



НАЦИОНАЛЕН ИНСТИТУТ ПО МЕТЕОРОЛОГИЯ И ХИДРОЛОГИЯ
Гр. СОФИЯ

Бул. „Цариградско шосе“ № 66
1784 София, България
E-mail:office@meteo.bg

Тел.: +359 (2) 4624500
Факс: +359 (2) 988 03 80, 988 44 94
<http://www.meteo.bg>

Инж. Радослава Христова-Иванова

**Определяне на характерни максимални водни
количества в условия на ненаблюдавани
урбанизирани територии**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация

**за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“
в област на висше образование 5. Технически науки,
професионално направление 5.7. Архитектура, строителство и
геодезия (инженерна хидрология, хидравлика и водно стопанство)**

Научен ръководител: проф. Пламен Нинов

проф. Цвятка Карагъзова



гр. София, 2025 г.



НАЦИОНАЛЕН ИНСТИТУТ ПО МЕТЕОРОЛОГИЯ И ХИДРОЛОГИЯ
Гр. СОФИЯ

Бул. „Цариградско шосе“ № 66
1784 София, България
E-mail:office@meteo.bg

Тел.: +359 (2) 4624500
Факс: +359 (2) 988 03 80, 988 44 94
<http://www.meteo.bg>

Инж. Радослава Христова-Иванова

**Определяне на характерни максимални водни
количества в условия на ненаблюдавани
урбанизирани територии**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация

**за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“
в област на висше образование 5. Технически науки,
професионално направление 5.7. Архитектура, строителство и
геодезия (инженерна хидрология, хидравлика и водно стопанство)**

Научен ръководител: проф. Пламен Нинов

проф. Цвятка Карагьозова

гр. София, 2025 г.

Дисертационния труд е с обем 160 страници, съдържа 72 таблици, 74 фигури и 58 уравнения и се състои от 4 глави. Използваната литература включва 101 заглавия. Номерата на главите, в автореферата съответстват на номерацията в дисертационния труд.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на заседание на разширен научен семинар на департаменти „Хидрология“, „Измервания, метеорология и информационни технологии“, проведен на 18.03.2025 г., съгласно заповед № НД 05-03/06.03.2025 г. на Генералния директор на НИМХ.

Състав на научното жури:

Вътрешни членове:

проф. д-р Пламен Нинов

доц. д-р Елена Божилова

Външни членове:

проф. д-р Николай Лисев

доц. д-р Венцислав Божков

доц. д-р Татяна Орехова

Резервни членове:

доц. д-р Весела Захаријева

доц. д-р Мартина Печинова

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 18.06.2025 г. в часа в Учебния център на НИМХ, гр. София

Материалите по защитата ще са на разположение на интересуващите се в канцеларията на НИМХ и на интернет страницата на института: www.meteo.bg.

Съдържание:

Увод	8
Първа глава	9
1. Максимално водно количество с определена обезпеченост (период на повторение) – подходи за определяне	9
1.1. Методичен подход при наличие на хидроложки измервания	9
1.1.1. Определяне на максимални водни количества с период на повторение веднъж на 20, 100 и 1000 г. в хидрометрични станции	9
1.1.2. Избор на период за изследване на хидроложките редици	10
1.1.3. Избор на теоретична крива за разпределение на максималния отток и определяне на характерните максимални водни количества с обезпеченост 0.1%, 1% и 5% в станциите	10
1.1.4. Избор на вероятностно-статистически модел за определяне на максималните водни количества с различна обезпеченост на действащите хидрометричните станции	10
1.1.4.1. Пиърсън III тип разпределение (P3)	11
1.1.4.2. Трипараметрично логнормално разпределение (LN3)	11
1.1.4.3. Екстремалните вероятностни разпределения (GEV)	11
1.1.4.4. Екстремално разпределение от I тип (EV1)	12
1.1.4.5. Екстремално разпределение от II тип (EV2)	12
1.1.4.6. Екстремално разпределение от III тип (EV3)	12
1.2. Методични подходи за определяне на характерни максимални водни количества при отсъствие на хидрометрични наблюдения	13
1.2.1. Регионализация	13
1.2.2. Методични подходи за трансфер на информация от наблюдавани към ненаблюдавани пунктове	14
1.3. Определяне на максимални характерни водни количества посредством изчисляване на максимални дъждове от ползвани до сега литературни източници (при липса на валежова информация)	15
1.3.1. Определяне на район на денонощен максимум и район за редукционните криви на дъждовете	15
1.3.2. Определяне на средномногогодишните стойности на денонощния максимум на валежа Н	17
1.3.3. Определяне на денонощни валежни максимуми с различна обезпеченост (H_p), за характерни максимални водни количества	18
1.3.4. Определяне на отточният коефициент при различни характерни максимални водни количества в хидрометричната станция на р. Владайска - гр. София при кв. Княжево	19
1.4. Влияние на урбанизираната среда	19
Втора глава	21
2. Физикогеографски и хидроложки характеристики на района на град София ..	21
2.1. Климат	21
2.2. Топография	21

2.3. Основни фактори за формиране на водни ресурси	22
2.3.1. Природни фактори	22
2.3.1.1. Климатични фактори	22
2.3.1.2. Геоморфоложки фактор	22
2.3.1.3. Геоложки фактор	23
2.3.1.4. Почвено-растителни фактори	23
2.3.2. Антропогенен фактор	23
2.4. Речни води	23
2.4.1. Повърхностни води	23
2.4.2. Речна система	24
2.4.3. Подземни води	25
2.4.4. Речен отток	26
2.4.5. Многогодишен отток и водни ресурси	27
2.4.6. Вътрешногодишно разпределение	27
2.4.7. Разделяне на райони спрямо хидроложките условия	27
2.5. Почви	28
2.5.1. Обща характеристика на почвената покривка	28
2.6. Пилотен водосбор на изследване – урбанизираната територия на град София и протичащите през града Витошки реки	29
2.6.1. Общи сведения	29
2.6.2. Хидрометрична мрежа в Софийско поле	30
2.6.3. Повтаряемост на максимален отток на р. Владайска към разглеждания створ на ХМС №18420	33
2.6.4. Определяне на отточните коефициенти на р. Владайска към разглеждания створ на ХМС №18420	38
Трета глава	39
3. Определяне на максимално водно количество с определена обезпеченост в градска среда – методични подходи и практическа реализация за гр. София	39
3.1. Определяне на характерни максимални водни количества с определена обезпеченост и отточния коефициент за всеки един избран условен ненаблюдаван пункт	39
3.1.1. Определяне на максимални характерни водни количества посредством изчисляване на максимални дъждове от ползвани до сега литературни източници (при липса на валежова информация)	39
3.1.1.1. Избор на условни ненаблюдавани пунктове на р. Владайска за определяне на характерни максимални водни количества и отточни коефициенти на избраните условни ненаблюдавани пунктове	39
3.1.1.2. Определяне площите на съответните земни покрития в изследваните подводосбори на р. Владайска	43
3.1.1.3. Определяне на обобщения отточен коефициент за всички подводосбори на р. Владайска	45

3.1.1.4. Определяне на характерни максимални водни количества на условни ненаблюдавани пунктове по поречието на р. Владайска с отчитане влиянието на урбанизацията през 2019 г.	46
3.1.2. Определяне на максимални характерни водни количества с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) посредством наличие на актуална информация за валежи с определена обезпеченост на максимални дъждове с отчитане влиянието на урбанизацията през 1878 г. и през 2019 г.	48
3.2. Приложение на методичния подход за определяне на характерни максимални водни количества за р. Владайска върху други Софийски реки по представената изчислителна схема	50
3.2.1. Характерни максимални водни количества на р. Суходолска при използване на станция №18420 на р. Владайска – гр. София при кв. Княжево като станция – аналог	50
3.2.2. Характерни максимални водни количества на р. Перловска при използване на станция №18420 на р. Владайска – гр. София при кв. Княжево като станция – аналог	52
3.2.3. Характерни максимални водни количества на р. Слатинска при използване на станция №18420 на р. Владайска – гр. София при кв. Княжево като станция – аналог	53
3.2.4. Характерни максимални водни количества на реките притоци на р. Перловска и р. Слатинска, при използване на станция №18420 на р. Владайска – гр. София при кв. Княжево като станция – аналог	54
3.3. Сравнителни графики и таблици на условните ненаблюдавани пунктове във водосбора на р. Владайска спрямо урбанизацията през 1878 г. и през 2019 г. .	55
Четвърта глава	67
4. Сценарии за определяне на характерно максимално водно количество – връщане в миналото в условия на слаба урбанизация посредством картен материал и бъдещи сценарии при промяна степента на урбанизацията и земеползване до 100%	67
4.1. Определяне на максимални водни количества при бъдещ сценарий при промяна степента на урбанизацията и земеползването до 100%	68
4.1.1. Определяне на характерни максимални водни количества на условни ненаблюдавани пунктове по поречието на р. Владайска с отчитане влиянието на една евентуална 100%-ова урбанизация в бъдеще	68
4.1.2. Определяне на характерни максимални водни количества на условни ненаблюдавани пунктове на останалите не обхванати от мониторинга реки с отчитане влиянието на 100%-ова урбанизация	73
4.1.2.1. Определяне на характерни максимални водни количества на условни ненаблюдавани пунктове по поречието на р. Суходолска с отчитане влиянието на 100%-ова урбанизация	73

4.1.2.2. Определяне на характерни максимални водни количества на условни ненаблюдавани пунктове по поречието на р. Перловска с отчитане влиянието на 100%-ова урбанизация	77
4.1.2.3. Определяне на характерни максимални водни количества на условни ненаблюдавани пунктове по поречието на р. Слатинска с отчитане влиянието на 100%-ова урбанизация	81
4.1.2.4. Определяне на характерни максимални водни количества на условни ненаблюдавани пунктове по притоците на р. Перловска и р. Слатинска с отчитане влиянието на 100%-ова урбанизация	84
4.2. Изводи	87
Заклучение	87
Приноси	88
Публикации	88
Библиография	89

Увод

За определянето на максимални водни количества с определена вероятност (обезпеченост “Р”) се използват данни от мониторингови пунктове, в които има непрекъснати дълги редици от наблюдения (минимум 30 години). В практиката са познати много методи, които се използват за определянето на водните количества.

Актуалност на тематиката

През последните няколко години се наблюдава увеличение на наводненията в урбанизираните територии, което поставя въпроса за формирането на максималния отток в градска среда все по-остро.

От друга страна влиянието на урбанизацията върху формирането на максималните водни количества е въпрос с нарастващо значение и важност, като неговото методично изясняване е в процес на развитие по света и у нас.

Проблемът в някои случаи се усложнява още повече поради липсата на добре развита хидроложка мониторингова мрежа и необходимостта от прилагането на други методи за определяне на максималните водни количества извън прякото измерване.

В България въпросът за ролята на урбанизираната среда при формирането на максимален отток не е достатъчно проучен и настоящето изследване е стъпка към неговото изясняване.

Цел

Основна цел на дисертационния труд е разработването и прилагането на методичен подход за определяне на характерни максимални водни количества в градска среда при отсъствие на развита мониторингова мрежа и дефицит на хидрологична информация.

Приложение на методичния подход за избран пилотен район – реките на гр. София. Оценка влиянието на урбанизацията върху формирането на максималния отток.

Разработване на сценарии за минали периоди въз основа на исторически карти.

Прогноза за бъдещ период на максимално възможно водно количество с дадена обезпеченост при цялостно застрояване на града при сегашните му граници.

ГЛАВА ПЪРВА

1. Максимално водно количество с определена обезпеченост (период на повторение) – подходи за определяне.

Оттокът на реките се характеризира с годишна променливост на максималния отток, обусловена от климатични фактори и антропогенни въздействия. В България и в практиката на НИМХ има утвърдени в хидроложката практика методи за анализи и изчисления на максималния отток. Методите за определяне на характерен максимален отток са базирани на използването на хидроложка информация от хидрометричните станции и/или на валежовна информация и могат да бъдат групирани както следва:

- Методика за анализи и обобщения на данните за максималния отток от хидрометрични станции
- Метод за аналитично определяне на теоретични криви на обезпеченост
- Методика за изчисляване на максималния речен отток при липса и недостатъчна хидроложка информация. Методи за характерни максимални водни количества чрез емпирични регионални зависимости и времево-пространствен анализ /регионализационен подход/
- Методика чрез определяне на максималните дъждове с различна обезпеченост и продължителност
- Методика за определяне на максималните водни количества по следи на най-високите водни нива.

Обикновено в зависимост от наличната информация се използва един или едновременно няколко от изброените подходи. Никой от тях не отчита влиянието на урбанизираната среда.

Основна задача в представения дисертационен труд е предложен методичен подход за количествена оценка на промяната на максималния отток в реките в гр. София вследствие урбанизацията, съчетаващ в себе си известните цитирани методи и последваща корекция на получените резултати вследствие преоценка на отточните коефициенти като индикатори за промяна степента на урбанизация и променени площи на земеползване.

1.1. Методичен подход при наличие на хидроложки измервания **1.1.1. Определяне на максимални водни количества с период на повторение веднъж на 20, 100 и 1000 г. в хидрометрични станции**

Необходимо е да бъде събрана и анализирана хидрологична информация за максимални водни количества, определени от валидирани годишни ключови криви за хидрометричните станции

За да се създадат серии с годишни максимални водни количества е необходимо да се избере общ период за изследване.

1.1.2. Избор на период за изследване на хидроложките редици

Световната Метеорологична Организация (СМО) препоръчва като климатичен период подходящ за сравнителни цели, за обмен на информация, както и за “норма” това да е периода 1961-1990 г.

За статистическа оценка на максималния отток и определяне на максималните водни количества с определена обезпеченост е приет периода 1961–2019 г. по следните съображения:

- Обхваща период с актуални данни от последните години с регистрирани значителни наводнения през 2005, 2007 и 2014 г.
- Обхваща две фази на пълноводие – (1961-1981 г.) и (2001-2018 г.)
- Използваният период е с дължина 58 години, което е достатъчно за представителни статистически оценки.

При създаване на статистически редици на максималния отток обикновено се използват или редици с регистрирани годишни максимуми или редици съставени от максимуми над приета прагова стойност.

В изследването са използвани редиците от годишни максимални водни количества за периода 1961-2019 г., които са съставени от моментни абсолютни стойности на максималния отток, регистриран в рамките на една календарна година.

1.1.3. Избор на теоретична крива за разпределение на максималния отток и определяне на характерните максимални водни количества с обезпеченост 0.1%, 1% и 5% в станциите

При определяне на емпиричните обезпечености на редиците от годишни максимуми (1961-2019 г.) е използвана формулата $p = (m - 0.3) / (n + 0.4) [\%]$, където „*m*“ е поредния номер на член във вариационния ред получен от хидроложкия ред чрез подреждане на членовете му в низходящ ред, а „*n*“ е общия брой на членовете. Сравнението е извършено за най-използваните: Pearson III тип, GEV (General extreme values), Gumbel, и линейно логаритмично разпределение.

1.1.4. Избор на вероятностно-статистически модел за определяне на максималните водни количества с различна обезпеченост на действащите хидрометричните станции

Световната Метеорологична Организация (СМО) препоръчва да се използват в хидрологията следните статистически разпределения за анализ на честотата на наводненията:

- Normal (N) (Gauss)
- Log-normal (LN) (Hazen, 1914)
- Pearson type 3 (P3) (Foster, 1924)
- Extreme value type 1 (EV1) (Gumbel, 1941)
- Extreme value type 2 (EV2) (Gumbel, 1941)
- Extreme value type 3 (EV3) (Jenkinson, 1969)
- General extreme value (GEV) (Jenkinson, 1955)

В хидрологията се търси теоретическо вероятностно разпределение, което да описва адекватно максималния речен отток.

1.1.4.1. Пиърсън III тип разпределение (P3)

Пиърсън III тип разпределението е гъвкаво разпределение с три параметъра, с ограничена дефиниционна област в ляво и неограничена такава – в дясно: $[0, \infty]$. Вероятностната плътност на P3 се задава с функцията:

$$f(x; \alpha, \beta, \gamma) = \frac{1}{\alpha \Gamma(\beta)} \cdot \left(\frac{x - \gamma}{\alpha} \right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{x - \gamma}{\alpha} \right)} \quad [1].$$

1.1.4.2. Трипараметрично логнормално разпределение (LN3)

Поради наличие на високата асиметрия, LN3 също е подходящо за описание на максималния отток, който се характеризира с висока изменчивост.

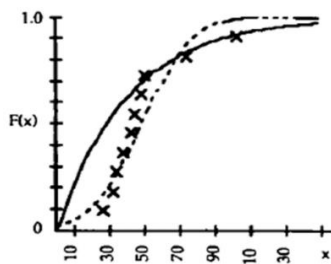
Вероятностната плътност на LN3 е:

$$f(x; x_0, \sigma, x_u) = \frac{1}{(x - x_u) \sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} \ln[(x - x_u) - x_0]^2 \right) \quad [2].$$

Друга възможност е използване на метод, при който се търси максимум на функцията на правдоподобие. Това се постига по итерационен път.

1.1.4.3. Екстремалните вероятностни разпределения (GEV)

В хидрологията при оценка на максималния отток едно от най-често използваните вероятностни разпределения е GEV, тъй като важни са малките стойности на вероятностната функция.



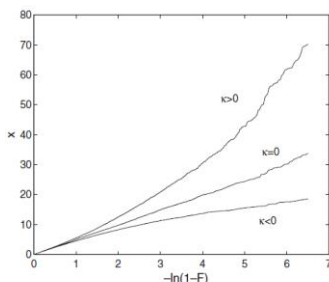
Фиг. 1.1.4.3.1 Графика на екстремалното вероятностно разпределение (Generalized extreme value distribution - GEV)

Дженкинсън през 1955 г. предлага, обобщено екстремално вероятностно разпределение GEV:

$$P(x) = \exp[-(1 + k(x - b)/a)^{-1/k}] \quad [3].$$

Разглеждат се три случая, в зависимост от параметъра **k**, които определя три типа екстремални разпределения (фиг. 1.4.3.2).

- При $k=0$ се получава Гъмбелово разпределение (EV1)
- При $k>0$ се получава разпределение на Фречет (EV2)
- При $k<0$ се получава разпределение на Вейбъл (EV3)



Фиг. 1.1.4.3.2 Трите разпределения (GEV) върху експоненциална графика

1.1.4.4. Екстремално разпределение от I тип (EV1)

Функцията на разпределение има вида [4]:

$$F(x) = \exp\{-\exp[-a(x-b)]\} \quad [4].$$

1.1.4.5. Екстремално разпределение от II тип (EV2)

Общият вид на разпределението е:

$$F(x) = \exp\{-[1 - ak(x-b)]\}^{1/2} \quad [5].$$

1.1.4.6. Екстремално разпределение от III тип (EV3)

При това разпределение се използва същата функция на разпределение както при EV2:

$$F(x) = \exp\{-[1 - ak(x-b)]\}^{1/k} \quad [6].$$

За описание на оттока се използват само онези теоретични функции на разпределение, които най-добре отразяват закономерностите на връзката между оттока и неговата повтораемост, най-подходящи теоретични функции на разпределение за описание на максималния отток за нашите реки са: Лог-Пийърсън III тип, гама 3-параметричното и логнормалното. Изборът на най-подходящата включва редица проверки чрез критерии за установяване на съответствието на приетия тип разпределение с емпиричното разпределение на наблюдаваните данни. Най-прилаганите критерии за избор на тип разпределения са:

✓ Критерий на Колмогоров-Смирнов

Стойностите на критерия $1 - K(\lambda)$ са дадени в таблица 1.1.4.6.1.

✓ $n\omega^2$ - критерий

При този критерий като показател за съвпадение се използва квадрата на средното отклонение на значенията на емпиричната крива:

$$n\omega^2 = \frac{1}{12 \cdot n} + \sum_{k=1}^n [P(x_k) - P_k]$$

[7].

Таблица 1.1.4.6.1 Критерий на Колмогоров. Значения на $1-K(\lambda)$

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,3	99999	99998	99995	99991	99983	99970	99949	99917	99872	99807
0,4	99719	99603	99452	99262	99027	98741	98400	97998	97532	96998
0,5	96394	95719	94969	94147	93250	92282	91242	90134	88960	87724
0,6	86428	83077	83678	82225	80732	79201	77636	76042	74422	72781
0,7	71124	69453	67774	66089	64402	62717	61036	59363	57700	56050
0,8	54414	52796	51197	49619	48063	46532	45026	43545	42093	40668
0,9	39273	37907	36571	35266	33992	32748	31536	30356	29206	28087
1,0	27000	25943	24917	23922	22957	22021	21114	20236	19387	18566
1,1	17772	17005	16264	15550	14861	14196	13556	12939	12345	11774
1,2	11225	10697	10190	09703	09235	08787	08357	07944	07550	07171
1,3	06809	06463	06132	05815	05513	05224	04949	04686	04435	04196
1,4	03968	03751	03545	03348	03162	02984	02815	02655	02503	02359
1,5	02222	02092	01969	01852	01742	01638	01539	01446	01357	01274
1,6	01195	01121	01051	00985	00922	00864	00808	00756	00707	00661
1,7	00618	00577	00539	00503	00469	00438	00408	00380	00354	00330
1,8	00307	00285	00265	00247	00229	00213	00198	00186	00170	00158
1,9	00146	00136	00126	00116	00108	00100	00092	00085	00079	00073
2,0	00067	00062	00057	00053	00048	00045	00041	00038	00035	00032
2,1	00030	00027	00025	00023	00021	00019	00018	00016	00015	10004
2,2	00013	00011	00010	00010	00009	00008	00007	00007	00006	00006
2,3	00005	00005	00004	00004	00004	00003	00003	00003	00002	00002
2,4	00002	00002	00002	00001	00001	00001	00001	00001	00001	00001

В практиката на НИМХ се прилага Пиърсън III тип разпределението, освен заради голямата му гъвкавост, то много добре представя поведението на максималния отток, характерен за нашите реки.

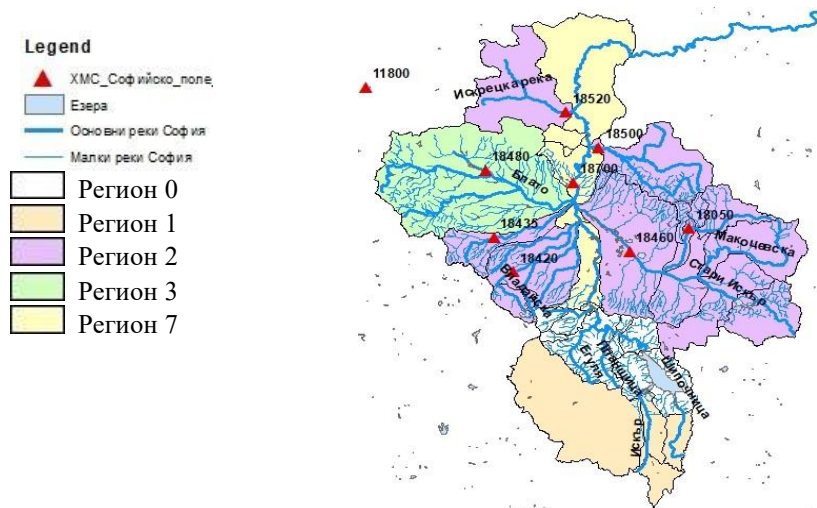
1.2. Методични подходи за определяне на характерни максимални водни количества при отсъствие на хидрометрични наблюдения

1.2.1. Регионализация

Това е често използван в хидрологията метод за обособяването на отделни области – системи от водосбори, водосбори или части от тях, хомогенни спрямо някакъв процес или хидроложка величина (показател). Използва се за определяне

на параметри в точки от речната мрежа, където няма преки наблюдения. Тези зависимости не отчитат влиянието на градската среда и промяната в земеползването.

