

ЛОКАЛЕН ПЛАН ЗА КЛИМАТИЧНА АДАПТАЦИЯ НА Ж.К. „ЛЮЛИН“ ЧРЕЗ ЦИФРОВ ДВОЙНИК

София, 2023

СЪДЪРЖАНИЕ

СЪДЪРЖАНИЕ.....	2
РЕЗЮМЕ.....	3
СПИСЪК НА ФИГУРИТЕ	5
СПИСЪК НА ТАБЛИЦИТЕ	7
Въведение	8
Методика.....	10
Обща характеристика на изследваната територия.....	15
Климатична характеристика на район Люлин и проекции за очакваните климатични промени и рискове	21
Оценка на очакваните климатичните промени	25
Анализ на резултатите от климатичното моделиране	29
Очаквани промени в температурите	29
Очаквани промени в количествата на валежите	39
Интегрирана оценка на очакваните климатични промени в рамките на територията на жк Люлин и свързаните с тях рискове към 2050г.....	52
Стратегическа рамка за климатична адаптация и смекчаване на ефекта на климатичните промени 67	
Мониторинг и адаптация.....	97
ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА	99

РЕЗЮМЕ

Проблемите, свързани с изменението на климата, са все повече във фокуса на общественият интерес, като вече с много голяма научна сигурност може да се твърди, че става въпрос за глобално явление, което променя както начина ни живот, така и географската среда, в която сме го организирали. Локалните геопространствени измерения на този глобален комплекс от взаимосвързани процеси и явления са от съществено значение за обезпечаване на развитието на обществото, населените места и всички човешки дейности, които са свързани с тях.

Процесите на интензивна урбанизация са много съществен фактор за промяната на географската структура на територията, изразяваща се в дълбока и всестранна трансформация на естествените ландшафти и екосистеми и превръщането им в изкуствени хабитати със силно насищане на пространството с антропогенни обекти и системи. В резултат на това, особено в големите градски центрове, се наблюдават съществени изменения в естествените екологични процеси, чиито негативни последици засягат пряко начина и качеството на живот на обитаващото ги население.

Адаптацията към изменението на климата е комплексен, географски обусловен процес на подготовка и активно приспособяване към променящите се климатични параметри и свързаните с тях характеристики на географската среда. Това включва мерки и конкретни действия, които са насочени както към отрицателните въздействия, така и към потенциалните възможности, които могат да се открият.

Настоящият локален план за адаптация към климатичните промени на най-големият жилищен комплекс в рамките на урбанизираното пространство на София- Люлин е неформален документ, който е насочен към осигуряването на адекватна информационна основа за предприемането на конкретни действия и прилагането на специализирани мерки, насочени към ефективната адаптация на градската среда изследваната територия и смекчаването на негативните ефекти от очакваните климатични изменения.

За да бъде постигнато това е генериран цялостен геопространствен цифров двойник на територията на комплекса, отразяващ географските характеристики на всички естествени и антропогенни обекти и системи. Същият е използван като информационна основа за оценката и картографирането на очакваните ефекти от климатичните промени в средносрочен план (хоризонт 2050 г.) и за определянето на най-уязвимите части от района на изследване. На тази са дефинирани и конкретни мерки, свързани със смекчаването идентифицираните проблеми и адаптацията на района към променящата се географска среда.

Целта на изследването е пряко свързана с решаването на следните главни задачи:

- Създаване на подробен дигитален геопространствен двойник на територията на ж.к. „Люлин“, върху който да се проектират възможните ефекти на очакваните климатични промени;

- Извършване на задълбочено изследване, което да установи границите на очакваните климатични промени в рамките на урбанизираното пространство на ж.к. „Люлин“ и прилежащите територии с хоризонт 2050 г.;
- Идентифициране на проблемни ареали и предложения от конкретни мерки и действия към адаптацията им към очакваните климатични промени чрез интегрираното приложение на геопространствени технологии, данните от цифровия двойник на територията (включително характеристиките и морфологичните особености на урбанизираното пространство) и информацията за очакваните климатични проекции;
- Разработване на стратегическа планова рамка за адаптация към климатичните промени на комплекса на основата на събраните данни и генерираната информация.

