на България. т. I*, Физическа география. С., Изд. БАН, 548 с.
- Дабовски, Х., С. Савов, Г. Чаталов, Г. Шиляфов. 1994. Геоложка карта на България, М 1:100 000. Картен лист Елхово. КГМР.
- Дабовски, Х., С. Савов, Г. Чаталов, Г. Шиляфов. 1994. Обяснителна записка към геоложка карта на България, М 1:100 000, картен лист Елхово. С., КГМР, Геология и Геофизика АД, 75 с.

- Димитров, И., Б. Вълчев, Г. Начев. Нови данни за терасите на р. Тунджа между с. Тенево и гр. Елхово, ЮИ България. – Геонауки 2014, 39-40.
- Директива 2007/60/ЕС относно оценката и управлението на риска от наводнения.
- Квасников, П. 2000. Том IV. Източнобеломорски район. Поречие Тунджа. В: Сантурджян, О. (Ред.) Генерални схеми за използване на водите в районите за басейново управление. 106 с. <http://old.bluelink.net/water/kolektiv.htm>
- Кожухаров, Д., С. Савов, И. Боянов, Г. Шиляфов. 1994. Геоложка карта на България, М 1:100 000. Картен лист Тополовград. КГМР.
- Кожухаров, Д. С. Савов, Г. Чаталов, Е. Кожухарова, И. Боянов, Е. Челебиев. 1994. Обяснителна записка към геоложка карта на България, М 1:100 000, картен лист Тополовград. С., КГМР, Геология и Геофизика АД, 73 с.
- МОСВ. 2006-2008. Проект „Интегрирано управление на водите в Република България“. http://earbd.org/indexdetails.php?menu_id=294
- МОСВ. 2011а. Предварителна оценка на риска от наводнения в главните речни басейни на Република България – методика за оценка на риска от наводнения, съгласно изискванията на директива 60/2007/ЕС – Част А – Подготвителни работи, 113 с. https://moew.government.bg/static/media/ups/tiny/file/Water/Povarhnostnivodi/PORN/Chast_A_28062011.pdf
- МОСВ. 2011б. Предварителна оценка на риска от наводнения в главните речни басейни на Република България – методика за оценка на риска от наводнения, съгласно изискванията на директива 60/2007/ЕС - Част В - Методични указания за предварителната оценка на риска от наводнения, 210 с. https://moew.government.bg/static/media/ups/tiny/file/Water/Povarhnostnivodi/PORN/Chast_B_28062011.pdf
- МОСВ. 2016. План за управление на речните басейни в Източнобеломорски район (2016-2021 г.), 703 с. http://earbd.org/indexdetails.php?menu_id=611

- МРРБ. 2012. Национална стратегия за регионално развитие (НСРР) на Република България за периода 2012-2022 г., 193 с.
<http://www.strategy.bg/publicconsultations/View.aspx?lang=bg-BG&Id=598>
- Николова, М., Стоян Недков. 2012. Рискът от наводнения. ГИС моделиране на промените в околната среда за оценка на риска от наводнения. София. ТерАРТ. 247 с.
- НИМХ-БАН. 2013. Окончателен доклад - Методика за оценка на заплахата и риска от наводнения, съгласно изискванията на директива 2007/60/ЕС, 357 с.
- НИМХ-БАН. Исторически данни за наводнения по р. Тунджа в гр. Елхово, за периода между 1954 г. и 2005 г. <http://maritsa.meteo.bg/apache2-default/maritsa/static/aboutBG.php?infoto=hydro>
- Савов, С. 1971. Сакаро-Странджанска тектонска зона. В: Йовчев, Й. С. (ред.) Тектонски строеж на България. С., Техника, 207 -224.
- Савов, С. 1983. Строеж на Елховското структурно понижение. *Сп. Бълг. геол. д-во*, 44, 3, 326-331.
- Христов, Р., 1969. Речни тераси в долината на р. Тунджа между Ямбол и Елхово. – *Год. ВМГИ*, 15, Св. II, 207-218.
- Христов, Р., 1970. Изучаване на четвъртичните наслаги и проявите на неотектонски движения в източната част на Тракийската низина. – *Год. ВМГИ*, 16, Св. II, 77-91.
- Цвијић, Ј. 1906. Основе за географију и геологију Македоније и старе Србије с проматрањима у Јужној Бугарској, Тракији, Суседним деловима Мале Азије, Тесалији, Епиру и Северној Арбанији. Београд, Држ. штамп. краљ. Србије, 548-630.
- Чаталов, Г. 1965. Новые тектонические структуры в области между Сакар-планина и Странджа планина. – *Докл. БАН*, 18, 9, 861-864.
- US Army Corps of Engineers. 1996. Hydrologic Engineering Center – Bridge hydraulic Analysis with HEC-RAS. TP 151. 26 p.

- US Army Corps of Engineers. 2009. Hydrologic Engineering Center – HEC-GeoRAS, GIS tools for support of HEC-RAS using GIS. – User’s manual. V.4.2. 246 p.
- US Army Corps of Engineers. 2010a. Hydrologic Engineering Center – HEC-RAS, River Analysis System. – Application Guide. V.4.1. 351 p.
- US Army Corps of Engineers. 2010b. Hydrologic Engineering Center – HEC-RAS, River Analysis System. – Hydraulic Reference Manual. V.4.1. 411 p.
- US Army Corps of Engineers. 2010c. Hydrologic Engineering Center - HEC-RAS. River Analysis System. User’s Manual. V.4.1, 790 p.