На фиг. 1.2.1.1 е представена карта с част от регионализацията по поречието на р. Искър, тъй като в нея са включени реките, които се намират на територията на Софийска котловина, включително и реката, която е обект на изследване (р. Владайска), а именно: р. Владайска, р. Лесновска, р. Матица, р. Банкенска, р. Искър, р. Искрецка, р. Блато.



Фиг. 1.2.1.1 Карта на част от регионализацията по поречието на р. Искър

Характерни максимални водни количества могат да се определят само в пунктове, чиято водосборна площ е по-голяма от 10 km², в противен случай получените стойности имат индикативен характер, поради вероятност от значителни грешки.

1.2.2. Методични подходи за трансфер на информация от наблюдавани към ненаблюдавани пунктове

В световната практика съществуват два основни методични подхода за определяне на водни количества в не обхванати от мониторинг участъци: регионализация по характерни водни количества в зависимост от физико-географските фактори и балансов подход.

Регионализационният подход се базира на корелативните връзки между характерните водни количества (в случая годишните максимуми към хидрометричните станции) и някои от основните характеристики на водосборните басейни.

В случая е използвана регресионна зависимост от типа:

$Q_{\max p\%} = f(F)$ – връзка между характерния максимален отток и площта на водосбора.

Методът е статистически с прилагане на регресионен анализ. Методът определя осем характеристики и фактори на водосборните басейни, който са от най-голяма важност при формиране на максималния отток. Тези характеристики са: площ на водосбора в km^2 , площ на урбанизирана територия в %, залесеност в %, среден наклон в %, дължина на реката в km , дължина на реката от центъра на тежестта на водосбора до вливането ѝ в km , ландшафен фактор, среден годишен валеж във водосбора в mm .

Регресионните уравнения са разделени на уравнения за градски зони и за извънградски зони.

Важна задача при регионализирането е определянето на хидроложките райони, за които са определени регресионните уравнения. Има различни подходи и анализи при тяхното определяне. Някои от методите са:

- определяне на хидроложките райони в зависимост от пространственото разпределение на разликите между регресионните и измерените максимални водни количества с определен период на повторение в хидрометричните станции.
- разделяне в зависимост от средната надморска височина
- клъстерен анализ - отделните водосбори се групират в групи (хидроложки райони), наречени клъстери като се използват различен брой променливи (различни хидрографски и климатични характеристики на водосборите).

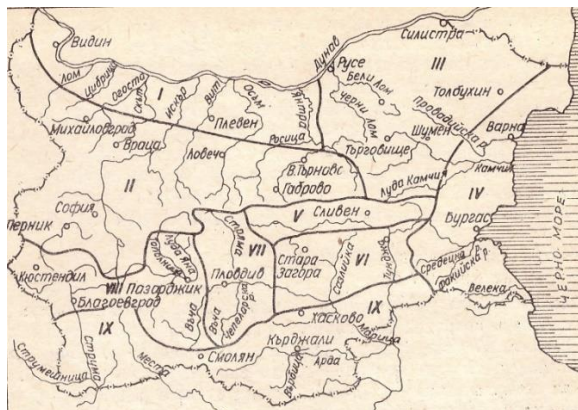
1.3. Определяне на максимални характерни водни количества посредством изчисляване на максимални дъждове от ползвани до сега литературни източници (при липса на валежомерна информация)

И до сега при отсъствие на конкретна валежомерна и хидрологична информация в даден район се използват теоретични подходи описани в Хидрологичните справочници, книги и учебници, като дори продължава да е действаща и не е отменяна.

1.3.1. Определяне на район на денонощен максимум и район за редукионните криви на дъждовете

Пълната обработка и обобщение на максималните дъждове, вземайки се в предвид методите за събиране на информацията и използването на цялата информация чрез подходящия подбор на данните от автоматичните и обикновени дъждомери, е направена от руския хидролог Г. А. Алексеев [2]. Като използва тази методика проф. С. Герасимов [1] прави допълнителна адаптация, отнесена за нашата страна и свързана с райониране, както и изготвяне на различни графики и таблици отчитащи характеристики на водоборите необходими за определяне на максималните дъждове. Съгласно подходът Алексеев-Герасимов за получаването на приемливи криви на разпределение на интензивните дъждове върху големи

територии е използван методът на обобщените районни разпределения Г. А. Алексеев [2] въвежда отношението $\psi_r(p)$ и го нарича редукционен коефициент. Нашата страна е разделена на 9 района (фиг. 1.3.1.1), като за всеки район са дадени стойностите на редукционните коефициенти $\psi_1(\tau)$ за $p = 0 \div 25\%$, $\psi_2(\tau)$ за $p = 25 \div 50\%$, $\psi_3(\tau)$ за $p = 50 \div 75\%$, $\psi_4(\tau)$ за $p = 75 \div 100\%$.

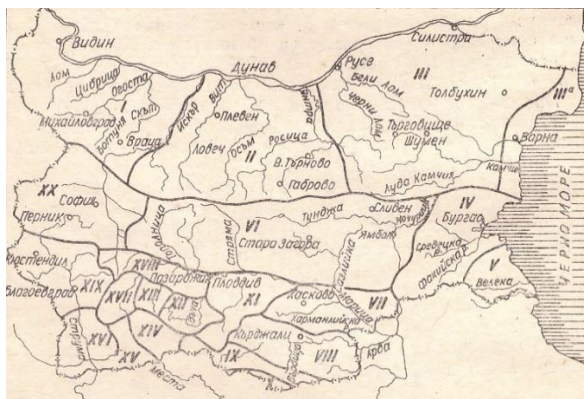


Фиг. 1.3.1.1 Райони на редукционни криви на дъжда

За да може да се определи и максималната височина на дъжда $H_{тр}$ с определена обезпеченост и времетраене е необходимо да се знае и стойността на денонощния максимум на дъжда H_p с дадена обезпеченост p :

$$H_{тр} = \psi_i(\tau) \cdot H_p, \quad (\text{mm}) \quad [8].$$

За целта се използват обобщения за 21 района на страната, както е показано на фиг. 1.3.1.2 [6].



Фиг. 1.3.1.2 Райони на денонощен максимум на дъжда

Районът на водосбора на р. Владайска, който разглеждаме в дисертационната разработка попада в район II според редукионните криви на дъждовете (фиг. 1.3.1.1) и в район XX според денонощния максимум на дъжда (фиг. 1.3.1.2).

1.3.2. Определяне на средномногогодишните стойности на денонощния максимум на валежа $\bar{H}$

За всичките 21 района спрямо денонощния максимум на валежа са получени районни емпирични зависимости за средномногогодишните стойности на денонощния максимум на валежа H (mm) от надморската височина B (m), които са направени по статистическа еднородност и са представени в Табл. 1.3.2.1.

Таблица 1.3.2.1 Стойности на $\bar{H}$ спрямо надморската височина B

Средномногогодишни стойности на денонощния максимум $\bar{H}$ при различни надморски височини								
Район	$\bar{H}$ в mm при надморска височина B в m							
	0	50	100	200	500	1000	1500	2000
I	-	38.0	40.7	43.9	48.6	52.6	55.2	57.0
II	-	40.7	42.8	45.4	49.1	52.2	54.1	55.5
III	-	44.0	44.8	45.7	47.0	48.0	-	-
IIIa	50.2	49.4	49.2	48.7	48.6	-	-	-
IV	43.8	44.2	44.4	44.5	44.6	-	-	-
V	69.8	66.5	65.4	64.3	62.7	61.5	-	-
VI	-	43.7	44.0	44.3	44.8	45.2	45.4	45.6
VII	-	43.2	45.3	47.6	51.0	-	-	-
VIII	-	46.2	48.6	51.3	55.3	58.7	60.7	-
IX	-	-	-	75.2	72.2	70.0	68.7	-
X	-	-	-	116.5	101.5	92.8	86.2	-
XI	-	-	46.5	48.8	52.4	55.2	57.0	58.3
XII	-	-	-	-	39.1	44.0	47.1	49.5
XIII	-	-	-	-	33.0	38.3	41.6	44.1
XIV	-	-	-	-	47.5	49.3	50.4	51.2
XV	-	-	-	55.4	55.2	55.0	54.8	54.8
XVI	-	-	34.8	38.7	44.6	49.7	53.0	55.7
XVII	-	-	-	-	37.3	40.0	41.6	42.8
XVIII	-	-	39.3	42.8	48.0	52.4	55.2	57.5
XIX	-	-	26.7	30.8	37.4	43.6	47.7	50.7
XX	-	-	-	32.9	37.7	41.7	44.5	46.5

За изследвания район на р. Владайска, която е обект на настоящата работа средномногогодишния денонощен максимум на дъжда H спрямо надморската височина B и района за денонощен максимум на дъжда е 44 mm.

1.3.3. Определяне на денонощни валежни максимуми с различна обезпеченост (H_p), за характерни максимални водни количества

За всеки район са определени обобщени емперични разпределения за модула $K = H_p / H$, като изчислителните квантили $K_p = H_p / H$ са дадени в Табл. 1.3.3.1. С помощта на изчислителните квантили се определя абсолютния квантил:

$$H_p = K_p \cdot H \quad (\text{mm}) \quad [9].$$

където:

- K_p – относителен квантил,
- H_p – абсолютен квантил.

Таблица 1.3.3.1 Изчислени относителни квантили

Изчислителни относителни квантили $K_p = H_p / H$									
Район	К _р при обезпеченост р, %								
	0.01	0.1	1	3	5	10	20	39	63
I	4.23	3.26	2.38	1.98	1.80	1.55	1.29	1.03	0.801
II	5.24	3.78	2.57	2.07	1.84	1.56	1.27	1.00	0.786
III	4.46	3.34	2.37	1.95	1.76	1.52	1.26	1.02	0.810
IIIa	6.10	4.33	2.85	2.26	1.98	1.65	1.31	1.00	0.750
IV	4.79	3.55	2.47	2.02	1.81	1.54	1.27	1.09	0.795
V	5.95	4.24	2.80	2.22	1.96	1.63	1.30	1.00	0.757
VI	4.34	3.29	2.36	1.95	1.76	1.52	1.27	1.02	0.810
VII	4.45	3.33	2.37	1.95	1.76	1.51	1.26	1.02	0.815
VIII	3.86	2.99	2.19	1.84	1.68	1.47	1.25	1.02	0.830
IX	5.22	3.76	2.53	2.04	1.82	1.54	1.26	1.00	0.793
X	3.40	2.74	2.10	1.81	1.66	1.47	1.26	1.04	0.839
XI	3.63	2.87	2.16	1.83	1.68	1.47	1.26	1.03	0.834
XII	3.52	2.79	2.10	1.79	1.65	1.45	1.24	1.03	0.842
XIII	3.99	3.10	2.28	1.91	1.74	1.51	1.27	1.03	0.816
XIV	3.66	2.85	2.11	1.78	1.64	1.43	1.23	1.02	0.842
XV	3.87	3.03	2.26	1.90	1.74	1.51	1.28	1.03	0.820
XVI	3.80	2.96	2.20	1.85	1.69	1.48	1.25	1.03	0.827
XVII	3.35	2.71	2.09	1.79	1.65	1.46	1.26	1.04	0.842
XVIII	4.26	3.23	2.32	1.93	1.74	1.50	1.26	1.02	0.815
XIX	3.58	2.81	2.10	1.78	1.64	1.44	1.23	1.02	0.841
XX	4.08	3.11	2.25	1.87	1.70	1.48	1.25	1.02	0.825

Приемаме съответната стойност за относителния квантил K_p при 0.1%, 1% и 5% обезпеченост и района за денонощния максимум на дъжда. С двете стойности за H и K_p определяме стойността за H_p при обезпеченостите, които ползваме. При $H = 44 \text{ mm}$ и K_p за 0.1% = 3.11 получаваме за $H_p = 136 \text{ mm}$; за K_p за 1% = 2.25 получаваме за $H_p = 98 \text{ mm}$; за K_p за 5% = 1.70 получаваме за $H_p = 74 \text{ mm}$.

1.3.4. Определяне на отточния коефициент при различни характерни максимални водни количества в хидрометричната станция на р. Владайска - гр. София при кв. Княжево

Основната формула за изчисляване на максималното водно количество е:

$$Q_p = 16.67 * r * H_p * \overline{\psi}(\tau_p) * F \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad [10],$$

където:

- 16.67 е преводен коефициент $1 \text{ mm}/\text{min} = 16.67 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$;
- r е коефициент на зарегулираност от езера и микроязовири, определя се с формули, при липса на езера и микроязовири $r = 1$ (както е в нашия случай);
- $\overline{\psi}$ е условия коефициент на максималния отток (отточен коефициент); този коефициент е неизвестното в уравнението и цел на задачата.
- H_p е денонощния максимален слой на дъжда в зависимост от обезпечеността и района на денонощен максимум в mm . Както по-горе споменахме за H_p 0.1% обезпеченост = 136 mm ; за H_p 1% обезпеченост = 98 mm и за H_p 5% обезпеченост = 74 mm .
- $\overline{\psi}(\tau_p)$ е редукиционен коефициент на средата за интервал от време τ_p и максималната интензивност на дъжда $\overline{I}_{\tau_p}$ в min^{-1} ;
- F е площта на водосбора от началото на реката до наблюдаваната хидрометрична станция на р. Владайска в гр. София, кв. Княжево (km). В нашия случай $F = 49.50 \text{ km}$.

φ отточния коефициент, неговото намиране става като го изразиме от формулата за Q_p .

$$\varphi = Q_p / (16.67 * r * H_p * \overline{\psi}(\tau_p) * F) \quad [11],$$

където след заместване получаваме: за φ 0.1% = 0.26, за φ 1% = 0.25 и за φ 5% = 0.22. Тези данни се отнасят за хидрометричната станция на р. Владайска в кв. Княжево. Отточния коефициент съществено ще се променя надолу по реката в резултат както на увеличаване на водосборната площ така и на увеличаване на отточния коефициент вследствие урбанизацията.

1.4. Влияние на урбанизираната среда

Всички реки, преминаващи през урбанизираната територия на гр. София, извират от северните склонове на Витоша и имат сходен хидроложки режим. Но хидроложки наблюдения съществуват само в една хидрометрична станция, която е разположена в началото на града с все още ниско ниво на урбанизация. От друга страна, някои от софийските реки оказват силно влияние върху урбанизацията.

Представеният дисертационен труд разглежда определянето на характерен максимален отток на софийските реки, отразяващи новите хидроложки условия в градските райони.

Местните урбанизационни процеси влияят върху увеличаването и преразпределението на повърхностния отток, променяйки генетичната му структура. Тези процеси са видими по време на максималния отток. През последните години бързият растеж на столицата спешно налага нови методологични въпроси за определяне на максималения отток, необходими за нови инфраструктурни конструкции и дейности за защита от наводнения.

Обемът на наличната вода за оттичане се увеличава поради увеличаването на непропускливото покритие, осигурено от покривите на сградите, улиците, павираните паркинги, облицованите канали, които намаляват степента на инфилтрация. Преди урбанизацията голяма част от валежите се поемат от растителността, почвата и земната повърхност.

Коефициентът на оттока е мярка за количеството на валежите, което се преобразува в отток или се заражда бурен отток. С увеличаване на процента на водонепропускливост на водосбора, коефициентът на оттока се увеличава с урбанизацията.

Максималните проливни дъждове са основният фактор, формиращ оттока и тяхното определяне е необходимо при всяка методология, изчисляваща максималния отток в ненаблюдавани речни участъци.

Методичния подход, който се прилага в този случай може да се представи със следните последователни стъпки:

1. Оценка и анализ на хидрологичната информация в съществуваща станция (редове с максимален годишен отток);
2. Определяне на характерни максимални водни количества със зададена обезпеченост в станцията донор;
3. Определяне на отточен коефициент с използване на информация за валежи със съответната обезпеченост в станцията донор;
4. Генериране на нови редове с максимални годишни водни количества, отразяващи степента на урбанизация и зоните със земеползване за различни водосбори (в зададени пунктове по реките) с корекция на коефициента на оттока при станцията донор, като се използва тежестния коефициент, съответстващ на всеки нов подводосбор.
5. Определяне на характерни максимални водни количества (със зададена обезпеченост) в произволен зададен пункт, използвайки генерираните нови редици на максимален годишен отток.

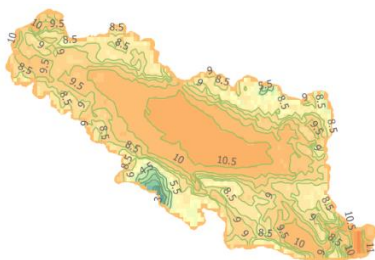
ГЛАВА ВТОРА

2. Физикогеографски и хидроложки характеристики на района на град София

С оглед по-доброто познаване на изследвания район гр. София е представено кратко физико-географско и хидрологично описание, за което са използвани както общодостъпни източници, като справочници, книги и др. така и специализирана информация на НИМХ [3, 4, 5, 7, 8, 9, 11].

2.1. Климат

Територията на България се разделя на две климатични области – умереноконтинентална и континентално-средиземноморска, като разглеждания район в настоящата дисертация попада в умереноконтиненталната област. Характерното за климата за територията на Софийската котловина е, че има чести температурни инверсии и фьонові ветрове. Летата са топли, а зимите – обикновено по-студени.



Фиг. 2.1.1 Карта с температурата на въздуха в Софийското поле



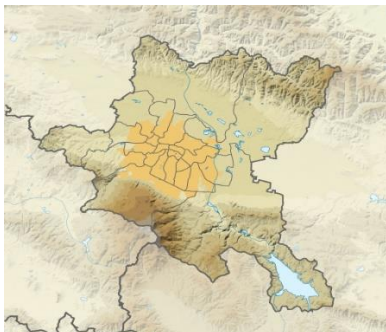
Фиг. 2.1.2 Карта на валежите в Софийското поле

2.2. Топография

Площта на Софийската котловина е 1180 km² и се явява най-голямата от всички задбалкански котловини в България. Територията на Софийска област, може да бъде поделена на следните геоморфоложки единици: котловинно дъно,

планински подножия и подножни стъпала, склонове и склонови стъпала на прилежащите планински системи, билни гърбища и долинни дъна. Дъното на котловината е заето с обширното Софийско поле.

Витоша е планина, чиято площ възлиза на 267 km². От Витоша извира и р. Владайска, която е обект на дисертационния труд.



Фиг. 2.2.1 Топографска карта на Софийското поле [13]

2.3. Основни фактори за формиране на водни ресурси

Формирането на водните ресурси се определя от взаимодействащи си фактори на територията на водосборния басейн – климат, релеф, скали, почви, растителност. Влияние върху формирането на водни ресурси оказват и антропогенните фактори. Като цяло факторите са два: природни и антропогенни, между които има взаимодействие.

2.3.1. Природни фактори

Влиянието на тези фактори се осъществява чрез климатичните фактори и геолого-геоморфоложките фактори.

2.3.1.1. Климатични фактори

Играят най-голяма роля при формирането и режима на водите, чрез валежните количества и температурата на въздуха, която е от значение за изпарението и образуването на снежната покривка. Валежите върху по-голямата част от изследвания район са ограничени, а във вертикално и при различно изложение на склоновете са и неравномерни. Върху активността и изменчивостта на хидроложките процеси въздействат и териториално-режимните характеристики на поройните валежи, максималните валежни количества и засушаванията.

2.3.1.2. Геоморфоложки фактор

От една страна влияе, чрез надморската височина, вертикалното простиране, разчленеността, наклоните, дължината на склоновете

(морфометрични характеристики на релефа), а от друга страна, чрез заравнените повърхнини, долините и речните тераси, изветрителните покривки и т. н. (морфоскулптурните форми). Те влияят и пряко и косвено посредством климатичните условия.

2.3.1.3. Геоложки фактор

Влияе чрез особеностите на литоложката основа – видове, мощност, напуканост, механичен, минерален и химичен състав на скалите, който изграждат водосборните басейни. Геоложкия фактор се определя като хидрогеоложки.

2.3.1.4. Почвено-растителни фактори

От значение са водно-физичните свойства на почвите: мощност, механичен и химичен състав, влагемкост, порьозност и др., горскорастителните характеристики на дърветата: вид, възраст, височина и др., мощност на горската постилка. Този фактор обхваща: повърхностно оттичане, инфилтрация и изпарение на валежните води, и режимните параметри на водните ресурси.

2.3.2. Антропогенен фактор

Влияе върху функционирането на социално-икономическата система, което антропогенизира природните ландшафти. Най-силно е влиянието на бита на населението, селското и горското стопанство, урбанизацията, промишлено-енергийните и хидротехническите комплекси, транспортът, строителството и др. Влиянието на тези фактори върху водните ресурси се изразяват в следното:

- Териториално разпределение на водните ресурси: постоянно – чрез хидроенергийните комплекси, сезонно – посредством хидромелиоративните системи.

- Регулирането на водните ресурси във водохранилища за енергодобив, напояване и водоснабдяване или комплексно използване.

Влиянието на антропогенния фактор се изразява в следните направления:

- Изменение на местния влагооборот в антропогенните ландшафти (поливни полета, урбанизирани площи, железопътни и автомобилни трасета и др.).

- Изменения на естествените хидрохимични качества на водите в следствие на изхвърлянето във водните обекти на отпадъчни минерали, органични и техногенни вещества.

2.4. Речни води

2.4.1. Повърхностни води

Софийската котловина представлява своеобразен водосборен басейн, в който се формират повърхностни и подземни (пресни и термоминерални) води. Цялата котловина се отводнява от р. Искър и нейните притоци - Лесновска,

Перловска, Владайска, Блато и др. Територията на София се пресича от по-многобройните леви притоци на р. Искър - Перловска, Владайска, Какач и Блато.

Естествените влажни зони - езера, блатата и мочурища, обхващат най-големи площи покрай р. Искър и р. Лесновска.

В миналото значителни изменения в градската хидрография са настъпвали в резултат от речни прииждания и наводнения. През последното столетие тези промени се дължат на разширяването и градоустройството на урбанизираните територии. Най-силно са променени хидрографските системи на р. Искър и на вътрешноградските реки Перловска, Владайска, Слатинска и Суходолска.

Софийските реки имат умереноконтинентален воден режим, който се характеризира със зимно-пролетно или пролетно пълноводие (февруари или март и март-юни) от снеготопенето и дъждовете и продължително лятно-есенно маловодие (юли-ноември).

Характерни особености в режима на реките са големите прииждания, които засягат жилищни квартали и земеделски площи, разположени покрай реките. Наводнения стават и по уличната мрежа от проливните дъждове или интензивното снеготопене при запущване на отводнителни шахти.

Върху режима на реките в региона на Софийското поле съществено въздействие оказват язовирите, урбанизацията (със съответната инфраструктура), индустрията и напоителните системи. Значителни хидроложки изменения са настъпили от разширяването на застроените площи и изграждането на водоснабдителните и отводнителните системи на населените територии. Наличието на водонепроницаеми покривки от асфалт и бетон в урбанизираната територия увеличава дела на повърхностно оттичащите се валежни води и намалява техните разходи за изпарение.

Подхранването на речния отток става чрез повърхностно оттичащите се от водосборните басейни валежни води (дъждовни и снежни) и чрез дренирането на акумулираните във водоносните хоризонти подземни води в речните легла.