Проектът е разработен съвместно между Столична община и Националният център за геопространствени изследвания и технологии при СУ“ Св. Климент Охридски“, като в изследователския колектив са включени както преподаватели, така и докторанти и студенти.

СПИСЪК НА ФИГУРИТЕ

Фиг.1. Резюме на разработения локален план с конкретни мерки и действия

Фиг.2. Методическа схема на локалния план за климатична адаптация

Фиг.3а. Дигитален двойник на жк. Люлин

Фиг.3б. Дигитален двойник на жк. Люлин

Фиг. 4. Пространствено разпределение на собствеността на територията в жк. Люлин

Фиг.5. Етажност на сградите в жк. Люлин на база кадастралната информация

Фиг.6 Интегрирана метеограма, показваща годишният ход на температурата, количеството валежи и дните, както и измерванията на вятъра в метеорологичната станция на НИМХ в София.

Фиг.7. Обобщени данни, описващи климата на района

Фиг.8. Посока и скорост на вятъра- 1979-2022г.

Фиг. 9. Изменение на средногодишната температура-1979-2022

Фиг.10. Регистрирани аномалии в температурите и валежните количества в периода 1979-2022

Фиг.11. База данни: CRUTEM4, University of East Anglia, Climatic Research Unit, Аномалии на средната год. температура и средните температури на въздуха по сезони за периода 1888-2016 г. в сравнение с климатичната норма за периода 1961-1990 г.

Фиг. 12. База данни GISTEMP 1200 (аномалии на средната год. температура на въздуха през периода 1990-2019 г. в сравнение с климатичното норма за 1961-1990 г.)

Фиг. 13. База данни Era Interim (аномалии на средната годишна температура на въздуха през последните 40 години)

Фиг.14. Средна температура на въздуха за централната част на Люлин

Фиг. 15. Очаквани промени в средните температури на земната повърхност по сезони в Софийската котловина (°C)

Фиг. 16. Очаквани промени в средните температури на земната повърхност по сезони в София (°C)

Фиг. 17. Очаквани промени през периода 2021-2050 г. на средномесечните минимални и максимални температури (°C) на земната повърхност в Софийската котловина по климатичните сценарии RCP4.5 и RCP8.5 в сравнение с референтния период 1976-2005 г.

Фиг. 18. Очаквани промени през периода 2021-2050 г. на средномесечните минимални и максимални температури (°C) на земната повърхност в Люлин по климатичните сценарии RCP4.5 и RCP8.5 в сравнение с референтния период 1976-2005 г.

Фиг.19. Проекция на броя горещи дни по различните сценарии и бъдещи периоди

Фиг.20. Брой горещи дни по по сценария РЦП 4.5 по месеци

Фиг.21 Брой горещи дни по по сценария RCP 8.5 по месеци

Фиг.22. Брой градусови дни на охлаждане градуисуви дни за охлаждане по RCP 4.5

Фиг.23. Брой градусови дни на охлаждане градуисуви дни за охлаждане по RCP 8.5

Фиг.24. Обобщена графика на средна сума на валежите по различните сценарии

Фиг. 25. Очаквани промени в сезонното разпределение на валежите в Софийската котловина (mm/day)

Фиг. 26. Очаквани промени в сезонното разпределение на валежите в Люлин (mm/day)

Фиг. 27. Очаквано изменение на месечното разпределение на валежите (mm/day) в Софийската котловина

Фиг. 28. Очаквано процентно изменение в месечното разпределение на валежите в Софийската котловина през бъдещия период по двата сценария в сравнение с контролния период

Фиг. 29. Очаквано изменение на месечното разпределение на валежите (mm/day) в Люлин