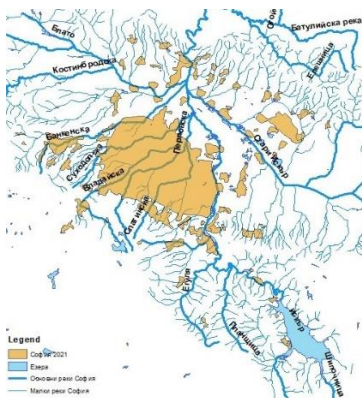
2.4.2. Речна система

Софийска котловина се отводнява от протичащата от юг на север река Искър и притоците ѝ: Перловска река (със Слатинска), Владайска река (със Суходолска река), Блато (със Сливнишка река) и Лесновска река (с Елешница и Макоцевска реки). Основна водна артерия е река Искър (десен приток на р. Дунав), която протича през Софийската котловина с част от горното и средното си течение.

На територията на котловината река Искър получава отляво и отдясно няколко по-големи притока: река Шипочаница (десен приток); река Планщица (ляв приток); Железничка река (ляв приток); Витошка Бистрица (ляв приток); Перловска река (ляв приток); Лесновска река (десен приток); Владайска река (приток на Перловска река); Боянска река (приток на Перловска река); река Блато (ляв приток).

Други реки, които преминават през територията на Софийското поле: Банкенска река, Слатинска река, Егуля река, Суходолска река, Макоцевска река, река Матица, Сливнишка река

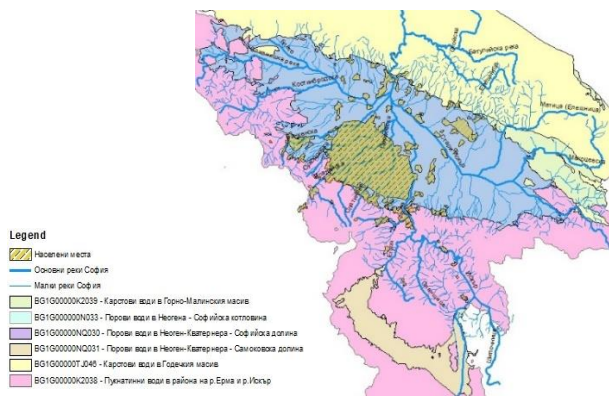
Обект на изследване в настоящата дисертационна работа са поречията на реките Владейска, Суходолска, Слатинска и Перловска, както и техните притоци.



Фиг. 2.4.2.1 Речна система на Софийското поле

2.4.3. Подземни води

Пресни подземни води са акумулирани в отложенията, запълващи Софийската котловина. В тях е образуван общ водоносен хоризонт с по-голяма мощност в източната част на полето. Тук е формиран грунтов басейн със значителни водни запаси, с бавно движение на водата в него от периферията към центъра и на северозапад към изхода на р. Искър от Софийското поле. В западната част на Софийското поле водоносният хоризонт е с по-малка дебелина и по-малки водни запаси. В съседство с реките подземните води излизат на повърхността и причиняват постоянно или сезонно заблатяване. По-плитко разположените терасни води са най-замърсени от различни източници или от притока на замърсени речни води, с които са в хидравлична връзка. По-дълбоко разположените подземни води са по-малко замърсени. Изключително природно богатство на София са минералните води. От проучванията се установява, че цялата Софийска котловина, с част от оградните ѝ планински склонове, представлява обособен хидротермален басейн с порови и пукнатинни или пукнатинно-карстови водоносни хоризонти.

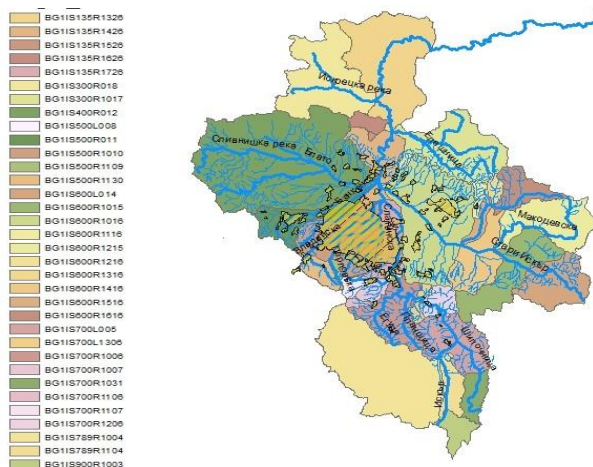


Фиг. 2.4.3.1 Карта на подземния отток в Софийското поле

2.4.4. Речен отток

Абсолютните стойности на устойчивия и неустойчивия речен отток съответстват на стойностите на сумарния отток. С увеличаване на надморската височина се увеличават и абсолютните стойности на устойчивия и неустойчивия речен отток. Когато се прави съотношение помежду им се наблюдават разлики – средногодишните относителни стойности на неустойчивия отток намаляват, а при устойчивия се наблюдава нарастване във височина. От всички планини с най-голям дял на устойчив речен отток в сумарния са: Западните Родопи, Витоша и планините в Краище. Във Витоша това се дължи на торфените плати.

Средно за страната речният отток се подхранва с една четвърт от валежните води.



Фиг. 2.4.4.1 Водни тела на територията на Софийско поле

2.4.5. Многогодишен отток и водни ресурси

Многогодишният отток е средна характеристика на водността на речните басейни, или на която и да е част от територията – отделни регионални единици и височинни пояси. По средния многогодишен отток се определят водните ресурси на всяка регионална единица, което има голямо приложно значение. Според различията в стойностите на оттока върху територията на България се очертават обобщено 5 зони по степен на водоносност:

- Силно водоносна
- Значително водоносна
- Средно водоносна
- Слабо водоносна
- Изключително слабо водоносна

2.4.6. Вътрешногодишно разпределение

Режимът на речния отток е много важна хидроложка характеристика. Разпределението на оттока в рамките на една година е отражение на проявата на основния оттокообразуващ фактор – валежите, които влияят чрез количеството и вида си. Температурата на въздуха също влияе върху оттока чрез условията на задържане на снежната покривка и забавяне на процеса „валеж-отток“ през студеното полугодие и чрез засилено сумарно изпарение през топлото полугодие.

Вътрешногодишният режим на оттока съответства на режима на валежите, като пълно съвпадение на периодите на валежен и отточен максимум се наблюдава само в земите с континентално-средиземноморски климат. Есенно-зимния максимум на валежите обуславя и максимума на оттока поради дъждовни извалявания и ограничено снегозадържане и слабо изпарение. Максимума на оттока се измества към пролетните месеци във високите части на речните басейни, тогава съответствието между валежен и отточен максимум се нарушава. Характерният летен минимум на валежите обуславя минимума на оттока, което води до продължително маловодие на реките, като по-малките пресъхват. Тези явления са характерни за речни басейни с малка надморска височина.

В нашия случай имаме ясно изразено основно зимно маловодие и вторично лятно маловодие.

Оттока на реките се регулира в голяма степен от наличието на язовир, който оказва влияние върху коефициента на неравномерност, който в такива случай намалява.

2.4.7. Разделяне на райони спрямо хидроложките условия

България се разделя на четири основни хидроложки области според Ж. Гълъбов в неговата работа „Кратка физикогеографска характеристика на България“ (1946): Дунавска хълмиста равнина, Южна България, Югоизточна България, Планинските области.

П. Пенчев предлага друга подялба в неговия труд „Физическа география на България“ (1956)[12]:

- Област със снежно-дъждовен режим на реките – това са Рила, Пирин, Западни Родопи, Западна и Централна Стара планина, планините в западната част на Средна България и същинска Средна гора.
- Област с дъждовно-снежен речен режим – това са средно високите планини на Средна гора, Предбалкана, Дунавската хълмиста равнина.
- Област с дъждовен речен режим – това са Източните Родопи, Тунджанската хълмиста и нископланинска област и Черноморското крайбрежие.
- Област на карстов речен режим – това са площите със силно окарстени варовици като Лудогорието, Добруджанското плато, Предбалкана Родопите и др.

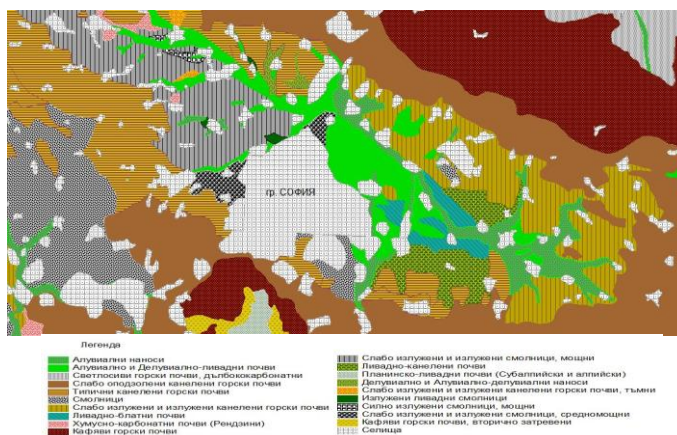
Спрямо климатичното влияние върху оттока България се разделя на две хидроложки области: **Област А** със Средиземноморско влияние върху оттока и **Област Б** с умерено-континентално влияние върху оттока.

2.5. Почви

2.5.1. Обща характеристика на почвената покривка

В България са установени 52 подтипа почви, събрани в 8 реда според световните единици. В България почвената покривка не е добре развита навсякъде и заляга на различна дълбочина. На места е накъсана от голи скали и е изградена от слаборазвити почви с не добре развити свойства.

Почвите в Софийската котловината са предимно чернозем-сморлници, главно в ниското котловинно дъно, алувиално-ливадни по долините на реките и канелени горски в периферните по-високи части на котловината.



Фиг. 2.5.1.1 Карта на видовете почви в Софийската котловина

2.6. Пилотен водосбор на изследване – урбанизираната територия на град София и протичащите през града Витошки реки

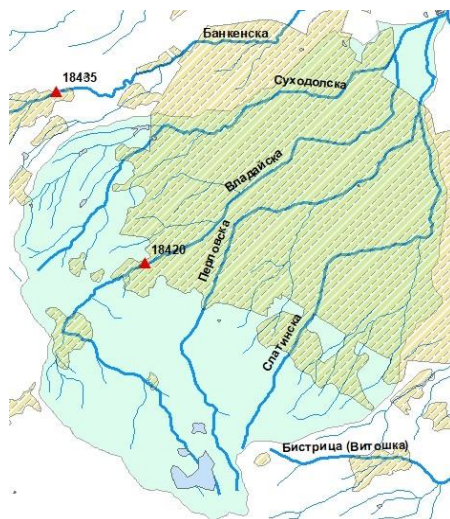
2.6.1. Общи сведения

Обект на изследване са реките извиращи от Витоша планина и протичащи през гарда до тяхното вливане в основния водосъбирател р. Искър.

Най-подробно в дисертационната работа е представен водосбора на р. Владейска, като останалите реки: Перловска, Слатинска и Суходолска са разработени аналогично използвайки отточните характеристики на р. Валдайска.



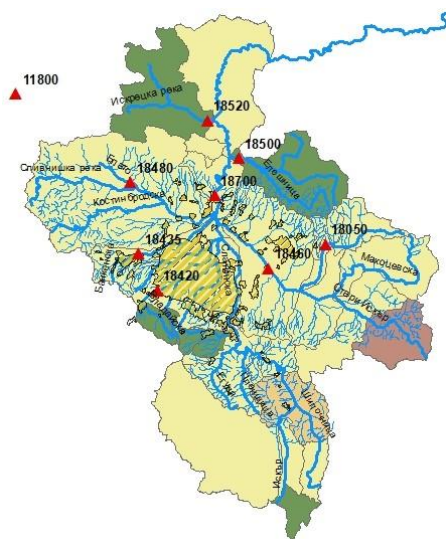
Фиг. 2.6.1.1 ХМС №18420 р. Владейска – гр. София, кв. Княжево



Фиг. 2.6.1.2 Водосбор на р. Владейска с включена урбанизацията на гр. София

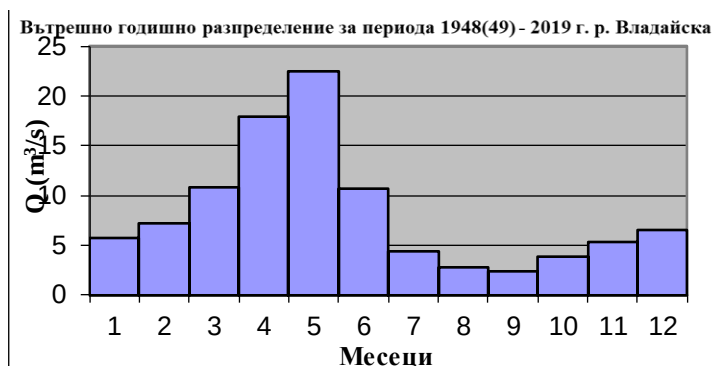
2.6.2. Хидрометрична мрежа в Софийско поле

На територията на Софийското поле съществуват общо 9 хидрометрични станции: ХМС №11800 р. Нишава – Калотина; ХМС №18050 р. Матица – с. Елешница; ХМС №18420 р. Владайска река – гр. София, кв. Княжево; ХМС №18435 р. Банкенска река – Банкя; ХМС №18460 р. Лесновска река – с. Долни Богров; ХМС №18480 р. Блато – с. Петърч; ХМС №18500 р. Батулийска река – с. Батулия; ХМС №18520 р. Искрецка река – Своге; ХМС №18700 р. Искър – гр. Нови Искър. ХМС №18420 р. Владайска – гр. София, кв. Княжево е единствената наблюдавана станция, която е разположена в гр. София и може да бъде използвана за целите на дисертационния труд.

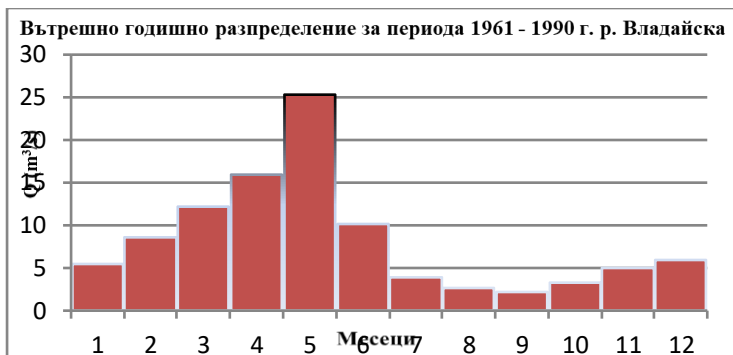


Фиг. 2.6.2.1 Водни тела и ХМСстанции в Софийско поле

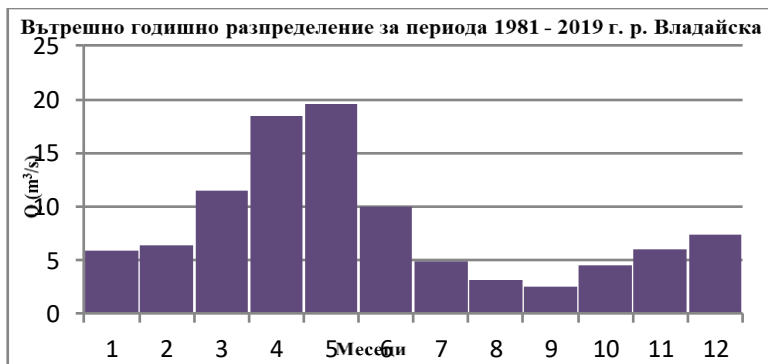
С помощта на данните за водните количества може да се определи вътрешногодишното разпределение на река Владайска за различни периоди през времето на наблюдение, като това ни дава информация за месеците на маловодие и на месеците с повече водно количество през годината.



Фиг. 2.6.2.2 Вътрешногодишно разпределение на водните количества на ХМС №18420 р. Владайска за период на наблюдение от 1949 – 2019 г.



Фиг. 2.6.2.3 Вътрешногодишно разпределение на водните количества на ХМС №18420 р. Владайска за период на наблюдение 1961 – 1990 г.



Фиг. 2.6.2.4 Вътрешногодишно разпределение на водните количества на ХМС №18420 р. Владайска за период на наблюдение 1981 – 2019 г.

От фиг. 2.6.2.2 – 2.6.2.4 се вижда, че за ХМС №18420 р. Владайска – гр. София, кв. Княжево е характерно за месеците март, април, май да е с повишено водно количество, а за месеците юли, август, септември и октомври е характерно маловодието.

Продължителността на непрекъсната работа на ХМС №18420 е 75 години (1949-). Периода, който се използва за настоящата дисертация е 1961-2019 г., което се явява 58 годишна непрекъсната редица от максимални стойности на водния отток на р. Владайска в началото на урбанизираната част на гр. София. Ходовата линия на максимални водни количества е показана на фиг. 2.6.2.5.



Фиг. 2.6.2.5 Ходова линия на максимални водни количества на р. Владайска при гр. София, кв. Княжево (ХМС №18420)

От фигурата на ходографа се вижда, че от 1961 до 2019 г. р. Владайска има няколко пика на максимални водни количества (1966, 1976, 1992 и 2007 г.), които са създавали предпоставка за излизане на реката от коритото ѝ и заливане на урбанизирана територия.

Статистическите параметри на времевите редици на максималния речен отток са определени за следните 4 основни разчетни периода (табл. 6.2.1):

- 1961-1990 г., който се приема за климатичен, съгласно препоръките на Световната Метеорологична Организация и почти изцяло съвпада с пълен хидрологичен цикъл, включващ един многоводен период (1961-1981 г.) и един маловоден (1981-1990 г.)
- 1961 – 1981 г. – характеризирани като многоводен
- 1981 - 1991 г. – характеризирани като маловоден за страната
- 1949 - 2019 г. – обща дължина на разполагаемите хидроложки редици.

Табл. 2.6.2.1 Статистически характеристики на максималния отток на р. Владайска при гр. София, кв. Княжево (ХМС №18420)

ХМС №18420	Qmax	MQ max
	кв. Княжево	кв. Княжево
	р. Владайска	
Период	1961-1990	
MIN	2.765	55.859
MAX	29.300	591.919
AVERAGE	10.231	206.690
Cv	0.24	
Cs	1.52	
STDEV	6.90	
Период	1961-1981	
MIN	2.970	60.000
MAX	29.300	591.919
AVERAGE	11.700	236.364
Cv	0.24	
Cs	1.51	
STDEV	7.16	
Период	1981-1991	
MIN	2.765	55.859
MAX	18.000	363.636
AVERAGE	6.780	136.961
Cv	0.25	
Cs	1.76	
STDEV	4.51	
Период	1949-2019	
MIN	1.500	30.303
MAX	68.650	1386.869
AVERAGE	10.567	213.465
Cv	0.14	
Cs	3.40	
STDEV	9.86	

Модула на средните стойности на максималните водни количества варира в сравнително приемливи граници от 136 – 236 l/s.km².

За разчетен период е приет периода 1961 – 2019 г., включващ периодите на многоводие и маловодие по-отношение на колебанията на оттока.

2.6.3. Повтаряемост на максимален оток на р. Владайска към разглеждания створ на ХМС №18420

На фиг. 2.6.3.1 са представени кривите на повтаряемост на максималните водни количества за р. Владайска при ХМС №18420 – гр. София, кв. Княжево, след подреждането им във вариационен ред, определена по формулата:

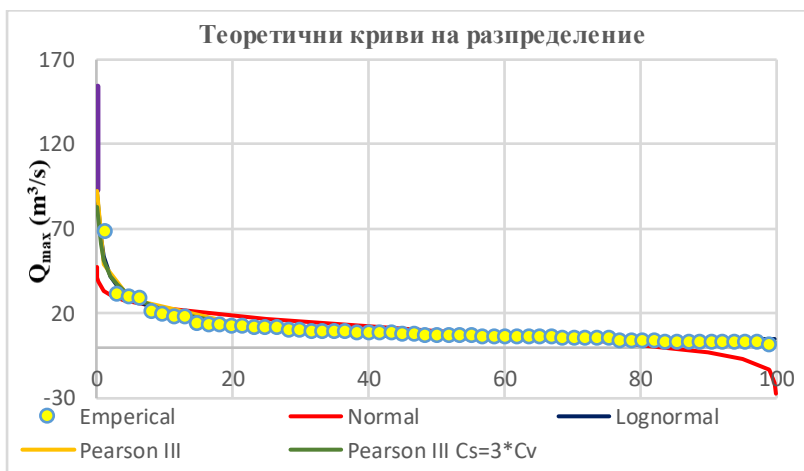
$$P = (m-0.3)/(n+0.4) \% \quad [12],$$

където:

m – пореден номер на случайната величина във вариационния ред

n – обща дължина на реда

Максималното водно количество с повтаряемост веднъж на 20, 100 и 1000 години (обезпеченост $P=0,1\%$, $P=1\%$ и $P=5\%$) е определено при приетите теоретични криви на разпределение - Пирсон III тип по метода на моментите и Пирсон III тип, при което $C_s=3 \cdot C_v$ (P3, Foster, 1924), логнормално разпределение (LN, Hazen, 1914), нормално разпределение (N) (Gauss) и емперично разпределение. Теоретичните криви са показани на фиг. 2.6.3.1.



Фиг. 2.6.3.1 Максимални водни количества с различна вероятност на повторение на ХМС №18420 р. Владайска при гр. София, кв. Княжево

Стойностите на максималните водни количества с различна обезпеченост са представени в табл. 2.6.3.1.

Таблица 2.6.3.1 Максимални водни количества с различна обезпеченост на ХМС №18420 р. Владайска при гр. София, кв. Княжево

P%	$Q_{\max} (m^3/s)$ (P3)	$Q_{\max} (m^3/s)$ (P3 $C_s=3 \cdot C_v$)	$Q_{\max} (m^3/s)$ (LN)	$Q_{\max} (m^3/s)$ (N)
	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
0.1	91.132	82.919	92.612	41.206
0.2	64.831	60.552		
1	53.495	51.264	49.317	33.460
2	42.200	41.713		30.702
4	36.745	36.846		

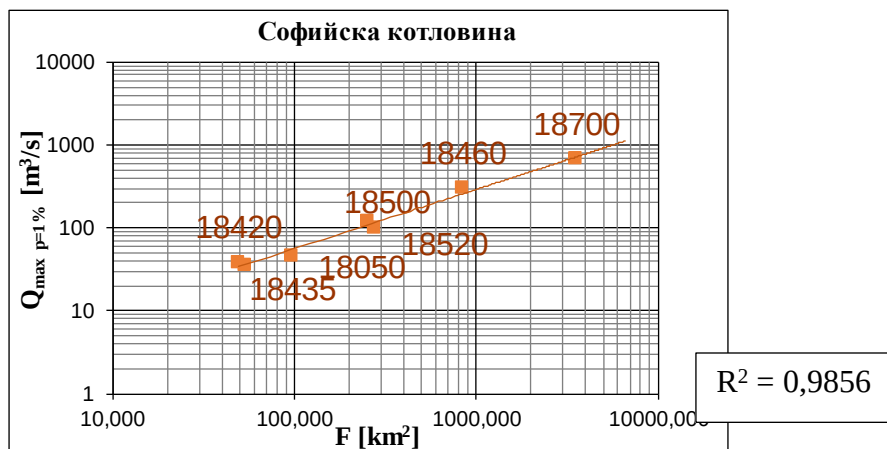
5	29.140	29.850	28.126	26.555
10	19.934	21.171		22.874

В практиката се използват два основни методични подхода за определяне на водни количества в не обхванати от мониторинг участъци: единият е регионализация по характерни водни количества в зависимост от физико-географските фактори, а другият е балансов подход. При подробен хидроложки анализ и определяне на максималните водни количества с определена обезпеченост е приложен регионализационен метод за определяне на еднородни хидроложки райони за формиране на максималния отток.