Фиг. 30. Очаквано процентно изменение в месечното разпределение на валежите в Люлин през бъдещия период по двата сценария в сравнение с контролния период

Фиг. 31 Очаквани промени през периода 2021-2050 г. на средномесечните минимални и максимални валежи в Софийската котловина по климатичните сценарии RCP4.5 и RCP8.5 спрямо референтния период 1976-2005 г. (mm/day)

Фиг. 32. Очаквани промени през периода 2021-2050 г. на средномесечните минимални и максимални валежи в София по климатичните сценарии RCP4.5 и RCP8.5 спрямо референтния период 1976-2005 г. (mm/day)

Фиг. 33. Статистически характеристики и Box-Plot диаграми за минималните и максималните валежи (mm/day) в Софийската котловина за контролния и бъдещия период по двата сценария

Фиг. 34. Статистически характеристики и Box-Plot диаграми за минималните и максималните валежи (mm/day) в София за контролния и бъдещия период по двата сценария

Фиг. 35. Оценка на риска за проява на студени явления в рамките на жск. Люлин

Фиг.36. Оценка на риска за проява на горещи вълни в рамките на жск. Люлин

Фиг.37. Температура на повърхността в жск. Люлин

Фиг.38. Разлики между усреднени температурни стойности за различните типове повърхности

Фиг.39. Магнитуд на ГТО на жск. Люлин, 11-14.07.2023

Фиг.40. Оценка на риска от ГТО за жск. Люлин

Фиг.41. Оценка на риска за проява на интензивни валежи в рамките на жск. Люлин

Фиг.42. Дял на запечатаните територии

Фиг.43. Оценка на риска от дъждовни наводнения

Фиг.44. Територии в риск от флувиално наводнение

Фиг.45. Оценка на риска за проява на засушаване в района на жск. Люлин

Фиг.46. Оценка на риска за проява на силен вятър и пориви в жск. Люлин

Фиг. 47. Комплексни природо-базирани решения спрямо идентифицираните заплахи, бързи мерки с временен ефект

Фиг.48. Запечатани нарушени пространства които могат да бъдат разгледани в детайл в създадения цифров модел

Фиг.49. Пример за нарушено запечатано междублоково пространство в Люлин 2- между блокове 204, 205 и 206

Фиг.50. Възможни локации за мобилни гори, смекчаващи интензитета на ГТО в условията на топлинни вълни

Фиг.51. Зелени паркинги

Фиг.52. Потенциални приоритетни локации за зелени паркинг пространства

Фиг.53. Комплексни природо-базирани решения спрямо идентифицираните заплахи, дългосрочни мерки с траен ефект

СПИСЪК НА ТАБЛИЦИТЕ

Таблица 1. Имоти и вид собственост в жк. Люлин

Таблица 2. Предназначение на имотите в жк. Люлин

Таблица 3. Сгради в жк. Люлин

Таблица 4. Функционален тип на сградите в жк. Люлин

Таблица 5. Самостоятелни обекти на собственост в сградите в жк. Люлин

Таблица 6. Очаквани промени в средните температури на земната повърхност по сезони в Софийската котловина (°C)

Таблица 7. Очаквани промени в средните температури на земната повърхност по сезони в София (°C)

Таблица 8а и 8б. Очаквани средни месечни стойности на температурите

Таблица 9. Очаквани промени през периода 2021-2050 г. на средномесечните минимални и максимални температури (°C) на земната повърхност в Софийската котловина по климатичните сценарии RCP4.5 и RCP8.5 в сравнение с референтния период 1976-2005 г.

Таблица 10. Очаквани промени през периода 2021-2050 г. на средномесечните минимални и максимални температури (°C) на земната повърхност в Люлин по климатичните сценарии RCP4.5 и RCP8.5 в сравнение с референтния период 1976-2005 г.