Една обща регионална зависимост се оформя за района на Софийската котловина, която включва данните на 7 от 9 хидрометрични станции, като не са включени данните за р. Блато и р. Нишава. Станциите, които участват в регионализацията са: №18050 – Матица (Елешница) при с. Елешница, №18420 – Владайска – гр. София, кв. Княжево, №18435 – Банкенска при гр. Банкя, №18460 – Лесновска при с. Долни Богоров, №18500 – Батулийска при с. Батулия, №18520 – Искрецка при гр. Своге и №18700 – Искър при гр. Нови Искър (Курило).

На фиг. 2.6.3.2 е показана регресионната зависимост за определяне на максималните водни количества в Софийската котловина при период на повторение 100 години (с обезпеченост $P=1\%$).

На фиг. 2.6.3.3 е показана картата на хидроложкия регион, който обхваща Софийската котловина.



Фиг. 2.6.3.2 Регресионна зависимост за определяне на максималните водни количества в Софийската котловина с период на повторение 100 години ($P=1\%$)

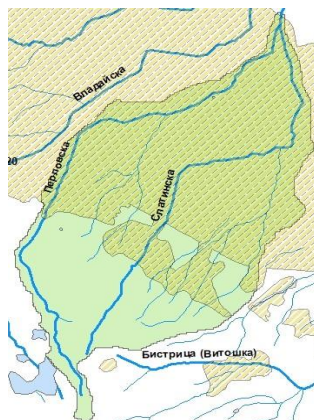


Фиг. 2.6.3.3 Карта на хидроложките региони, и на реките протичащи през Софийската котловина отнасящи се за дисертационния труд (р. Владайска, р. Перловска, р. Суходолска, р. Слатинска)

Освен р. Владайска през територията на гр. София преминават още три реки, които извират в района на Софийската котловина и имат сходни на р. Владайска хидроложки показатели и са взети под внимание в настоящата работа. Тези реки са: Перловска, Суходолска и Слатинска река.



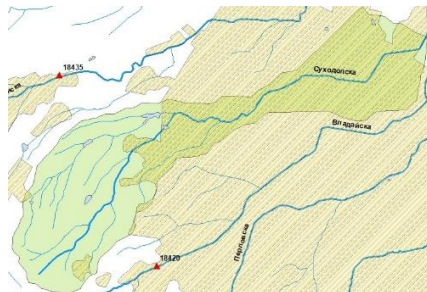
Фиг. 2.6.3.4 Перловска река в района на Националния стадион „Васил Левски“



Фиг. 2.6.3.4 Водосбора на р. Перловска



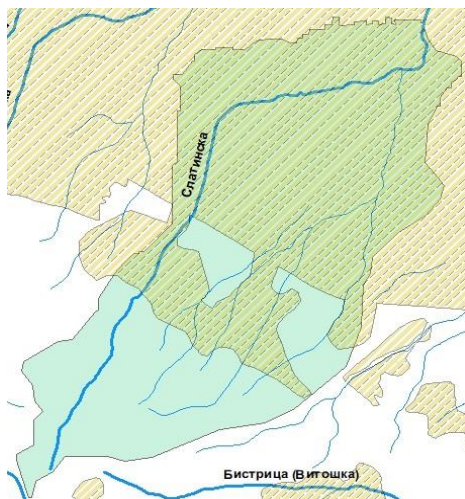
Фиг. 2.6.3.5 Река Суходолска в района на парк „Западен парк“



Фиг. 2.6.3.6 Водосбора на р. Суходолска



Фиг. 2.6.3.7 Река Слатинска в участъка на ЖП „Христо Смирненски“



Фиг. 2.6.3.8 Водосбора на р. Слатинска

2.6.4. Определяне на отточните коефициенти на р. Владайска към разглеждания створ на ХМС №18420

Единственото място, където може да се изчисли отточният коефициент, чрез отчитане на реални данни за характерните максимални водни количества, с актуална информация за характерните максимални дневни валежи, както и с отчитане на урбанизацията, това е при ХМС станция №18420 на р. Владайска, кв. Княжево. Стойностите за отточния коефициент в станцията са дадени в табл. 2.6.4.1.

Таблица 2.6.4.1. Отточния коефициент в ХМС №18420 на р. Владайска, кв. Княжево

Пункт №	Площ (Fi)	$Q_{p=0.1\%}$	$Q_{p=1\%}$	$Q_{p=5\%}$	$H_{p0.1\%}$	$H_{p1\%}$	$H_{p5\%}$	Коефициент на оттока φ с определена вероятност		
	(km ²)	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	mm	mm	mm	$\varphi_{0.1\%}$	$\varphi_{1\%}$	$\varphi_{5\%}$
ХМС №18420	49.50	82.919	51.264	29.850	111.9	82.8	65.3	0.31	0.29	0.25

На основата на реално изчислените в станцията отточни коефициенти, са изчислени преводните отточни коефициенти с определена обезпеченост ($\varphi_{0.1\%}$, $\varphi_{1\%}$ и $\varphi_{5\%}$) за всички условни пунктове в изследвания район. Резултатите са представени в таблици към съответната точка.

ГЛАВА ТРЕТА

3. Определяне на максимално водно количество с определена обезпеченост в градска среда – методични подходи и практическа реализация за гр. София

В дисертационния труд е предложен и приложен методичен подход за определяне на максималния отток в реките със характерна обезпеченост, използвайки информация за максималния дъжд (с характерна обезпеченост) и отчитайки влиянието на урбанизираната среда. В тази глава са разработени два варианта на оценка като във първия е използвана цялата налична информация за оценка на максималния дъжд от литературни източници и справочници. След това тази оценка е използвана при актуална информация за дъжда получена от мониторинговите валежмерни мрежи на НИМХ и резултатите са сравнени.

Максималните дъждове са основният, а понякога и единствения фактор формиращ оттока в реките. От тяхното определяне главно зависи вярното определяне на оттока, където липсват директни хидрологични измервания.

Предложения в дисертационния труд методичен подход отчита влияние на градската среда посредством информация за земеползването и земна покривка, където засилената урбанизираност на териториите увеличава отточния коефициент и повишава допълнително максималното водно количество спрямо тези, които биха били в естествена среда.

В глава трета се предлага и прилага описания методичен подход за оценка на максималния отток в урбанизирана среда за територията на гр. София, както и се дискутира получените резултати посредством сравнителен анализ.

3.1. Определяне на характерни максимални водни количества с определена обезпеченост и отточния коефициент за всеки един избран условен ненаблюдаван пункт

3.1.1. Определяне на максимални характерни водни количества посредством изчисляване на максимални дъждове от ползвани до сега литературни източници (при липса на валежмерна информация)

3.1.1.1. Избор на условни ненаблюдавани пунктове на р. Владайска за определяне на характерни максимални водни количества и отточни коефициенти на избраните условни ненаблюдавани пунктове.

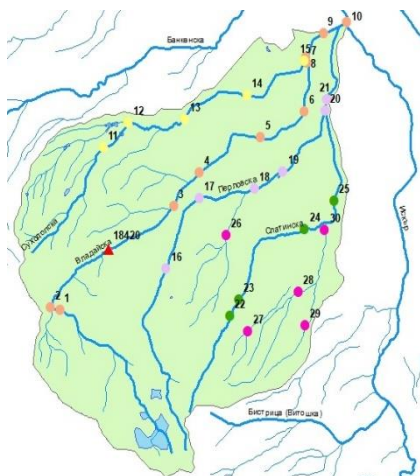
Първа задача на дисертационния труд е определянето на отточния коефициент в станцията на р. Владайска в гр. София при кв. Княжево, която е засегната слабо от урбанизационните процеси на града. Последствие този коефициент се определя и в други зададени пунктове по реката с цел да се направи един сравнителен анализ на това как урбанизацията влияе върху формирането на отточния коефициент. За да може да се намери стойността на отточния коефициент в произволни точки от поречието на р. Владайска се използва

земеползването в басейна ѝ от мястото където извира до мястото, където се влива в р. Искър. Земеползването се определя от данни взети от Corine land cover 2018 г.

Избрани са 30 условни пункта по протежение на софийските реки, разположени на възлови места, където ще бъдат определени характерни максимални водни количества с прилагане на методичен подход отчитащ степента на урбанизация и характера на земеползването в съответните подвodosбори до съответните пунктове. Приложена е схематична карта на реките в гр. София с отбелязани условни пунктове.

Легенда:

-  Условно избрани пунктове по р. Владайска
-  Условно избрани пунктове по р. Суходолска
-  Условно избрани пунктове по р. Перловска
-  Условно избрани пунктове по р. Слатинска
-  Условно избрани пунктове по притоци
-  ХМС №18420 р. Владайска – гр. София, кв. Княжево



Фиг. 3.1.1.1.1 Карта на водосбора на р. Владайска в гр. София с обозначението на ХМ Станция №18420 гр. София, кв. Княжево и условно избраните пунктове

Приложена е и таблица с избраните условни пунктове по протежение на Софийските реки – табл. 3.1.1.1.1.

Таблица 3.1.1.1.1 Списък с условните пунктове във водосбора на р. Владайска

№ по ред	№ на пункт	Описание на пункта
1	1	На р. Владайска преди станцията преди приток от ляво
2	2	На р. Владайска преди станцията след вливането на приток от ляво
3	3	На р. Владайска след станцията след вливането на р. Домуздере

4	4	На р. Владайска след станцията след вливането на приток от ляво
5	5	На р. Владайска - Львов мост
6	6	На р. Владайска - пл. Сточна гара
7	7	На р. Владайска преди вливането на р. Суходолска
8	8	На р. Владайска след вливането на р. Суходолска
9	9	На р. Владайска преди вливането на р. Слатинска
10	10	На р. Владайска при вливането в р. Искър
11	11	На р. Суходолска преди вливането на р. Слани дол
12	12	На р. Суходолска след вливането на р. Слани дол
13	13	На р. Суходолска в гр. София, кв. Люлин
14	14	На р. Суходолска в гр. София, кв. Военна рампа
15	15	На р. Суходолска преди вливането в р. Владайска
16	16	На р. Перловска в гр. София, кв. Бояна
17	17	На р. Перловска в гр. София, кв. Гоце Делчев
18	18	На р. Перловска след вливането на р. Хреновичка река гр. София - НДК
19	19	На р. Перловска в гр. София - Орлов мост
20	20	На р. Перловска преди вливането на р. Слатинска
21	21	На р. Перловска след вливането на р. Слатинска
22	26	На р. Хреновичка река приток на р. Перловска
23	22	На р. Слатинска в гр. София, кв. Драгалевци
24	23	На р. Слатинска в гр. София, кв. Витоша
25	24	На р. Слатинска преди вливането на р. Дървенишка
26	25	На р. Слатинска след вливането на р. Дървенишка
27	27	На река от дясно на р. Слатинска
28	28	На р. Стара река преди вливането в р. Дървенишка река
29	29	На р. Дървенишка река преди вливането на р. Стара река
30	30	На р. Дървенишка река преди вливането в р. Слатинска

Отточните коефициенти за съответния тип постилаща повърхност са обект на изследване в световната научна литература и са изготвени таблици с диапазон на изменение на техните стойности. За нуждите на дисертационния труд са използвани предложените стойности от „Сборник за мониторинг и контрол качеството на водите във водосборите на Съвета за оценка на водните ресурси“, САЩ, Калифорния [10], представени в табл. 3.1.1.1.2.

Таблица 3.1.1.1.2 Стойности на обобщените отточни коефициенти

Постилаща повърхност	Обобщен отточен коефициент (C)
Застроени площи – Централни градски части	0.70 – 0.95

– Периферия	0.50 – 0.70
Жилищни квартали	
– Площи със самостоятелни жилищни постройки	0.30 - 0.50
– Еднофамилни кооперации	0.40 – 0.60
– Жилищни комплекси	0.60 – 0.75
– Предградия	0.25 – 0.40
Индустриални части	
– На леката промишленост	0.50 – 0.80
– На тежката промишленост	0.60 – 0.90
Паркове, гробища	0.10 – 0.25
Спортни/детски площадки	0.20 – 0.35
Крайпътни затревени площи	0.20 – 0.40
Затревени площи	
– Рохкави почви. равен терен – 2%	0.05 – 0.10
– Рохкави почви. полегат терен – 2 – 7%	0.10 – 0.15
– Рохкави почви. стръмен терен – 7%	0.15 – 0.20
– Сбити почви. равен терен – 2%	0.13 – 0.17
– Сбити почви. полегат терен – 2 – 7%	0.18 – 0.22
– Сбити почви. стръмен терен – 7%	0.25 – 0.35
Земеделски земи	
– Голи площи	
* гладки	0.30 – 0.60
* грапави	0.20 – 0.50
– Обработваеми	
* сбити почви. незасети	0.30 – 0.60
* сбити почви. с насаждения	0.20 – 0.50
* рохкави почви. незасети	0.20 – 0.40
* рохкави почви. с насаждения	0.10 – 0.25
– Пасища	
* сбити почви	0.15 – 0.45
* рохкави почви	0.05 – 0.25
– Гори	0.05 – 0.25
Улици	
* Асфалтирани	0.70 – 0.95
* Бетонирани	0.80 – 0.95
* Павирани	0.70 – 0.85
Необработени площи	0.10 – 0.30
Алеи (велосипедни, за пешеходци)	0.75 – 0.85
Покриви	0.75 – 0.95

3.1.1.2. Определяне площите на съответните земни покрития в изследваните подводосбори на р. Владайска

За определяне на площта на различните типове земно покритие като km² и като процентно разпределение е използвана версията на CORINA land cover 2018, като последна актуална информация в държавата. Представената по-долу карта и стойности са използвани за определяне на самите обобщени отточни коефициенти, които са показани на фигура 3.1.1.2.11 за пункт 10 от водосбора на р. Владайска. Останалите пунктове във водосбора на р. Владайска са разгледани подробно в дисертационния труд.



Фиг. 3.1.1.2.11 Земеползване и урбанизация в пункт 10 от водосбора на р. Владайска

3.1.1.3. Определяне на обобщения отточен коефициент за всички подводосбори на р. Владайска

Съгласно приложената карта и таблица на р. Владайска са избрани 10 условни пунктове (номера от 1 до 10), като последния е заключващ створ преди вливане в р. Искър и обхваща допълнително целия водосбор на р. Суходолска, р. Перловска и р. Слатинска. Първите два пункта са разположени над хидрометричната станция в условия на много слабо урбанизирана среда, а всички останали (номера от 3 до 10) надолу по течението в условия на нарастваща водосборна площ и увеличаваща се степен на урбанизация.

В зависимост от площите и типа на постилащите повърхности са определени референтните стойности на обобщените отточни коефициенти за всички подводосбори на р. Владайска в гр. София, изчислени по следната формула [13]:

$$C = \Sigma C_i * F_i / \Sigma F_i \quad [13],$$

където:

C – обобщен отточен коефициент за целия водосбор

C_i – обобщен отточен коефициент за част от водосбора (до съответният условен пункт) със съответния тип постилаща повърхност

F_i – площ за част от водосбора (подводосбор до съответният условен пункт) със съответните типове постилаща повърхност.

В таблица 3.1.1.3.10 са въведени стойностите на обобщения отточен коефициент във водосбора на р. Владайска в гр. София за условен пункт 10 преди да е преведен към съответния отточен коефициент с определена обезпеченост в станцията. За останалите пунктове по поречието на р. Владайска са представени в дисертационния труд.

Таблица 3.1.1.3.10 Стойности на обобщения отточен коефициент за пункт 10 от водосбора на р. Владайска

Постилаща повърхност	Площ (F) (km ²)	Обобщен отточен коеф. (C _i) за постилащата повърхност			C _{max} спрямо постилащата повърхност	C _{max} спрямо постилащата повърхност	C _{aver} спрямо постилащата повърхност
		min	max	average			
Населени места - периферия	74,41	0,50	0,70	0,60	37,21	52,09	44,65
Населени места - централна част	6,64	0,70	0,95	0,83	4,65	6,31	5,48
Индустриални обекти	20,39	0,50	0,80	0,65	10,19	16,31	13,25
Тревни площи	6,69	0,18	0,22	0,20	1,20	1,47	1,34
Паркове	11,68	0,10	0,25	0,18	1,17	2,92	2,04
Спортни площадки	5,04	0,20	0,35	0,28	1,01	1,77	1,39
Пасища	8,24	0,15	0,45	0,30	1,24	3,71	2,47
Земеделски земи - обработваеми	23,52	0,30	0,60	0,45	7,06	14,11	10,58
Земеделски земи - с естествена растителност	8,72	0,20	0,40	0,30	1,74	3,49	2,62
Гори	65,18	0,05	0,25	0,15	3,26	16,30	9,78
Гори скали и смесена растителност	5,65	0,30	0,60	0,45	1,70	3,39	2,54
Торфени блатата	9,92	0,10	0,15	0,13	0,99	1,49	1,24
Пътно-шосейна и железопътна мрежи и прилежащата им земя	2,64	0,7	0,95	0,83	1,85	2,51	2,18
Сметини	0,35	0,2	0,5	0,35	0,07	0,17	0,12
Общо:	249,08	-	-	-	73,33	126,03	99,68
C _{min} = 0,29							
C _{max} = 0,51							
C _{aver} = 0,40							

Таблица 3.1.1.3.11 Стойности на отточния коефициент приведен към съответната обезпеченост - $\varphi_{0.1\%}$, $\varphi_{1\%}$ и $\varphi_{5\%}$, за всеки условен пункт по поречието на р. Владайска с отчитане влиянието на урбанизацията през 2019 г.

Пункт №	Площ (Fi)	Средно тежестен обобщен коефициент	Коефициент на оттока φ с определена обезпеченост		
	(km ²)		$\varphi_{0.1\%}$	$\varphi_{1\%}$	$\varphi_{5\%}$
1	23.40	0.17	0.26	0.25	0.21
2	33.61	0.18	0.28	0.27	0.23
3	64.89	0.25	0.39	0.37	0.32
4	73.34	0.29	0.44	0.42	0.36
5	84.99	0.33	0.52	0.48	0.42
6	89.98	0.35	0.55	0.51	0.44
7	91.41	0.36	0.55	0.51	0.44
8	141.04	0.38	0.59	0.55	0.48
9	143.68	0.38	0.59	0.55	0.48
10	249.08	0.40	0.62	0.58	0.50

3.1.1.4. Определяне на характерни максимални водни количества на условни ненаблюдавани пунктове по поречието на р. Владайска с отчитане влиянието на урбанизацията през 2019 г.

Максималното водно количество с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) във всеки един от изброените условни пункта може да се определи по емпиричната формула [14]:

$$Q_p = 16.67 \cdot \tau \cdot \varphi \cdot N_p \cdot \overline{\varphi}(\tau_p) \cdot F \quad (\text{m}^3/\text{sec}) \quad [14],$$

където условното Q_p е заместено с определяните в дисертацията обезпечености на водното количество $Q_{p0.1\%}$, $Q_{p1\%}$ и $Q_{p5\%}$, където съответните отточни коефициенти са определени при отчитане на настъпилите урбанизационни промени в земната покривка. Използвани са данни за максимални дъждове от литературни източници [1]. Резултатите от максимално водно количество с определената обезпеченост за съответният пункт по поречието на р. Владайска са представени в табл. 3.1.1.4.1.

Таблица 3.1.1.4.1 Стойности на максималното водно количество с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт от условните пунктове по р. Владайска при отчитане влиянието на урбанизираната среда през 2019 г. и максимални дъждове от литературни източници

Пункт №	$Q_{p0.1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p5\%}$ m ³ /sec
1	40.218	24.076	13.630
2	62.361	37.332	21.135
3	165.976	99.360	56.251

4	213.091	127.564	72.219
5	287.051	171.840	97.284
6	320.528	191.880	108.629
7	328.726	196.788	111.408
8	542.900	325.000	183.993
9	556.689	333.256	188.666
10	1009.470	604.309	342.118

Представените стойности на характерните максимални водни количества в приетите условни пунктове отразяват влиянието на урбанизираната градска среда.

В табл. 3.1.1.4.2 са представени характерните максимални водни количества при ситуация, в която липсва всякаква урбанизация. В този случай цялата територия на изследвания район изцяло е заета от пасища, гори и ливади с цел сравнение между стойностите на максималния отток при отчитане на сегашното земеползване и при липсата на урбанизация.

Таблица 3.1.1.4.2. Процентна разлика на максималните водни количества с определена обезпеченост с отчитане на земеползването и без урбанизация с максимални дъждове от литературни източници

Пункт №	Площ (Fi) (km ²)	Максимални водни количества с отчитане на урбанизацията			Максимални водни количества без отчитане на урбанизацията			Процентна разлика		
		Q0.1%	Q1%	Q5%	Q0.1%	Q1%	Q5%	Вероятност %		
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	0.1%	1%	5%
1	23.40	40.218	24.076	13.630	27.704	16.484	9.039	37	37	41
2	33.61	62.361	37.332	21.135	39.788	23.673	12.982	44	45	48
3	64.89	165.976	99.360	56.251	76.816	45.705	25.064	73	74	77
4	73.34	213.091	127.564	72.219	86.819	51.657	28.328	84	85	87
5	84.99	287.051	171.840	97.284	100.610	59.863	32.828	96	97	99
6	89.98	320.528	191.880	108.629	106.518	63.378	34.755	100	101	103
7	91.41	328.726	196.788	111.408	108.210	64.385	35.307	101	101	104
8	141.04	542.900	325.000	183.993	166.962	99.342	54.477	106	106	109
9	143.68	556.689	333.256	188.666	170.087	101.201	55.497	106	107	109
10	249.08	1009.470	604.309	342.118	294.859	175.440	96.208	110	110	112

От представените резултати в табл. 3.1.1.4.2 се вижда, че стойностите варират в доста голям диапазон от 37% до 112%, което означава че урбанизацията оказва доста голямо влияние върху формирането на повърхностен максимален отток при максимални валежи.

Направените изчисления до тук обаче съдържат една условност свързана с остарялата информация за стойности на денонощния максимум на валежа, която се съдържа в издадените справочници и научни трудове.

Предложеният методичен подход за оценка на максималния отток е необходимо да бъде преоценен със съвременна валежомерна информация, което е и задача на следващата част от дисертационния труд.

3.1.2. Определяне на максимални характерни водни количества с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) посредством наличие на актуална информация за валежи с определена обезпеченост на максимални дъждове с отчитане влиянието на урбанизацията през 1878 г. и през 2019 г.

За определянето на максимални водни количества с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) с помощта на актуална информация за максимални валежи с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%), се използват данните от синоптична станция №64201 - София ЦМС, която е представителна синоптична станция за района на града и разполага с дълга, непрекъсната редица от наблюдения. Според официално предоставена информация от НИМХ за референтен период от 1952 – 2022 г. максималните валежи със съответните обезпечености са както следва: за максимален 24 часов дъжд - 0.1% са 111.9 mm. за максимален 24 часов дъжд с обезпеченост 1% - 82.8 mm и съответно за максимален 24 часов дъжд с обезпеченост 5% - 65.3 mm. Извършено е преизчисление на всички избрани условни пунктове по протежението на р. Владайска. Резултатите са представени в табл. 3.1.2.1. В табл. 3.1.2.2 е представена процентната разлика между максималните водни количества определени с актуална информация за валежа като се взима предвид степента на земеползване и без да се отчита урбанизацията. Също така е показана и процентната разлика между изчислените характерни максимални водни количества при използване на литературни данни за определяне на валежите и актуална информация за максималните дъждове (табл. 3.1.2.3).