Таблица 11. Очаквани промени в сезонното разпределение на валежите в Софийската котловина (mm/day)

Таблица 12. Очаквани промени в сезонното разпределение на валежите в Люлин (mm/day)

Таблица 13. Очаквано изменение на месечното разпределение на валежите (mm/day) в Софийската котловина

Таблица 14. Очаквано процентно изменение в месечното разпределение на валежите в Софийската котловина през бъдещия период по двата сценария в сравнение с контролния период

Таблица 15. Очаквано изменение на месечното разпределение на валежите (mm/day) в Люлин

Таблица 16. Очаквано процентно изменение в месечното разпределение на валежите в Люлин през бъдещия период по двата сценария в сравнение с контролния период

Таблица 17. Линейни трендове на средните месечни количества на валежите (mm/day/year) в Люлин

Таблица 18. Средно стандартно отклонение по месеци на валежните количества (mm/day) за контролния и бъдещия период по двата сценария в Софийската котловина и Люлин (стойностите в таблицата с >1 Std_Dev са рамкирани и boldвани)

Таблица 19. Очаквани промени през периода 2021-2050 г. на средномесечните минимални и максимални валежи в Софийската котловина по климатичните сценарии RCP4.5 и RCP8.5 спрямо референтния период 1976-2005 г. (mm/day)

Таблица 20. Очаквани промени през периода 2021-2050 г. на средномесечните минимални и максимални валежи в София по климатичните сценарии RCP4.5 и RCP8.5 спрямо референтния период 1976-2005 г. (mm/day)

Табл. 21. Линейни трендове на средните месечни минимални и максимални количества на валежите по двата сценария (мм/ден/годишно)

Таблица 22. Оценка на риска

Таблица 23. Мерки и действия за сградите на жк. Люлин

Таблица 24. Мерки и действия за публичните пространства, зелените площи, паркове и зелена инфраструктура на жк. Люлин

Таблица 25. Мерки и действия за инфраструктурата на жк. Люлин

Таблица 26. Мерки и действия за хората на жк. Люлин

Въведение

Проблемите, свързани с изменението на климата, са все повече във фокуса на общественият интерес, като вече с много голяма научна сигурност може да се твърди, че става въпрос за глобално явление, което променя както начина ни живот, така и географската среда, в която сме го организирали. Локалните геопространствени измерения на този глобален комплекс от взаимосвързани процеси и явления са от съществено значение за обезпечаване на развитието на обществото, населените места и всички човешки дейности, които са свързани с тях.

От друга страна нашият все по силно урбанизиран свят също играе съществена роля – градовете са с основен принос за изменението на климата, тъй като градските дейности са от най-значимите източници на емисии на парникови газове. Данните от редица проучвания показват, че градовете са отговорни за 75 % от глобалните емисии на CO₂, като транспортът и застрояването на естествените пространства са сред най-големите причинители¹.

Процесите на интензивна урбанизация са много съществен фактор за промяната на географската структура на територията, изразяваща се в дълбока и всестранна трансформация на естествените ландшафти и екосистеми и превръщането им в изкуствени хабитати със силно насищане на пространството с антропогенни обекти и системи. В резултат на това, особено в големите градски центрове, се наблюдават съществени изменения в естествените екологични процеси, чиито негативни последствия засягат пряко начина и качеството на живот на обитаващото ги население.

Промяната в земното покритие и налагането на интензивно земеползване в урбанизираните територии оказва влияние и видими ефекти върху формирането на местния климат и неговите елементи (температурни режими, валежи, изпарение, влажност, вятър), които от своя страна имат определящо значение за качеството на обитаемата среда.