Таблица 3.1.2.1 Стойности на максималното водно количество с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт от условните пунктове по р. Владайска при отчитане влиянието на урбанизираната среда през 2019 г. и актуална информация за максимални дъждове

Пункт №	$Q_{p0.1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p5\%}$ m ³ /sec
1	33.122	20.280	11.984
2	51.359	31.446	18.583
3	136.695	87.281	49.458
4	175.497	112.057	63.496
5	236.400	150.944	85.531
6	263.981	168.554	95.510
7	270.725	172.860	97.950
8	447.125	285.495	161.774
9	458.479	292.743	165.881
10	831.381	530.846	300.800

Таблица 3.1.2.2 Процентна разлика на максималните характерни водни количества с определена обезпеченост с отчитане на земеползването и без урбанизация с максимални дъждове по актуална информация

Пункт №	Площ (Fi)	Максимални водни количества с отчитане на урбанизацията с валежи от актуална информация			Максимални водни количества без отчитане на урбанизацията			Процентна разлика		
		Q0.1%	Q1%	Q5%	Q0.1%	Q1%	Q5%	Вероятност %		
	(km²)	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	0.1%	1%	5%
1	23.40	33.122	20.280	11.984	27.704	16.484	9.039	18	21	28
2	33.61	51.359	31.446	18.583	39.788	23.673	12.982	25	28	35
3	64.89	136.695	87.281	49.458	76.816	45.705	25.064	56	63	65
4	73.34	175.497	112.057	63.496	86.819	51.657	28.328	68	74	77
5	84.99	236.400	150.944	85.531	100.610	59.863	32.828	81	86	89
6	89.98	263.981	168.554	95.510	106.518	63.378	34.755	85	91	93
7	91.41	270.725	172.860	97.950	108.210	64.385	35.307	86	91	94
8	141.04	447.125	285.495	161.774	166.962	99.342	54.477	91	97	99
9	143.68	458.479	292.743	165.881	170.087	101.201	55.497	92	97	100
10	249.08	831.381	530.846	300.800	294.859	175.440	96.208	95	101	103

Таблица 3.1.2.3 Процентна разлика на максималните характерни водни количества с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт от условните пунктове по р. Владайска спрямо актуалния максимален валеж и максималните дъждове взети от литературни източници

Пункт №	Максимални водни количества с данни за максимални дъждове от литературни източници			Максимални водни количества с данни за актуални максимални дъждове			% разлика	% разлика	% разлика
	Q _{p0.1%}	Q _{p1%}	Q _{p5%}	Q _{p0.1%}	Q _{p1%}	Q _{p5%}	Q _{p0.1%}	Q _{p1%}	Q _{p5%}
	m³/sec	m³/sec	m³/sec	m³/sec	m³/sec	m³/sec	m³/sec	m³/sec	m³/sec
1	40.218	24.076	13.630	33.122	20.280	11.984	19	17	13
2	62.361	37.332	21.135	51.359	31.446	18.583	19	17	13
3	165.976	99.360	56.251	136.695	87.281	49.458	19	13	13
4	213.091	127.564	72.219	175.497	112.057	63.496	19	13	13
5	287.051	171.840	97.284	236.400	150.944	85.531	19	13	13
6	320.528	191.880	108.629	263.981	168.554	95.510	19	13	13
7	328.726	196.788	111.408	270.725	172.860	97.950	19	13	13
8	542.900	325.000	183.993	447.125	285.495	161.774	19	13	13
9	556.689	333.256	188.666	458.479	292.743	165.881	19	13	13
10	1009.470	604.309	342.118	831.381	530.846	300.800	19	13	13

Таблица 3.1.2.5 Стойности на максималното водно количество с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт от условните пунктове по р. Владайска с отчита влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. спрямо актуалния максимален валеж

Пункт №	$Q_{p0.1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p5\%}$ m ³ /sec
1	28.354	17.361	10.259
2	44.186	27.054	15.986
3	100.801	64.363	36.470
4	123.551	78.889	44.701
5	151.049	96.447	54.650
6	166.820	106.517	60.356
7	173.820	110.986	62.890
8	277.993	177.502	100.580
9	286.115	182.688	103.519
10	517.534	330.452	187.248

Таблица 3.1.2.6 Стойности на отточния коефициент приведен към съответната обезпеченост за всеки условен пункт по поречието на р. Владайска с отчитане на влиянието на урбанизацията през 1878 г.

Пункт №	$\phi_{0.1\%}$	$\phi_{1\%}$	$\phi_{5\%}$
1	0.23	0.22	0.19
2	0.25	0.23	0.20
3	0.29	0.28	0.24
4	0.31	0.29	0.25
5	0.33	0.30	0.26
6	0.34	0.32	0.28
7	0.36	0.33	0.29
8	0.37	0.35	0.30
9	0.37	0.35	0.30
10	0.39	0.36	0.31

В дисертационния труд по-надолу, както за р. Владайска, така и за останалите Софийски реки работата е продължена само с изчислените стойности при използване на актуална информация на НИМХ за валежите.

3.2. Приложение на методичния подход за определяне на характерни максимални водни количества за р. Владайска върху други Софийски реки по представената изчислителна схема

Другите Софийски реки, за които са изчислени характерните максимални водни количества и обобщените отточни коефициенти са: Суходолска, Перловска и Слатинска.

3.2.1. Характерни максимални водни количества на р. Суходолска при използване на станция №18420 на р. Владайска – гр. София при кв. Княжево като станция – аналог.

Характерните максимални водни количества за р. Суходолска са представени в табл. 3.2.1.1.

Таблица 3.2.1.1 Стойности на максималното водно количество с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт от условните пунктове по р. Суходолска при отчитане влиянието на урбанизираната среда през 2019 г.

Пункт №	$Q_{p0.1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p5\%}$ m ³ /sec
11	25.711	15.743	9.303
12	63.522	38.892	22.983
13	96.004	58.780	34.735
14	114.061	69.836	41.268
15	176.063	107.799	63.701

Таблица 3.2.1.2 Стойности на максималното водно количество с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт от условните пунктове по р. Суходолска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г.

Пункт №	$Q_{p0.1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p5\%}$ m ³ /sec
11	18.713	11.458	6.770
12	42.808	26.210	15.489
13	67.268	41.187	24.339
14	77.464	47.430	28.028
15	112.493	68.876	40.701

Таблица 3.2.1.3 Стойности на отточния коефициент приведен към съответната обезпеченост за всеки условен пункт по поречието на р. Суходолска с отчитане на урбанизацията през 2019 г.

Пункт №	$\phi_{0.1\%}$	$\phi_{1\%}$	$\phi_{5\%}$
11	0.43	0.41	0.35
12	0.50	0.46	0.40
13	0.54	0.51	0.44
14	0.59	0.55	0.48
15	0.67	0.62	0.54

Таблица 3.2.1.4 Стойности на отточния коефициент приведен към съответната обезпеченост за всеки условен пункт по поречието на р. Суходолска с отчитане на урбанизацията през 1878 г.

Пункт №	$\phi_{0.1\%}$	$\phi_{1\%}$	$\phi_{5\%}$
11	0.31	0.29	0.25
12	0.33	0.30	0.26

13	0.39	0.36	0.31
14	0.40	0.38	0.33
15	0.42	0.39	0.34

3.2.2. Характерни максимални водни количества на р. Перловска при използване на станция №18420 на р. Владйиска – гр. София при кв. Княжево като станция – аналог.

Характерните максимални водни количества за р. Перловска са представени в табл. 3.2.2.1.

Таблица 3.2.2.1 Стойности на максималното водно количество с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт от условните пунктове по р. Перловска при отчитане влиянието на урбанизираната среда през 2019 г.

Пункт №	$Q_{p0.1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p5\%}$ m ³ /sec
16	14.235	8.716	5.150
17	24.199	14.816	8.755
18	111.256	68.118	40.253
19	129.659	79.388	46.911
20	154.203	94.414	55.793
21	358.701	219.623	129.781

Таблица 3.2.2.2 Стойности на максималното водно количество с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт от условните пунктове по р. Перловска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г.

Пункт №	$Q_{p0.1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p5\%}$ m ³ /sec
16	10.879	6.661	3.936
17	14.875	9.107	5.383
18	52.672	32.249	19.058
19	60.208	36.863	21.784
20	73.985	45.298	26.768
21	182.934	112.005	52.949

Таблица 3.2.2.3 Стойности на отточния коефициент приведен към съответната обезпеченост за всеки условен пункт по поречието на р. Перловска с отчитане на влиянието на урбанизация през 2019 г.

Пункт №	$\phi_{0.1\%}$	$\phi_{1\%}$	$\phi_{5\%}$
16	0.29	0.28	0.24
17	0.40	0.38	0.33
18	0.57	0.54	0.46
19	0.60	0.57	0.49

20	0.64	0.59	0.51
21	0.65	0.61	0.53

Таблица 3.2.2.4 Стойности на отточния коефициент приведен към съответната обезпеченост за всеки условен пункт по поречието на р. Перловска с отчитане влиянието на урбанизация през 1878 г.

Пункт №	$\phi 0.1\%$	$\phi 1\%$	$\phi 5\%$
16	0.23	0.22	0.19
17	0.25	0.23	0.20
18	0.26	0.25	0.21
19	0.28	0.26	0.23
20	0.29	0.28	0.24
21	0.34	0.32	0.28

3.2.3. Характерни максимални водни количества на р. Слатинска при използване на станция №18420 на р. Владайска – гр. София при кв. Княжево като станция – аналог.

Характерните максимални водни количества за р. Слатинска са представени в табл. 3.2.3.1 с отчитане на земеползването през 2019 г. и в табл. 3.2.3.2. с отчитане влиянието на урбанизацията през 1878 г.

Таблица 3.2.3.1 Стойности на максималното водно количество с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт от условните пунктове по р. Слатинска при отчитане влиянието на урбанизираната среда през 2019 г.

Пункт №	$Q_{p0.1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p5\%}$ m ³ /sec
22	10.346	6.335	3.744
23	11.653	7.135	4.216
24	70.144	42.948	25.379
25	178.966	109.577	64.751

Таблица 3.2.3.2 Стойности на максималното водно количество с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт от условните пунктове по р. Слатинска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г.

Пункт №	$Q_{p0.1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p5\%}$ m ³ /sec
22	6.295	3.854	2.278
23	6.713	4.111	2.429
24	29.311	17.945	10.605
25	79.744	48.826	28.853

Таблица 3.2.3.3 Стойности на отточния коефициент приведен към съответната обезпеченост за всеки условен пункт по поречието на р. Слатинска при отчитане влиянието на урбанизираната среда през 2019 г.

Пункт №	$\phi 0.1\%$	$\phi 1\%$	$\phi 5\%$
22	0.39	0.36	0.31
23	0.40	0.38	0.33
24	0.68	0.64	0.55
25	0.65	0.61	0.53

Таблица 3.2.3.4 Стойности на отточния коефициент приведен към съответната обезпеченост за всеки условен пункт по поречието на р. Слатинска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г.

Пункт №	$\phi 0.1\%$	$\phi 1\%$	$\phi 5\%$
22	0.23	0.22	0.19
23	0.23	0.22	0.19
24	0.28	0.26	0.23
25	0.29	0.28	0.24

3.2.4. Характерни максимални водни количества на реки притоци на р. Перловска и р. Слатинска, при използване на станция №18420 на р. Владийска – гр. София при кв. Княжево като станция – аналог.

Характерните максимални водни количества за реките притоци на р. Перловска и р. Слатинска са представени в табл. 3.2.4.1. с отчитане влиянието на земеползването през 2019 г. и в табл. 3.2.4.1 при отчитане влиянието на урбанизационната среда през 1878 г.

Таблица 3.2.4.1 Стойности на максималното водно количество с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт от условните пунктове по реките притоци на р. Слатинска и р. Перловска при отчитане влиянието на урбанизираната среда през 2019 г.

Точка №	$Q_{p0.1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p5\%}$ m ³ /sec
26	36.250	22.195	13.116
27	5.247	3.212	1.899
28	25.414	15.560	9.195
29	9.674	5.923	3.500
30	84.866	51.961	30.705

Таблица 3.2.4.2 Стойности на максималното водно количество с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт от условните пунктове по реките притоци на р. Слатинска и р. Перловска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г.

Точка №	$Q_{p0.1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p5\%}$ m ³ /sec
26	19.530	11.958	7.066
27	3.501	2.145	1.268
28	13.125	8.036	4.749
29	5.281	3.234	1.911
30	39.906	24.434	14.439

Таблица 3.2.4.3 Стойности на отточния коефициент приведен към съответната обезпеченост за всеки условен пункт по реките притоци на р. Перловска и р. Слатинска при отчитане влиянието на урбанизираната среда през 2019 г.

Пункт №	$\phi_{0.1\%}$	$\phi_{1\%}$	$\phi_{5\%}$
26	0.51	0.48	0.41
27	0.39	0.36	0.31
28	0.53	0.49	0.43
29	0.51	0.48	0.41
30	0.59	0.55	0.48

Таблица 3.2.4.4 Стойности на отточния коефициент приведен към съответната обезпеченост за всеки условен пункт по реките притоци на р. Перловска и р. Слатинска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г.

Пункт №	$\phi_{0.1\%}$	$\phi_{1\%}$	$\phi_{5\%}$
26	0.28	0.26	0.23
27	0.25	0.23	0.20
28	0.28	0.26	0.23
29	0.28	0.26	0.23
30	0.28	0.26	0.23

3.3. Сравнителни графики и таблици на условните ненаблюдавани пунктове във водосбора на р. Владайска спрямо урбанизацията през 1878 г. и през 2019 г.

За да може да се визуализират по ясно стойностите на максималните водни количества с определена обезпеченост ($P=0.1\%$, $P=1\%$ и $P=5\%$) за всички условни пунктове във водосбора на р. Владайска, в случаите когато за изследвания район се отчита урбанизацията от 1878 г. спрямо тези с отчитане на урбанизацията през 2019 г. Резултатите са представени в сравнителна таблица (табл. 3.3.1). За да може да се изчислят приблизително какви евентуално са били максималните водни количества при урбанизацията през 1878 г., почти цялата територия е представена от гори, тревни площи и голи скали, изразени със съответните им отточни коефициенти.

Таблица 3.3.1 Сравнителна таблица в проценти за стойностите на максималните водни количества с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт от условните пунктове във водосбора на р. Владайска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и през 2019 г.

№ услове н пункт	Площ	Максимални водни количества с определена обезпеченост с отчитане на урбанизацията през 2019 г.			Максимални водни количества с определена обезпеченост с отчитане на урбанизацията през 1878 г.			Процентна разлика между водните количества с урбанизация през 1878 г. и 2019 г.			
		F	Q _{maxp0.1%}	Q _{maxp1%}	Q _{maxp5%}	Q _{maxp0.1%}	Q _{maxp1%}	Q _{maxp5%}	P=0.1 %	P=1 %	P=5 %
		km ²	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	%	%	%
Водосборът на р. Владайска											
1	23.4	33.122	20.280	11.984	28.354	17.361	10.259	16	16	16	
2	33.61	51.359	31.446	18.583	44.186	27.054	15.986	15	15	15	
3	64.89	136.695	87.281	49.458	100.801	64.363	36.470	30	30	30	
4	73.34	175.497	112.057	63.496	123.551	78.889	44.701	35	35	35	
5	84.99	236.400	150.944	85.531	151.049	96.447	54.650	44	44	44	
6	89.98	263.981	168.554	95.510	166.820	106.517	60.356	45	45	45	
7	91.41	270.725	172.860	97.950	173.820	110.986	62.890	44	44	44	
8	141.04	447.125	285.495	161.774	277.993	177.502	100.580	47	47	47	
9	143.68	458.479	292.743	165.881	286.115	182.688	103.519	46	46	46	
10	249.08	831.381	530.846	300.800	517.534	330.452	187.248	47	47	47	
Водосборът на р. Суходолска											
11	11.13	25.711	15.743	9.303	18.713	11.458	6.770	32	32	32	
12	24.18	63.522	38.892	22.983	42.808	26.210	15.489	39	39	39	
13	32.58	96.004	58.780	34.735	67.268	41.187	24.339	35	35	35	
14	36.38	114.061	69.836	41.268	77.464	47.430	28.028	38	38	38	
15	49.56	176.063	107.799	63.701	112.493	68.876	40.701	44	44	44	
Водосборът на р. Перловска											

16	8.97	14.235	8.716	5.150	10.879	6.661	3.936	27	27	27
17	11.34	24.199	14.816	8.755	14.875	9.107	5.383	48	48	48
18	36.41	111.256	68.118	40.253	52.672	32.249	19.058	71	71	71
19	40.24	129.659	79.388	46.911	60.208	36.863	21.784	73	73	73
20	45.64	154.203	94.414	55.793	73.985	45.298	26.768	70	70	70
21	101.52	358.701	219.623	129.781	182.934	112.005	66.186	65	65	65
Водосборът на р. Слатинска										
22	5.03	10.346	6.335	3.744	6.295	3.854	2.278	49	49	49
23	5.28	11.653	7.135	4.216	6.713	4.111	2.429	54	54	54
24	19.26	70.144	42.948	25.379	29.311	17.945	10.605	82	82	82
25	50.68	178.966	109.577	64.751	79.744	48.826	28.853	77	77	77
Притоци към р. Перловска и р. Слатинска										
26	13.15	36.250	22.195	13.116	19.530	11.958	7.066	60	60	60
27	2.56	5.247	3.212	1.899	3.501	2.145	1.268	40	40	40
28	8.9	25.414	15.560	9.195	13.125	8.036	4.749	64	64	64
29	3.56	9.674	5.923	3.500	5.281	3.234	1.911	59	59	59
30	26.54	84.866	51.961	30.705	39.906	24.434	14.439	72	72	72

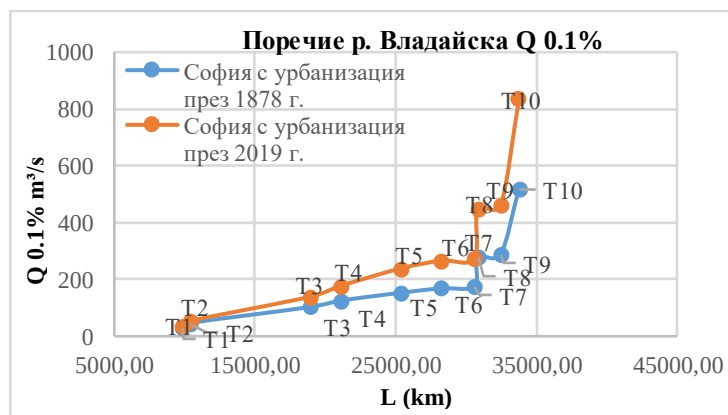
Таблица 3.3.2 Сравнителна таблица в проценти за стойностите на отточните коефициенти за съответният пункт от условните пунктове във водосбора на р. Влайска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и 2019 г.

№ условен пункт	Площ	Отточни коефициенти с отчитане на урбанизацията през 2019 г.			Отточни коефициенти с отчитане на урбанизацията през 1878 г.			Процентна разлика между отточните коефициенти с урбанизация през 1878 г. и 2019 г.			
		F	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%
		km²	-	-	-	-	-	-	%	%	%
Водосборът на р. Владайска											
1	23.4	0.26	0.25	0.21	0.23	0.22	0.19	13	13	13	

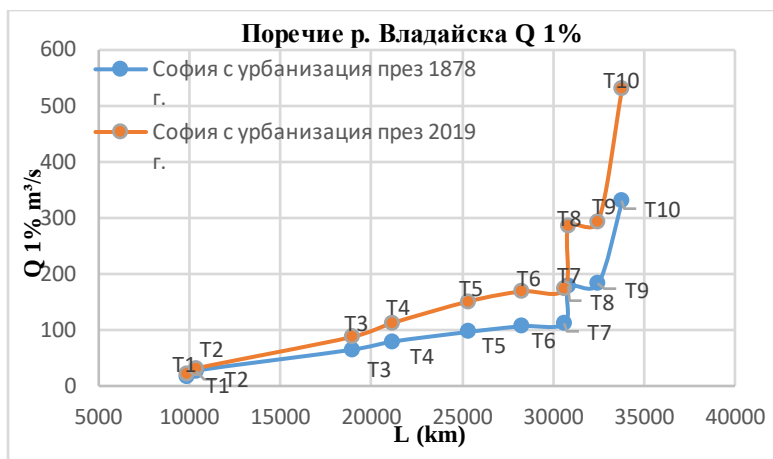
2	33.61	0.28	0.26	0.23	0.25	0.23	0.20	12	12	12
3	64.89	0.39	0.36	0.31	0.29	0.28	0.24	27	27	27
4	73.34	0.45	0.42	0.36	0.31	0.29	0.25	37	37	37
5	84.99	0.51	0.48	0.41	0.33	0.30	0.26	44	44	44
6	89.98	0.54	0.51	0.44	0.34	0.32	0.28	46	46	46
7	91.41	0.56	0.52	0.45	0.36	0.33	0.29	44	44	44
8	141.04	0.59	0.55	0.48	0.37	0.35	0.30	45	45	45
9	143.68	0.59	0.55	0.48	0.37	0.35	0.30	45	45	45
10	249.08	0.62	0.58	0.50	0.39	0.36	0.31	46	46	46
Водосборът на р. Суходолска										
11	11.13	0.43	0.41	0.35	0.31	0.29	0.25	33	33	33
12	24.18	0.50	0.46	0.40	0.33	0.30	0.26	42	42	42
13	32.58	0.54	0.51	0.44	0.39	0.36	0.31	33	33	33
14	36.38	0.59	0.55	0.48	0.40	0.38	0.33	38	38	38
15	49.56	0.67	0.62	0.54	0.42	0.39	0.34	46	46	46
Водосборът на р. Перловска										
16	8.97	0.29	0.28	0.24	0.23	0.22	0.19	24	24	24
17	11.34	0.40	0.38	0.33	0.25	0.23	0.20	48	48	48
18	36.41	0.57	0.54	0.46	0.26	0.25	0.21	74	74	74
19	40.24	0.60	0.57	0.49	0.28	0.26	0.23	74	74	74
20	45.64	0.64	0.59	0.51	0.29	0.28	0.24	73	73	73
21	101.52	0.65	0.61	0.53	0.34	0.32	0.28	63	63	63
Водосборът на р. Слатинска										
22	5.03	0.39	0.36	0.31	0.23	0.22	0.19	50	50	50
23	5.28	0.40	0.38	0.33	0.23	0.22	0.19	54	54	54
24	19.26	0.68	0.64	0.55	0.28	0.26	0.23	84	84	84

25	50.68	0.65	0.61	0.53	0.29	0.28	0.24	75	75	75
Притоци към р. Перловска и р. Слатинска										
26	13.15	0.51	0.48	0.41	0.28	0.26	0.23	59	59	59
27	2.56	0.39	0.36	0.31	0.25	0.23	0.20	44	44	44
28	8.9	0.53	0.49	0.43	0.28	0.26	0.23	62	62	62
29	3.56	0.51	0.48	0.41	0.28	0.26	0.23	59	59	59
30	26.54	0.59	0.55	0.48	0.28	0.26	0.23	71	71	71

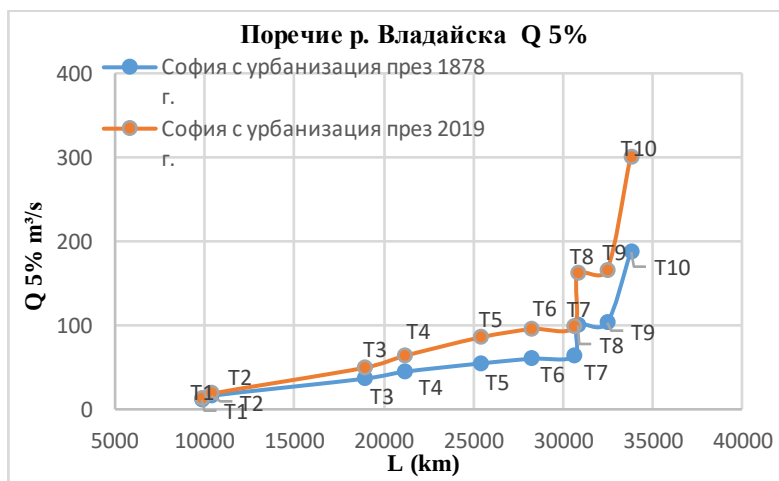
На следващите фигури са представени сравнителни графики на ходографа на максималните водни количества с определена обезпеченост за съответният пункт от условните пунктове във водосбора на р. Владайска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и през 2019 г.



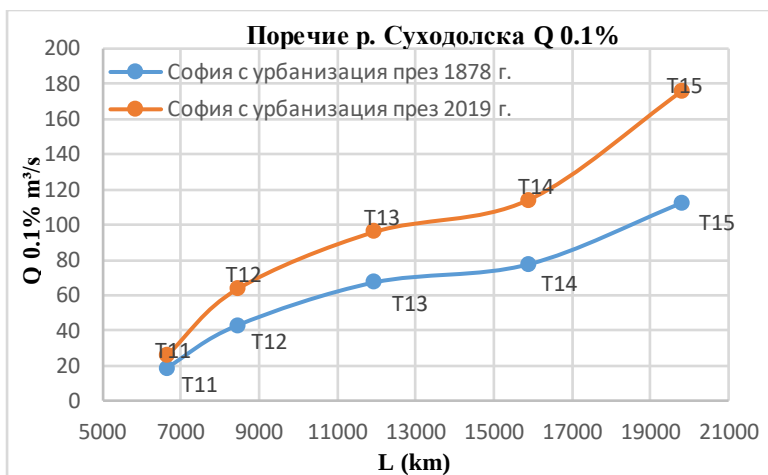
Фиг. 3.3.1 Ходограф на максималните водни количества във водосбора на р. Владайска при $P=0.1\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и 2019 г.



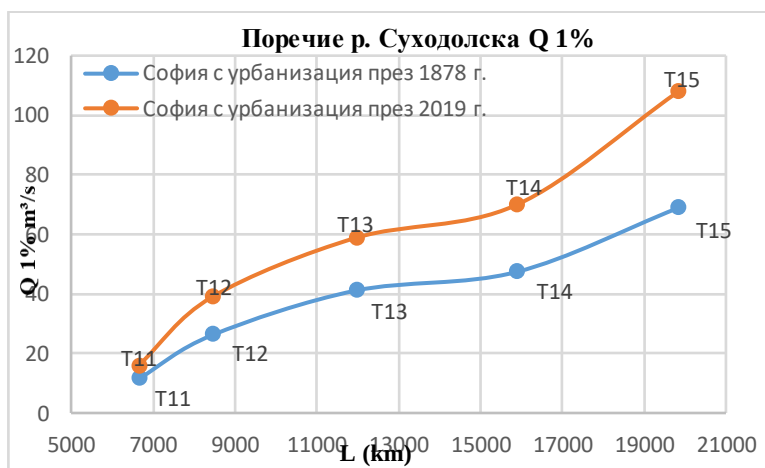
Фиг. 3.3.2 Ходограф на максималните водни количества във водосбора на р. Влайска при $P=1\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и през 2019 г.



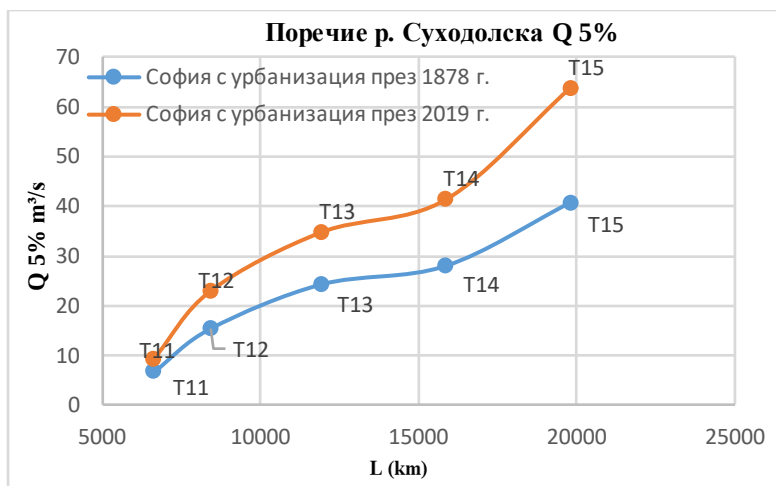
Фиг. 3.3.3 Ходограф на максималните водни количества във водосбора на р. Влайска при $P=5\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и през 2019 г.



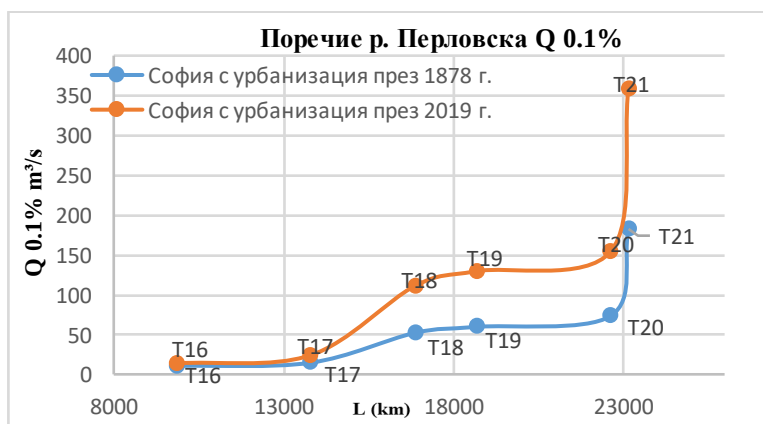
Фиг. 3.3.4 Ходограф на максималните водни количества във водосбора на р. Суходолска при $P=0.1\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и през 2019 г.



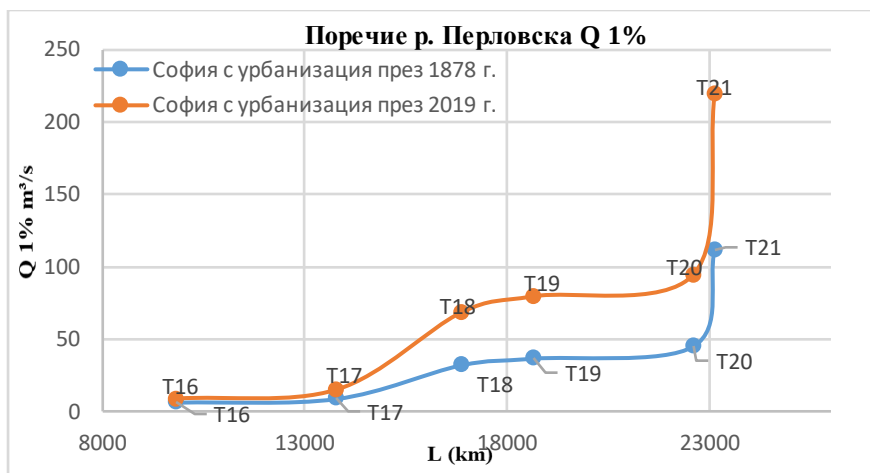
Фиг. 3.3.5 Ходограф на максималните водни количества във водосбора на р. Суходолска при $P=1\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и през 2019 г.



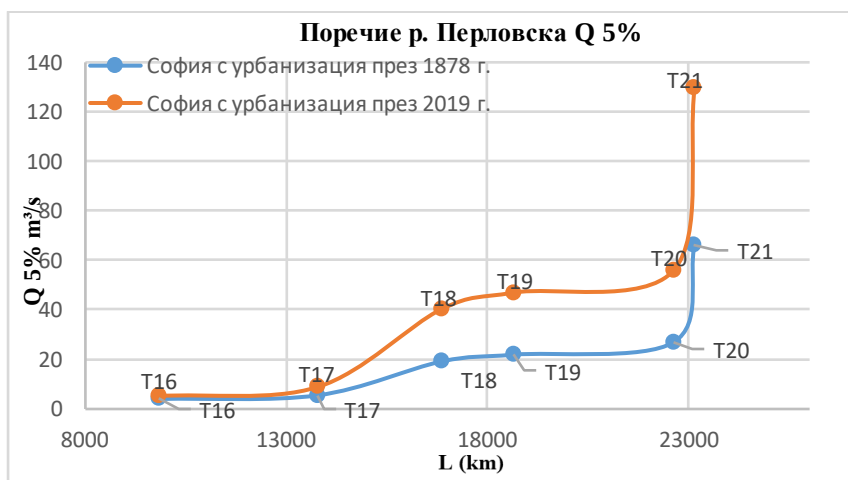
Фиг. 3.3.6 Ходограф на максималните водни количества във водосбора на р. Суходолска при $P=5\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и през 2019 г.



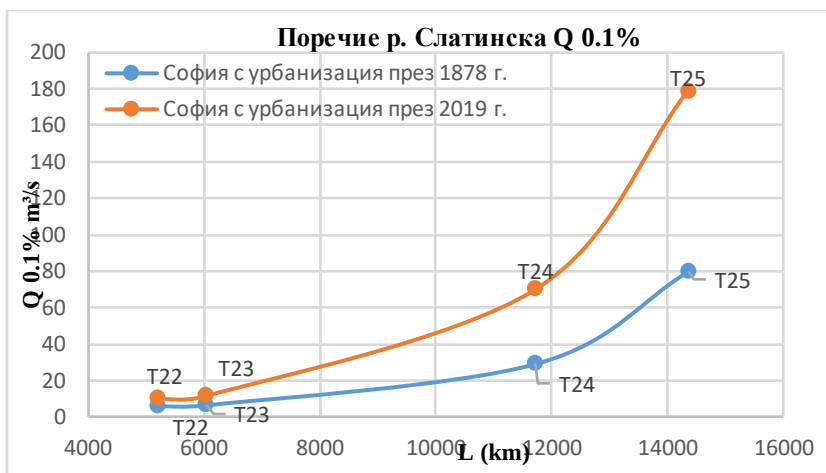
Фиг. 3.3.7 Ходограф на максималните водни количества във водосбора на р. Перловска при $P=0.1\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и през 2019 г.



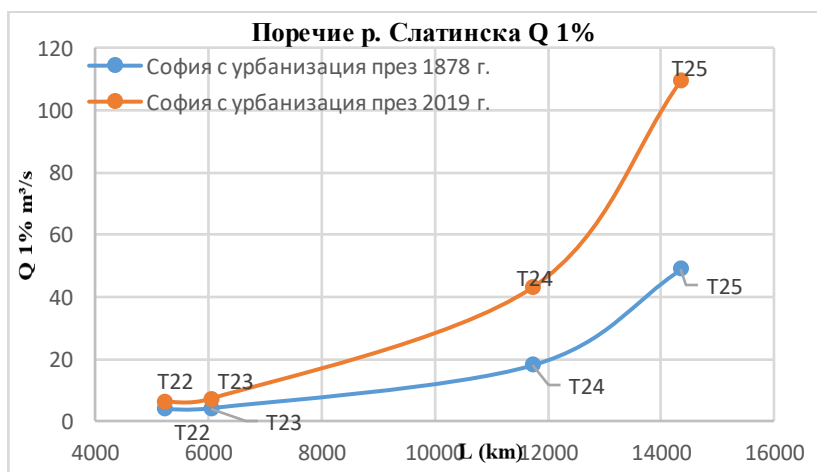
Фиг. 3.3.8 Ходограф на максималните водни количества във водосбора на р. Перловска при $P=1\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и през 2019 г.



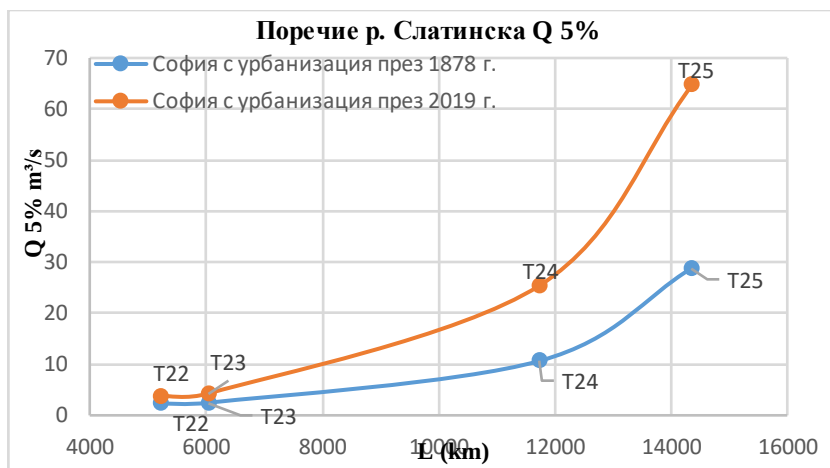
Фиг. 3.3.9 Ходограф на максималните водни количества във водосбора на р. Перловска при $P=5\%$ с и без отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и през 2019 г.



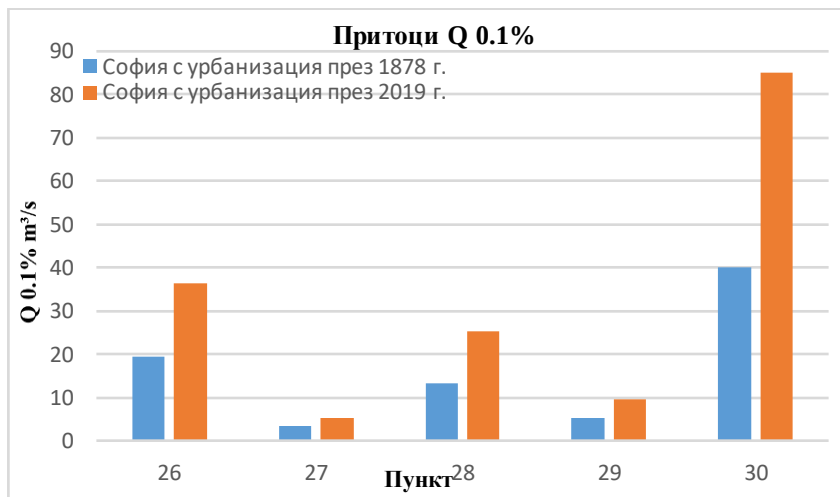
Фиг. 3.3.10 Ходограф на максималните водни количества във водосбора на р. Слатинска при $P=0.1\%$ с и без отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и през 2019 г.



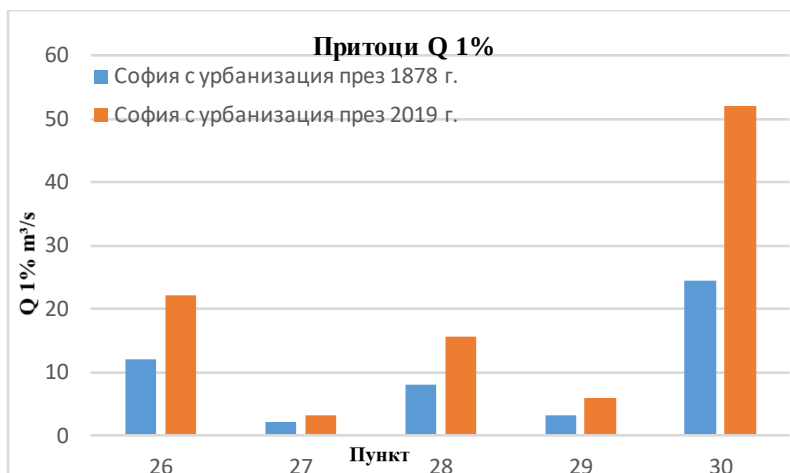
Фиг. 3.3.11 Ходограф на максималните водни количества във водосбора на р. Слатинска при $P=1\%$ с и без отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и през 2019 г.



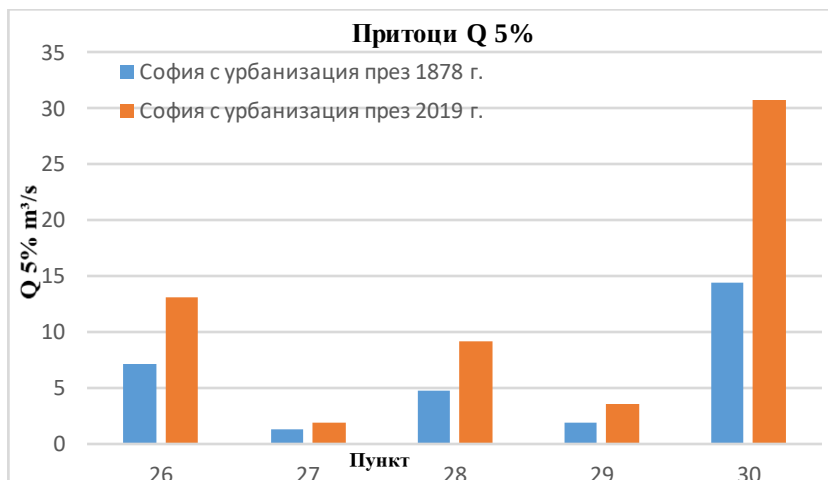
Фиг. 3.3.12 Ходограф на максималните водни количества във водосбора на р. Слатинска при $P=5\%$ с и без отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и през 2019 г.



Фиг. 3.3.13 Изменение на максималните водни количества по притоците на реките Перловска и Слатинска при $P=0.1\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и през 2019 г.



Фиг. 3.3.14 Изменение на максималните водни количества по притоците на реките Перловска и Слатинска при $P=1\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и през 2019 г.

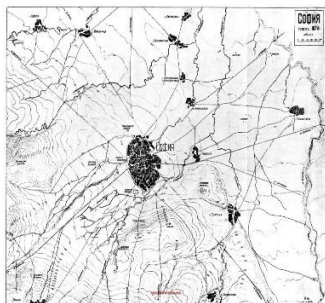


Фиг. 3.3.15 Изменение на максималните водни количества по притоците на реките Перловска и Слатинска при $P=5\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г. и през 2019 г.

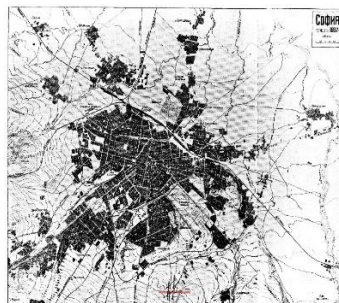
ГЛАВА ЧЕТВЪРТА

4. Сценарии за определяне на характерно максимално водно количество – връщане в миналото в условия на слаба урбанизация посредством картен материал и бъдещи сценарии при промяна степента на урбанизацията и земеползване до 100%

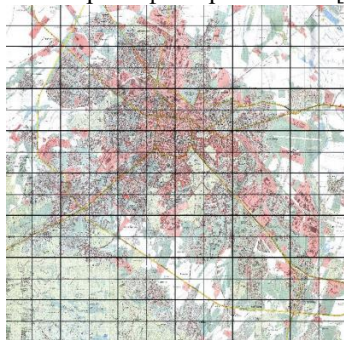
В миналото гр. София е бил малък град, който е бил частично урбанизиран и който няма нищо общо с облика, който има в днешно време. На фигури 1.1 – 1.4 са показани сравнителни карти на гр. София как се е развивал града през годините в териториално отношение.



Фиг. 4.1 гр. София през 1878 г. [14]



Фиг. 4.2 гр. София през 1935 г. [14]



Фиг. 4.3 гр. София през 1993 г. [15]



Фиг. 4.4 гр. София през 2021 г. [16]

Таблица 4.1 Данни за отточния коефициент в ХМС №18420 р. Владайска спрямо актуалния валеж и максималните водни количества

№ ХМСтанция	$H_{p0.1\%}$ (mm)	$Q_{p0.1\%}$ (m ³ /sec)	$\varphi_{0.1\%}$	$H_{p1\%}$ (mm)	$Q_{p1\%}$ (m ³ /sec)	$\varphi_{1\%}$	$H_{p5\%}$ (mm)	$Q_{p5\%}$ (m ³ /sec)	$\varphi_{5\%}$
18420	111.9	82.919	0.31	82.8	51.264	0.29	65.3	29.850	0.25

4.1. Определяне на максимални водни количества при бъдещ сценарий при промяна степента на урбанизацията и земеползването до 100%

4.1.1. Определяне на характерни максимални водни количества на условни ненаблюдавани пунктове по поречието на р. Владайска с отчитане влиянието на една евентуална 100%-ова урбанизация в бъдеще.

По същество това е нереалистичен сценарий, който предполага плътна урбанизация на града в сегашната му територия при запазване на сегашните валежи формиращи максималния отток. Смисълът на този нереалистичен сценарий е единствено да отчете максимално възможните характерни водни количества, които могат да бъдат достигнати в различни участъци на реките в гр. София, и които би трябвало да могат да бъдат превишавани.

При изчислението на максималните водни количества в приетите условни пунктове по р. Владайска се приема, че по цялото протежение на реката всичко е на 100% застроено с постилаща повърхност с код 111 „Населени площи - централна част“ взета от Corine cover land.

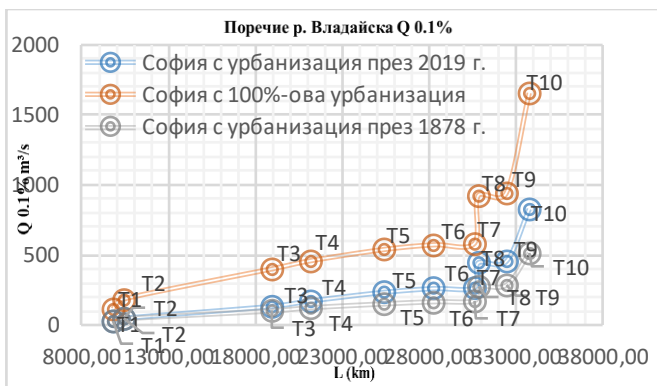
Таблица 4.1.1.1 Стойности за максималните характерни водни количества с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт по поречието на р. Владайска спрямо актуалния максимален валеж и с отчитане на 100%-ова урбанизация

Пункт №	Q _{p0.1%} m ³ /sec	Q _{p1%} m ³ /sec	Q _{p5%} m ³ /sec
<i>Поречие р. Владайска</i>			
1	115.473	70.701	41.779
2	185.462	113.554	67.101
3	400.675	255.835	144.968
4	458.859	292.987	166.019
5	538.980	344.146	195.008
6	573.348	366.090	207.441
7	583.141	372.343	210.985
8	924.657	590.405	334.548
9	942.829	602.008	341.123
10	1655.958	1057.349	599.138

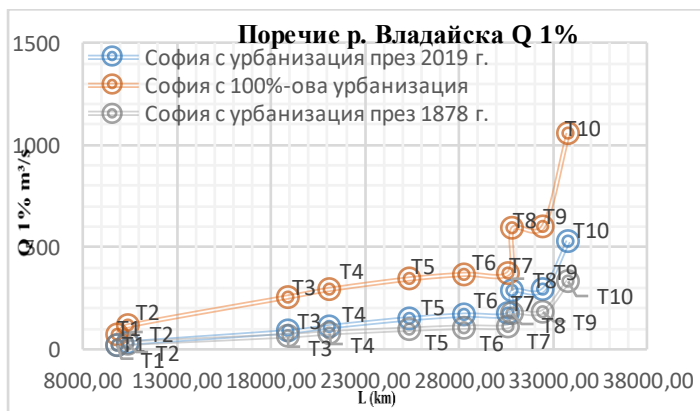
Таблица 4.1.1.2 Стойности на отточния коефициент приведен към съответната обезпеченост за всеки условен пункт по поречието на р. Владайска с отчитане на 100%-ова урбанизацията

Пункт №	φ _{0.1%}	φ _{1%}	φ _{5%}
1	0.72	0.68	0.63
2	0.80	0.76	0.70

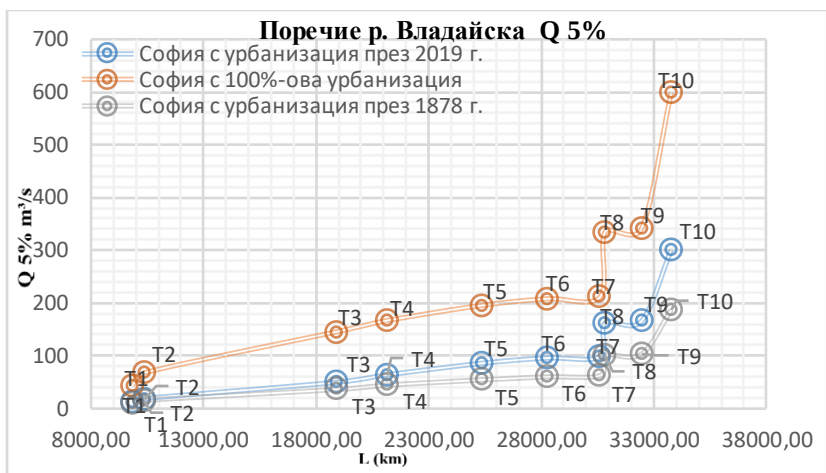
3	0.90	0.86	0.79
4	0.92	0.88	0.80
5	0.93	0.89	0.80
6	0.95	0.91	0.81
7	0.96	0.92	0.81
8	0.99	0.95	0.84
9	0.99	0.95	0.84
10	0.99	0.97	0.85



Фиг. 4.1.1.1 Ходограф на максималните водни количества по поречието на р. Влайска при $P=0.1\%$ с отчитане на урбанизацията през 1878 г., през 2019 г., и при 100%-ова урбанизация



Фиг. 4.1.1.2 Ходограф на максималните водни количества по поречието на р. Влайска при $P=1\%$ с отчитане на урбанизацията през 1878 г., през 2019 г., и при 100%-ова урбанизация



Фиг. 4.1.1.3 Ходограф на максималните водни количества по поречието на р. Владайска при $P=5\%$ с отчитане на урбанизацията през 1878 г., през 2019 г., и при 100%-ова урбанизация

Таблица 4.1.1.3 Сравнителна таблица в проценти за стойностите на максималните водни количества с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт по поречието на р. Владайска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., с отчитане на урбанизираната среда през 2019 г., както и с отчитане на 100%-ова урбанизация

№ условен пункт	Площ	Максимални водни количества с определена обезпеченост с отчитане на урбанизацията през 1878 г.			Максимални водни количества с определена обезпеченост с отчитане на урбанизацията през 2019 г.			Максимални водни количества с определена обезпеченост с отчитане на 100%-ова урбанизация			Процентна разлика между водните количества със 100%-ова и през 1878 г. урбанизация			Процентна разлика между водните количества със 100%-ова и през 2019 г. урбанизация			
		F	Q _{maxp0.1%}	Q _{maxp1%}	Q _{maxp5%}	Q _{maxp0.1%}	Q _{maxp1%}	Q _{maxp5%}	Q _{maxp0.1%}	Q _{maxp1%}	Q _{maxp5%}	P _{0.1%}	P _{1%}	P _{5%}	P _{0.1%}	P _{1%}	P _{5%}
		km ²	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	%	%	%	%	%	%
Водосборът на р. Владайска																	
1	23.4	28.354	17.361	10.259	33.122	20.280	11.984	115.473	70.701	41.779	121	121	121	111	111	111	
2	33.61	44.186	27.054	15.986	51.359	31.446	18.583	185.462	113.554	67.101	123	123	123	113	113	113	
3	64.89	100.801	64.363	36.470	136.695	87.281	49.458	400.675	255.835	144.968	120	120	120	98	98	98	
4	73.34	123.551	78.889	44.701	175.497	112.057	63.496	458.859	292.987	166.019	115	115	115	89	89	89	
5	84.99	151.049	96.447	54.650	236.400	150.944	85.531	538.980	344.146	195.008	112	112	112	78	78	78	
6	89.98	166.820	106.517	60.356	263.981	168.554	95.510	573.348	366.090	207.441	110	110	110	74	74	74	
7	91.41	173.820	110.986	62.890	270.725	172.860	97.950	583.141	372.343	210.985	108	108	108	73	73	73	
8	141.04	277.993	177.502	100.580	447.125	285.495	161.774	924.657	590.405	334.548	108	108	108	70	70	70	
9	143.68	286.115	182.688	103.519	458.479	292.743	165.881	942.829	602.008	341.123	107	107	107	69	69	69	
10	249.08	517.534	330.452	187.248	831.381	530.846	300.800	1655.958	1057.349	599.138	105	105	105	66	66	66	

Таблица 4.1.1.4 Сравнителна таблица в проценти за стойностите на отточните коефициенти за съответният пункт по поречието на р. Владайска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., с отчитане на урбанизираната среда през 2019 г., както и с отчитане на 100%-ова урбанизация

№ условен пункт	Площ	Отточни коефициенти с отчитане на урбанизацията през 1878 г.			Отточни коефициенти с отчитане на урбанизацията през 2019 г.			Отточни коефициенти с отчитане на 100%-ова урбанизация			Процентна разлика между отточните коефициенти със 100%-ова и през 1878 г. урбанизация			Процентна разлика между отточните коефициенти със 100%-ова и през 2019 г. урбанизация		
		F	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%
	km²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	%	%	%	%	%
Водосборът на р. Владайска																
1	23.4	0.23	0.22	0.19	0.26	0.25	0.21	0.72	0.68	0.63	102	103	108	92	93	99

2	33.61	0.25	0.23	0.20	0.28	0.26	0.23	0.80	0.76	0.70	105	106	111	97	98	103
3	64.89	0.29	0.28	0.24	0.39	0.36	0.31	0.90	0.86	0.79	101	103	107	79	81	86
4	73.34	0.31	0.29	0.25	0.45	0.42	0.36	0.92	0.88	0.80	99	101	105	69	71	75
5	84.99	0.33	0.30	0.26	0.51	0.48	0.41	0.93	0.89	0.80	96	98	101	58	60	64
6	89.98	0.34	0.32	0.28	0.54	0.51	0.44	0.95	0.91	0.81	95	96	99	55	57	60
7	91.41	0.36	0.33	0.29	0.56	0.52	0.45	0.96	0.92	0.81	92	94	95	53	55	57
8	141.04	0.37	0.35	0.30	0.59	0.55	0.48	0.99	0.95	0.84	91	93	95	51	53	55
9	143.68	0.37	0.35	0.30	0.59	0.55	0.48	0.99	0.95	0.84	91	93	95	51	53	55
10	249.08	0.39	0.36	0.31	0.62	0.58	0.50	0.99	0.97	0.85	87	91	92	46	50	52

4.1.2. Определяне на характерни максимални водни количества на условни ненаблюдавани пунктове на останалите не обхванати от мониторинга реки с отчитане влиянието на 100%-ова урбанизация.

Реките, които са обхванати от мониторинга са: р. Суходолска, р. Перловска и р. Слатинска, както и някои притоци по реките Перловска и Слатинска.

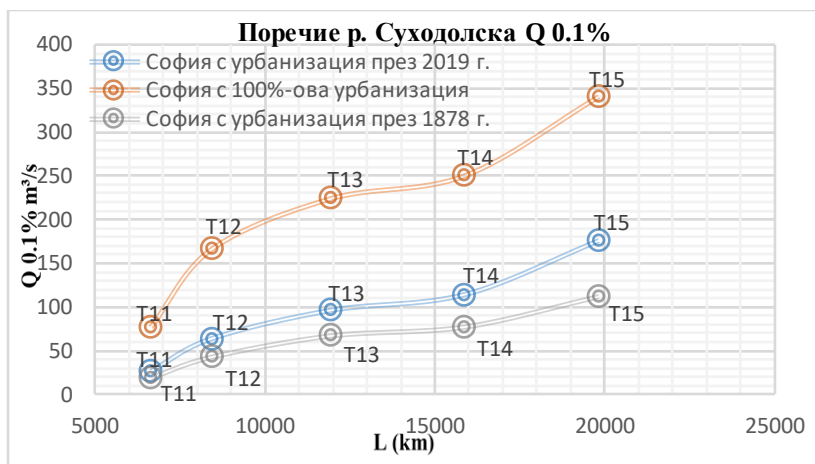
4.1.2.1. Определяне на характерни максимални водни количества на условни ненаблюдавани пунктове по поречието на р. Суходолска с отчитане влиянието на 100%-ова урбанизация

Таблица 4.1.2.1.1 Стойности за максималните характерни водни количества с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт по поречието на р. Суходолска спрямо актуалния максимален валеж и с отчитане на 100%-ова урбанизация

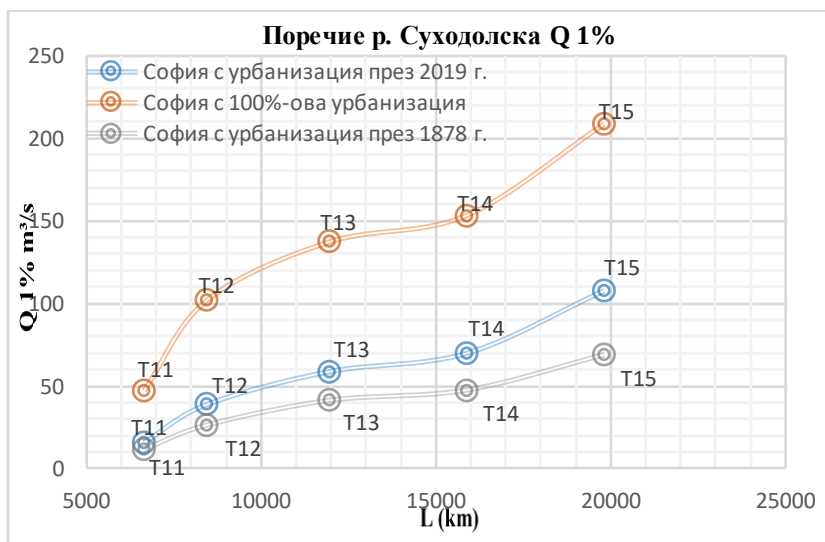
Пункт №	$Q_{p0.1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p5\%}$ m ³ /sec
Поречие р. Суходолска			
11	76.562	46.877	27.701
12	166.346	101.849	60.185
13	224.142	137.235	81.096
14	250.289	153.246	90.556
15	341.020	208.797	123.384

Таблица 4.1.2.1.2 Стойности на отточния коефициент приведен към съответната обезпеченост за всеки условен пункт по поречието на р. Суходолска с отчитане на 100%-ова урбанизация

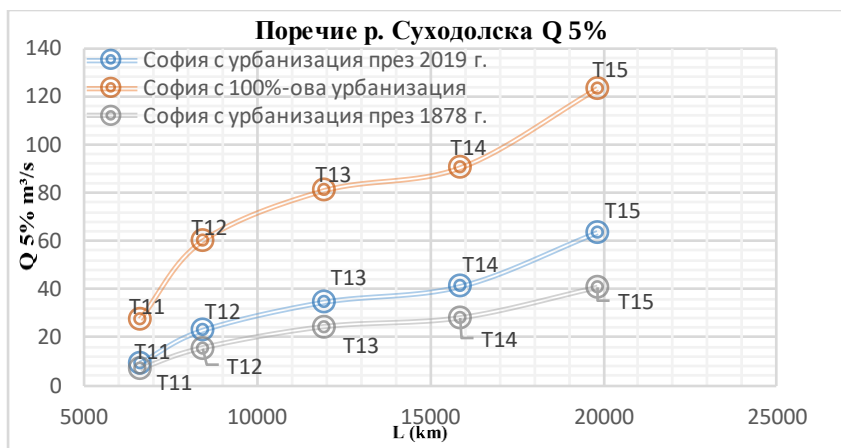
Пункт №	$\phi_{0.1\%}$	$\phi_{1\%}$	$\phi_{5\%}$
11	0.88	0.82	0.71
12	0.90	0.85	0.73
13	0.93	0.87	0.76
14	0.96	0.91	0.80
15	0.98	0.94	0.83



Фиг. 4.1.2.1.1 Ходограф на максималните водни количества по поречието на р. Суходолска при $P=0.1\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., през 2019 г., и при 100%-ова урбанизация



Фиг. 4.1.2.1.2 Ходограф на максималните водни количества по поречието на р. Суходолска при $P=1\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., през 2019 г., и при 100%-ова урбанизация



Фиг. 4.1.2.1.3 Ходограф на максималните водни количества по поречието на р. Суходолска при $P=5\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., през 2019 г. и при 100%-ова урбанизация

Таблица 4.1.2.1.3 Сравнителна таблица в проценти за стойностите на максималните водни количества с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт по поречието на р. Суходолска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., с отчитане на урбанизацията през 2019 г., както и с отчитане на 100%-ова урбанизация

№ условен пункт	Площ	Максимални водни количества с определена обезпеченост с отчитане на урбанизацията през 1878 г.			Максимални водни количества с определена обезпеченост с отчитане на урбанизацията през 2019 г.			Максимални водни количества с определена обезпеченост с отчитане на 100%-ова урбанизация			Процентна разлика между водните количества със 100%-ова и през 1878 г. урбанизация			Процентна разлика между водните количества със 100%-ова и през 2019 г. урбанизация			
		F	Q _{maxp0.1%}	Q _{maxp1%}	Q _{maxp5%}	Q _{maxp0.1%}	Q _{maxp1%}	Q _{maxp5%}	Q _{maxp0.1%}	Q _{maxp1%}	Q _{maxp5%}	P _{0.1%}	P _{1%}	P _{5%}	P _{0.1%}	P _{1%}	P _{5%}
		km ²	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	%	%	%	%	%	%
Водосборът на р. Суходолска																	
11	11.13	18.713	11.458	6.770	25.711	15.743	9.303	76.562	46.877	27.701	121	121	121	99	99	99	
12	24.18	42.808	26.210	15.489	63.522	26.822	22.983	166.346	101.849	60.185	118	118	118	89	117	89	
13	32.58	67.268	41.187	24.339	96.004	40.538	34.735	224.142	137.235	81.096	108	108	108	80	109	80	
14	36.38	77.464	47.430	28.028	114.061	48.163	41.268	250.289	153.246	90.556	105	105	105	75	104	75	
15	49.56	112.493	68.876	40.701	176.063	74.344	63.701	341.020	208.797	123.384	101	101	101	64	95	64	

Таблица 4.1.2.1.4 Сравнителна таблица в проценти за стойностите на отточните коефициенти за съответният пункт по поречието на р. Суходолска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., с отчитане на урбанизираната среда през 2019 г., както и с отчитане на 100%-ова урбанизация

№ условен пункт	Площ	Отточни коефициенти с отчитане на урбанизацията през 1878 г.			Отточни коефициенти с отчитане на урбанизацията през 2019 г.			Отточни коефициенти с отчитане на 100%-ова урбанизация			Процентна разлика между отточните коефициенти със 100%- ова и през 1878 г. урбанизация			Процентна разлика между отточните коефициенти със 100%- ова и през 2019 г. урбанизация			
		F	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%
		km²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	%	%	%	%	%	%
Водосборът на р. Суходолска																	
11	11.13	0.31	0.29	0.25	0.43	0.41	0.35	0.88	0.82	0.71	96	95	96	68	68	68	
12	24.18	0.33	0.30	0.26	0.50	0.46	0.40	0.90	0.85	0.73	94	94	94	58	59	58	
13	32.58	0.39	0.36	0.31	0.54	0.51	0.44	0.93	0.87	0.76	82	82	83	53	53	54	
14	36.38	0.40	0.38	0.33	0.59	0.55	0.48	0.96	0.91	0.80	82	83	84	48	49	51	
15	49.56	0.42	0.39	0.34	0.67	0.62	0.54	0	0.94	0.83	80	82	84	38	40	43	

4.1.2.2. Определяне на характерни максимални водни количества на условни ненаблюдавани пунктове по поречието на р. Перловска с отчитане влиянието на 100%-ова урбанизация

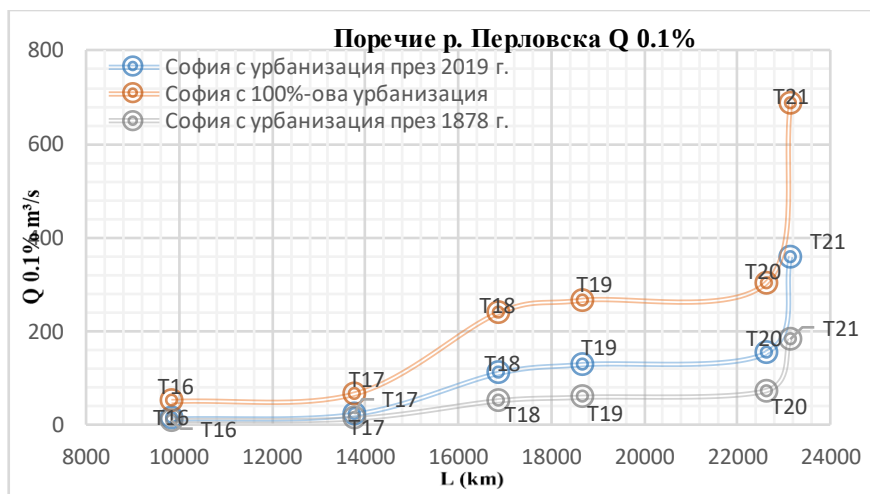
Стойностите на максималните водни количества и на отточните коефициенти по поречието на р. Перловска са представени в таблиците 4.1.2.2.1 и 4.1.2.2.2.

Таблица 4.1.2.2.1 Стойности за максималните характерни водни количества с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт по поречието на р. Перловска спрямо актуалния максимален валеж и с отчитане на 100%-ова урбанизацията

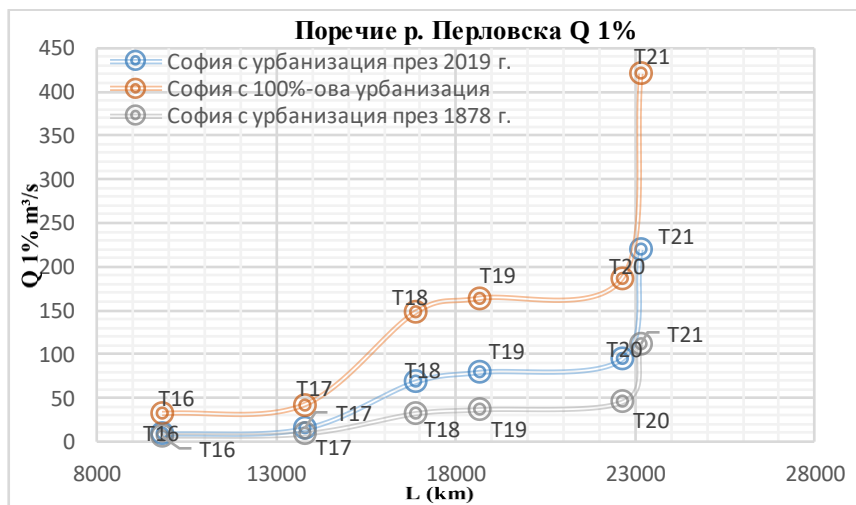
Пункт №	$Q_{p0.1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p5\%}$ m ³ /sec
Поречие р. Перловска			
16	51.970	31.820	18.804
17	68.226	41.773	24.685
18	240.726	147.390	87.096
19	267.279	163.647	96.704
20	304.219	186.264	110.069
21	686.591	420.381	248.414

Таблица 4.1.2.2.2 Стойности на отточния коефициент приведен към съответната обезпеченост за всеки условен пункт по поречието на р. Перловска с отчитане на 100%-ова урбанизация

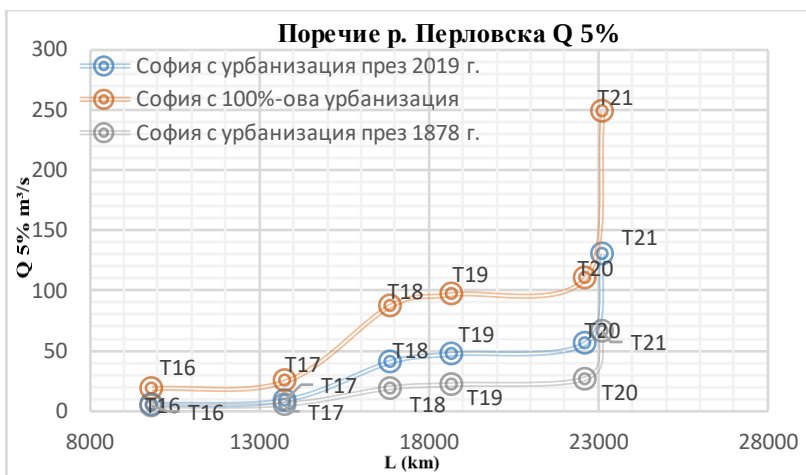
Пункт №	$\phi_{0.1\%}$	$\phi_{1\%}$	$\phi_{5\%}$
16	0.81	0.79	0.74
17	0.85	0.82	0.76
18	0.93	0.91	0.84
19	0.96	0.93	0.85
20	0.97	0.95	0.85
21	0.99	0.96	0.85



Фиг. 4.1.2.2.1 Ходограф на максималните водни количества по поречието на р. Перловска при $P=0.1\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., през 2019 г., и при 100%-ова урбанизация



Фиг. 4.1.2.2.2 Ходограф на максималните водни количества по поречието на р. Перловска при $P=1\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., през 2019 г., и при 100%-ова урбанизация



Фиг. 4.1.2.2.3 Ходограф на максималните водни количества по поречието на р. Перловска при $P=5\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., през 2019 г., и при 100%-ова урбанизация

Таблица 4.1.2.2.3 Сравнителна таблица в проценти за стойностите на максималните водни количества с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт по поречието на р. Перловска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., с отчитане на урбанизираната среда през 2019 г., както и с отчитане на 100%-ова урбанизация

№ условен пункт	Площ	Максимални водни количества с определена обезпеченост с отчитане на урбанизацията през 1878 г.			Максимални водни количества с определена обезпеченост с отчитане на урбанизацията през 2019 г.			Максимални водни количества с определена обезпеченост с отчитане на 100%-ова урбанизацията			Процентна разлика между водните количества със 100%-ова и през 1878 г. урбанизация			Процентна разлика между водните количества със 100% ова и през 2019 г. урбанизация			
		F	Q _{max} 0.1%	Q _{max} 1%	Q _{max} 5%	Q _{max} 0.1%	Q _{max} 1%	Q _{max} 5%	Q _{max} 0.1%	Q _{max} 1%	Q _{max} 5%	P _{0.1} %	P ₁ %	P ₅ %	P _{0.1} %	P ₁ %	P ₅ %
		km ²	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	%	%	%	%	%	%
Водосборът на р. Перловска																	
16	8.97	10.879	6.661	3.936	14.235	8.716	5.150	51.970	31.820	18.804	131	131	131	114	114	114	
17	11.34	14.875	9.107	5.383	24.199	14.816	8.755	68.226	41.773	24.685	128	128	128	95	95	95	
18	36.41	52.672	32.249	19.058	111.256	68.118	40.253	240.726	147.390	87.096	128	128	128	74	74	74	
19	40.24	60.208	36.863	21.784	129.659	79.388	46.911	267.279	163.647	96.704	126	126	126	69	69	69	
20	45.64	73.985	45.298	26.768	154.203	94.414	55.793	304.219	186.264	110.069	122	122	122	65	65	65	
21	101.52	182.934	112.005	66.186	358.701	219.623	129.781	686.591	420.381	248.414	116	116	116	63	63	63	

Таблица 4.1.2.2.4 Сравнителна таблица в проценти за стойностите на отточните коефициенти за съответният пункт по поречието на р. Перловска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., с отчитане на урбанизираната среда през 2019 г., както и с отчитане на 100%-ова урбанизация

№ условен пункт	Площ	Отточни коефициенти с отчитане на урбанизацията през 1878 г.			Отточни коефициенти с отчитане на урбанизацията през 2019 г.			Отточни коефициенти с отчитане на 100%-ова урбанизация			Процентна разлика между отточните коефициенти със 100%-ова и през 1878 г. урбанизация			Процентна разлика между отточните коефициенти със 100%-ова и през 2019 г. урбанизация		
		F	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%
	km²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	%	%	%	%	%
Водосборът на р. Перловска																
16	8.97	0.23	0.22	0.19	0.29	0.28	0.24	0.81	0.79	0.74	111	113	119	93	96	103
17	11.34	0.25	0.23	0.20	0.40	0.38	0.33	0.85	0.82	0.76	110	112	117	72	74	80
18	36.41	0.26	0.25	0.21	0.57	0.54	0.46	0.93	0.91	0.84	112	115	119	47	51	58
19	40.24	0.28	0.26	0.23	0.60	0.57	0.49	0.96	0.93	0.85	110	112	116	45	49	54
20	45.64	0.29	0.28	0.24	0.64	0.59	0.51	0.97	0.95	0.85	107	110	113	42	46	50
21	101.52	0.34	0.32	0.28	0.65	0.61	0.53	0.99	0.96	0.85	98	100	102	41	45	47

4.1.2.3. Определяне на характерни максимални водни количества на условни ненаблюдавани пунктове по поречието на р. Слатинска с отчитане влиянието на 100%-ова урбанизация

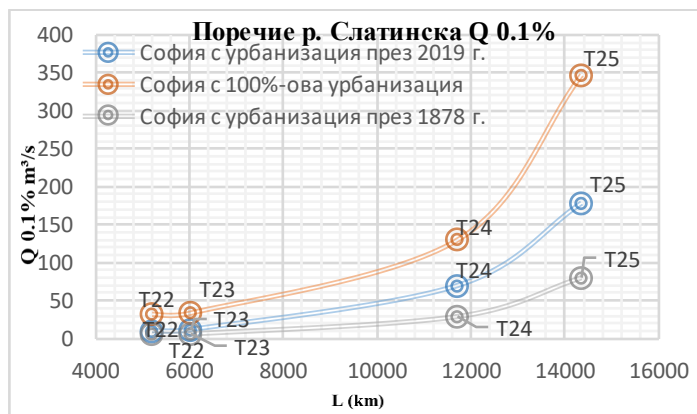
Стойностите на максималните водни количества и на отточните коефициенти по поречието на р. Слатинска са представени в таблиците 4.1.2.3.1 и 4.1.2.3.2.

Таблица 4.1.2.3.1 Стойности за максималните характерни водни количества с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт по поречието на р. Слатинска спрямо актуалния максимален валеж и с отчитане на 100%-ова урбанизация

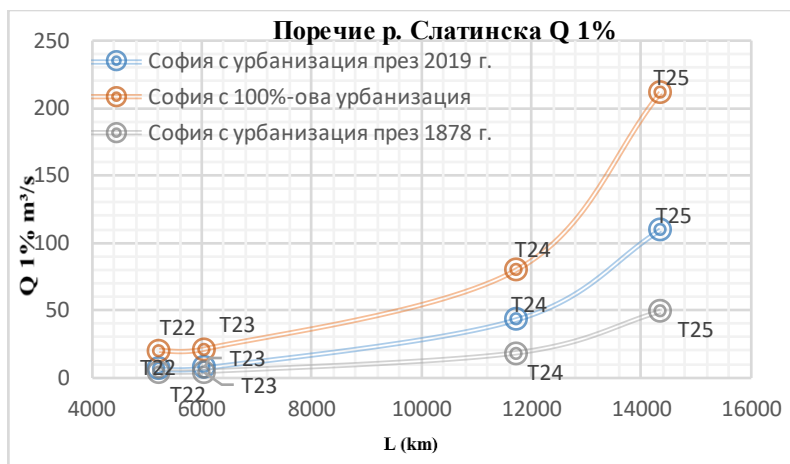
Пункт №	$Q_{p0.1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p5\%}$ m ³ /sec
Поречие р. Слатинска			
22	32.449	19.868	11.740
23	34.109	20.884	12.341
24	130.363	79.818	47.166
25	346.282	212.019	125.288

Таблица 4.1.2.3.2 Стойности на отточния коефициент приведен към съответната обезпеченост за всеки условен пункт по поречието на р. Слатинска с отчитане на 100%-ова урбанизация

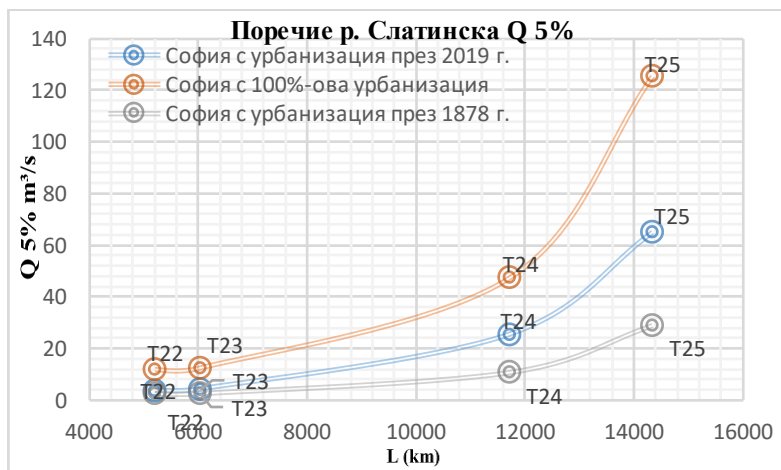
Пункт №	$\varphi_{0.1\%}$	$\varphi_{1\%}$	$\varphi_{5\%}$
22	0.89	0.87	0.83
23	0.91	0.88	0.83
24	0.92	0.89	0.83
25	0.95	0.91	0.84



Фиг. 4.1.2.3.1 Ходограф на максималните водни количества по поречието на р. Слатинска при $P=0.1\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., през 2019 г., и при 100%-ова урбанизация



Фиг. 4.1.2.3.2 Ходограф на максималните водни количества по поречието на р. Слатинска при $P=1\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., през 2019 г., и при 100%-ова урбанизация



Фиг. 4.1.2.3.3 Ходограф на максималните водни количества по поречието на р. Слатинска при $P=5\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., през 2019 г., и при 100%-ова урбанизация

Таблица 4.1.2.3.3 Сравнителна таблица в проценти за стойностите на максималните водни количества с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт по поречието на р. Слатинска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., с отчитане на урбанизираната среда през 2019 г., както и с отчитане на 100%-ова урбанизация

№ условен пункт	Площ	Максимални водни количества с определена обезпеченост с отчитане на урбанизацията през 1878 г.			Максимални водни количества с определена обезпеченост с отчитане на урбанизацията през 2019 г.			Максимални водни количества с определена обезпеченост с отчитане на 100%-ова урбанизацията			Процентна разлика между водните количества със 100%-ова и през 1878 г. урбанизация			Процентна разлика между водните количества със 100%-ова и през 2019 г. урбанизация			
		F	Q _{maxp0.1%}	Q _{maxp1%}	Q _{maxp5%}	Q _{maxp0.1%}	Q _{maxp1%}	Q _{maxp5%}	Q _{maxp0.1%}	Q _{maxp1%}	Q _{maxp5%}	P _{0.1%}	P _{1%}	P _{5%}	P _{0.1%}	P _{1%}	P _{5%}
		km²	m³/sec	m³/sec	m³/sec	m³/sec	m³/sec	m³/sec	m³/sec	m³/sec	m³/sec	%	%	%	%	%	%
Водосборът на р. Слатинска																	
22	5.03	6.295	3.854	2.278	10.346	6.335	3.744	32.449	19.868	11.740	135	135	135	103	103	103	
23	5.28	6.713	4.111	2.429	11.653	7.135	4.216	34.109	20.884	12.341	134	134	134	98	98	98	
24	19.26	29.311	17.945	10.605	70.144	42.948	25.379	130.363	79.818	47.166	127	127	127	60	60	60	
25	50.68	79.744	48.826	28.853	178.966	109.577	64.751	346.282	212.019	125.288	125	125	125	64	64	64	

Таблица 4.1.2.3.4 Сравнителна таблица в проценти за стойностите на отточните коефициенти за съответният пункт по поречието на р. Слатинска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., с отчитане на урбанизираната среда през 2019 г., както и с отчитане на 100%-ова урбанизация

№ условен пункт	Площ	Отточни коефициенти с отчитане на урбанизацията през 1878 г.			Отточни коефициенти с отчитане на урбанизацията през 2019 г.			Отточни коефициенти с отчитане на 100%-ова урбанизация			Процентна разлика между отточните коефициенти със 100%-ова и през 1878 г. урбанизация			Процентна разлика между отточните коефициенти със 100%- ова и през 2019 г. урбанизация			
		F	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%
		km ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	%	%	%	%	%
Водосборът на р. Слатинска																	
22	5.03	0.23	0.22	0.19	0.39	0.36	0.31	0.89	0.87	0.83	117	120	126	78	82	90	
23	5.28	0.23	0.22	0.19	0.40	0.38	0.33	0.91	0.88	0.83	118	120	126	77	80	87	
24	19.26	0.28	0.26	0.23	0.68	0.64	0.55	0.92	0.89	0.83	107	109	114	29	32	40	
25	50.68	0.29	0.28	0.24	0.65	0.61	0.53	0.93	0.91	0.84	103	107	111	35	39	46	

4.1.2.4. Определяне на характерни максимални водни количества на условни ненаблюдавани пунктове по притоците на р. Перловска и р. Слатинска с отчитане влиянието на 100%-ова урбанизация

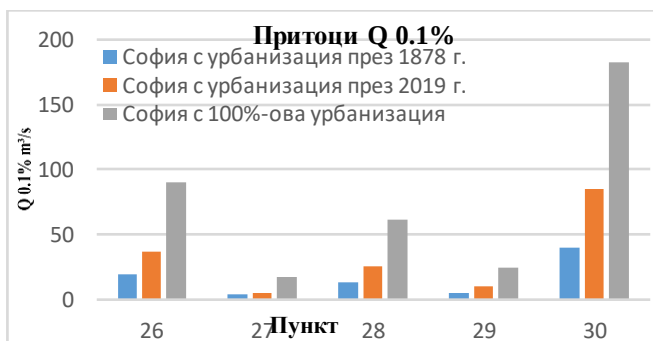
Стойностите на максималните водни количества и на отточните коефициенти по поречието на р. Слатинска са представени в таблиците 4.1.2.4.1 и 4.1.2.4.2.

Таблица 4.1.2.4.1 Стойности за максималните характерни водни количества с определена обезпеченост (0.1, 1 и 5%) за съответният пункт по притоците на р. Перловска и р. Слатинска спрямо актуалния максимален валеж и с отчитане на 100%-ова урбанизацията

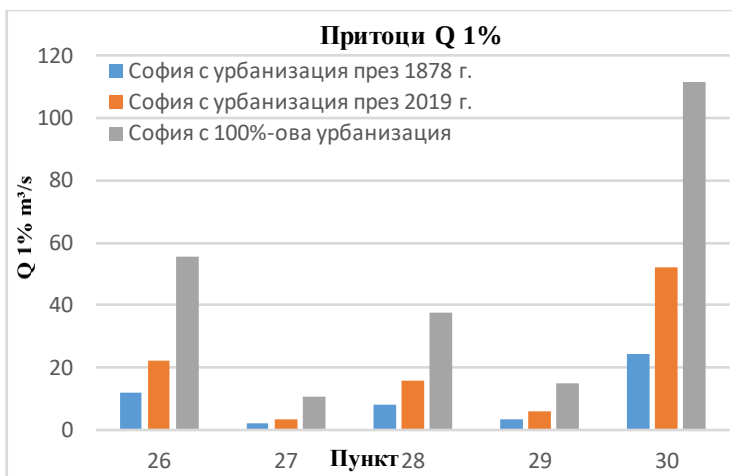
Пункт №	$Q_{p0.1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p1\%}$ m ³ /sec	$Q_{p5\%}$ m ³ /sec
Притоци към р. Перловска и р. Слатинска			
26	90.487	55.403	32.739
27	17.644	10.803	6.384
28	61.267	37.512	22.168
29	24.461	14.977	8.850
30	182.616	111.811	66.073

Таблица 4.1.2.4.2 Стойности на отточния коефициент приведен към съответната обезпеченост за всеки условен пункт по притоците на р. Перловска и р. Слатинска с отчитане на 100%-ова урбанизацията

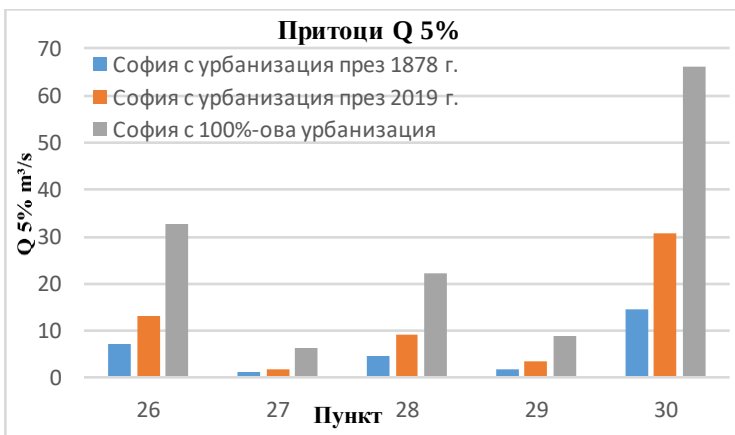
Пункт №	$\phi_{0.1\%}$	$\phi_{1\%}$	$\phi_{5\%}$
26	0.92	0.89	0.83
27	0.92	0.89	0.83
28	0.92	0.89	0.83
29	0.92	0.89	0.83
30	0.92	0.89	0.83



Фиг. 4.1.2.4.1 Изменение на максималните водни количества по притоците на реките Перловска и Слатинска при $P=0.1\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., през 2019 г., и при 100%-ова урбанизация



Фиг. 4.1.2.4.2 Изменение на максималните водни количества по притоците на реките Перловска и Слатинска при $P=1\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., през 2019 г., и при 100%-ова урбанизация



Фиг. 4.1.2.4.3 Изменение на максималните водни количества по притоците на реките Перловска и Слатинска при $P=5\%$ с отчитане на влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., през 2019 г., и при 100%-ова урбанизация

Таблица 4.1.2.4.3 Сравнителна таблица в проценти за стойностите на максималните водни количества с определена обезпеченост (0,1, 1 и 5%) за съответният пункт по притоците на р. Перловска и р. Слатинска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., с отчитане на урбанизираната среда през 2019 г., както и с отчитане на 100%-ова урбанизация

№ условен пункт	Площ	Максимални водни количества с определена обезпеченост с отчитане на урбанизацията през 1878 г.			Максимални водни количества с определена обезпеченост с отчитане на урбанизацията през 2019 г.			Максимални водни количества с определена обезпеченост с отчитане на 100%-ова урбанизацията			Процентна разлика между водните количества със 100%-ова и през 1878 г. урбанизация			Процентна разлика между водните количества със 100%-ова и през 2019 г. урбанизация			
		F	Q _{max} 0.1%	Q _{max} 1%	Q _{max} 5%	Q _{max} 0.1%	Q _{max} 1%	Q _{max} 5%	Q _{max} 0.1%	Q _{max} 1%	Q _{max} 5%	P _{0.1} %	P ₁ %	P ₅ %	P _{0.1} %	P ₁ %	P ₅ %
	km ²	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	%	%	%	%	%	%	
Притоци към р. Перловска и р. Слатинска																	
26	13.15	19.530	11.958	7.066	36.250	22.195	13.116	90.487	55.403	32.739	129	129	129	86	86	86	
27	2.56	3.501	2.145	1.268	5.247	3.212	1.899	17.644	10.803	6.384	134	134	134	108	108	108	
28	8.9	13.125	8.036	4.749	25.414	15.560	9.195	61.267	37.512	22.168	129	129	129	83	83	83	
29	3.56	5.281	3.234	1.911	9.674	5.923	3.500	24.461	14.977	8.850	129	129	129	87	87	87	
30	26.54	39.906	24.434	14.439	84.866	51.961	30.705	182.616	111.811	66.073	128	128	128	73	73	73	

Таблица 4.1.2.4.4 Сравнителна таблица в проценти за стойностите на отточните коефициенти за съответният пункт по притоците на р. Перловска и р. Слатинска с отчитане влиянието на урбанизираната среда през 1878 г., с отчитане на урбанизираната среда през 2019 г., както и с отчитане на 100%-ова урбанизация

№ условен пункт	Площ	Отточни коефициенти с отчитане на урбанизация през 1878 г.			Отточни коефициенти с отчитане на урбанизацията през 2019 г.			Отточни коефициенти с отчитане на 100%-ова урбанизация			Процентна разлика между отточните коефициенти със 100%-ова и през 1878 г. урбанизация			Процентна разлика между отточните коефициенти със 100%-ова и през 2019 г. урбанизация			
		F	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%	φ0.1%	φ1%	φ5%
		km²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	%	%	%	%	%
Притоци към р. Перловска и р. Слатинска																	
26	13.15	0.28	0.26	0.23	0.51	0.48	0.41	0.92	0.89	0.83	107	109	115	57	60	67	
27	2.56	0.25	0.23	0.20	0.39	0.36	0.31	0.92	0.89	0.83	115	117	122	81	84	91	
28	8.9	0.28	0.26	0.23	0.53	0.49	0.43	0.92	0.89	0.83	107	109	115	54	57	65	
29	3.56	0.28	0.26	0.23	0.51	0.48	0.41	0.92	0.89	0.83	107	109	115	57	60	67	
30	26.54	0.28	0.26	0.23	0.59	0.55	0.48	0.92	0.89	0.83	107	109	115	44	47	54	

4.2. Изводи

Преди 1878 година, за която разполагаме с картен материал, град София е бил малко населно място, със много слаба урбанизация. С увеличаване на урбанизацията, както по територия, така и промяна на постилащата покривка се променя отточния коефициент на водосборите на Софийските реки. Стойностите на максималните водни количества зависят пряко от отточния коефициент, както е видно от резултатите те се променят значително вследствие на тази промяна.

Получените количествени оценки съответстват на актуална валежна информация, имат сравнителен характер и с промяна на валежната информация или постилащата повърхност ще се получат и други изчислени максимални водни количества. Така предложената схемата за тяхното определяне обаче не се променя, а методичния подход може да се разглежда като универсален.

Приложеният методичен подход може да се използва за територията на гр. София при различна входна информация, както и да се разработи и за други урбанизирани територии.

Приноси

1. Предложен е методичен подход за оценка на характерни максимални водни количества с отчитане влиянието на урбанизацията върху тяхното формиране.

2. Методичният подход е приложен за реките на територията на гр. София, най-значимата урбанизирана територия в България.

3. Направена е количествена оценка на характерните максимални водни количества за реките в гр. София при използване на информация от литературни източници и актуална валежана информация от НИМХ.

4. Оценено е влиянието на урбанизираната среда върху изменението на максималния отток с използването на предложения методичен подход.

5. Разработени са сценарии за минал период при използване на исторически карти (1878 г.) и за бъдещ период при приета условно пълна урбанизация в рамките на сегашната територия на града.

6. Предложеният методичен подход претендира за универсалност, като всяка териториална промяна или промени в климата ще доведат до различни резултати, но без изменение в изчислителния алгоритъм.

Списък на публикациите

1. P.Nninov, T. Karagiozova, E. Bojilova, N. Todorova, K. Krumova, R. Dobрева, A. Boeva, R. Ivanova, M. Rankova, Y. Dimitrov, "Update of the technological scheme for assessment of surface water resources on the territory of Bulgaria", XXVII conference of the Danubian countries on hydrological forecasting and hydrological bases of water management (2017), isbn 978-954-90537-2-2

2. Radoslava Ivanova, "Regionalization approach for determination of specific water quantities for Arda and Byala rivers in Bulgaria – at low, medium and high water levels", XXVII conference of the Danubian countries on hydrological forecasting and hydrological bases of water management (2017), isbn 978-954-90537-2-2

3. Радослава Иванова, „Определяне на характерни максимални водни количества в градска среда“, Българското списание по метеорология и хидрология (Bulgarian Journal of Meteorology and Hydrology – BJMH), 2025

Библиография:

- [1] Страхил Герасимов Георгиев, Методи за анализи и изчисления на максималния речен отток, Монография, София, 1988
- [2] Г. А. Алексеев, Схема расчета максимальных дождевых расходов воды по формуле предельной интенсивности стока с помощью кривых редукции осадков и стока, 1966
- [3] Ив. Маринов, Хидрологичен справочник на реките в НР България том I, София, 1957 г.
- [4] Р. Минчев, Л. Велчев, Л. Събев, Св. Станев, Р. Калчева, М. Кючукова, К. Тодоров, Ал. Петков, К. Иванов, Г. Ганчев, Ст. Стефанов, Вл. Гидиков, К. Ангелов, М. Колева, Хидрологичен справочник на реките в НР България, Том II, София, 1958
- [5] НИМХ, 1989, Речни водни ресурси на България и изменението им в резултат на антропогенна дейност, София, 1989.
- [6] Г. Стоянов, В. Гилова, М. Пенчев, Н. Иванова, Д. Христова, Ив. Шишкова, Цв. Кръстева, В. Чернева, Р. Кузманова, Хидрологичен справочник на реките в НР България, Том III, София, 1981
- [7] Мичев, Н. и Ц. Михайлов, И. Вапцаров, Св. Кираджиев, Географски речник на България, София, 1980
- [8] Н. Христова, Речни води на България, София, 2012
- [9] Колектив към Географски институт при БАН, География на България, София, 2002
- [10] The Clean Water Team Guidance Compendium for Watershed Monitoring and Assessment State Water Resources Control Board 5.1.3 FS-(RC), 2011
- [11] Колектив, География на България – Методическо ръководство, София, 1993
- [12] П. Пенчев, Ж. Гълъбов, Ил. Иванов, К. Мишев, В. Неделчева, Физическа география на България, София, 1956
- [13] Уикипедия, [Bulgaria Sofia City Province relief location map.jpg](https://bg.m.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Bulgaria_Sofia_City_Province_relief_location_map.jpg), [https://bg.m.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Bulgaria Sofia City Province relief location map.jpg](https://bg.m.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Bulgaria_Sofia_City_Province_relief_location_map.jpg)
- [14] <http://www.stara-sofia.com/karti.html>
- [15] <https://www.astro.bas.bg/~petrov/sofia/index.html>
- [16] <https://www.gis-sofia.bg/bg/services/kartografiya/administrativni-karti>