Адаптацията към изменението на климата е комплексен, географски обусловен процес на подготовка и активно приспособяване към променящите се климатични параметри и свързаните с тях характеристики на географската среда. Това включва мерки и конкретни действия, които са насочени както към отрицателните въздействия, така и към потенциалните възможности, които могат да се открият. Всъщност именно урбанизираните територии са тези, които най-бързо реагират на климатичните въздействия, защото ефекта им върху начина на живот на големи групи население, предизвиква мащабни проблеми, чието правилно адресиране е в основата на успеха на всички адаптационни стратегии и планове. Когато същите се разработват, следва да се отчита, че урбанизираните територии са специфични динамични хибридни геосистеми, които обуславят тяхната експозиция към уникални като интензитет и степен на проявление климатични въздействия, което означава,

¹ <https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/cities-and-climate-change>

че процеса на тяхната адаптация трябва да бъде специфичен за всяко конкретното място и неговите специфични местни географски условия.

Отправната точка при разработването на адекватен план за управлението и адаптацията към потенциалните климатични рискове и изграждането на дългосрочна устойчивост, е познаването в детайли на експозицията, чувствителността и уязвимостта към специфичните за съответната територия проблеми, на чиято основа да се разработи комплекс от адекватни политики и инвестиции, които да ограничат уязвимостта на територията и да осигурят по-ефективен механизъм за адаптация към променящата се география. В този смисъл, устойчив и умен град е този, който е подготвен за съществуващите и бъдещите климатични въздействия и променящата се географска среда, включително като работи активно за ограничаването и смекчаването на техния мащаб и тежест, пригаждайки своята инфраструктура към динамиката на тези промени и въздействия.

Настоящият локален план за адаптация към климатичните промени на най-големият жилищен комплекс в рамките на урбанизираното пространство на София- Люлин е неформален документ, който е насочен към осигуряването на адекватна информационна основа за предприемането на конкретни действия и прилагането на специализирани мерки, насочени към ефективната адаптация на градската среда изследваната територия и смекчаването на негативните ефекти от очакваните климатични изменения.

За да бъде постигнато това е генериран цялостен геопространствен цифров двойник на територията на комплекса, отразяващ географските характеристики на всички естествени и антропогенни обекти и системи. Същият е използван като информационна основа за оценката и картографирането на очакваните ефекти от климатичните промени в средносрочен план (хоризонт 2050 г.) и за определянето на най-уязвимите части от района на изследване. На тази са дефинирани и конкретни мерки, свързани със смекчаването идентифицираните проблеми и адаптацията на района към променящата се географска среда.

Постигането на така формулираната цел на изследването е пряко свързано с решаването на следните главни задачи:

- Да се създаде подробен дигитален геопространствен двойник на територията на жк Люлин (дигитална геосянка), която да се използва за осигуряване на базова информация, върху която да се проектират възможните ефекти на очакваните климатични промени;
- Да се направи задълбочено изследване, което да установи границите на очакваните климатични промени в рамките на урбанизираното пространство на ж.к. „Люлин“ и прилежащите територии с хоризонт 2050 г.;
- Чрез интегрираното приложение на геопространствени технологии, данните от цифровия двойник на територията (включително характеристиките и

морфологичните особености на урбанизираното пространство) и информацията за очакваните климатични проекции, да се идентифицират проблемните места и да се набележат конкретни мерки и действия, към адаптацията им към очакваните климатични промени;

- На основата на събраните данни и генерираната информация, да се разработи стратегическа планова рамка за адаптация към климатичните промени на комплекса, като същата да бъде представена и обсъдена в рамките на местната общност и заинтересованите страни;

Настоящият документ е с неформален характер, т.е. не е свързан пряко с нормативната уредба на страната. Същият има за цел да демонстрира възможните подходи за изготвянето на работещи стратегически и планови решения, които са предназначени за конкретни територии и имат локален характер. В този смисъл, резултатите от проекта следва да се възприемат като научно-изследователски и демонстрационни, като същевременно се използват от общинската администрация и местната общност в цялостният процес на планиране и управление на територията на комплекса.

Проектът е разработен съвместно между Столична община и Националният център за геопространствени изследвания и технологии при СУ“ Св. Климент Охридски“, като в изследователският колектив са включени както преподаватели, така и докторанти и студенти.

Методика

Промените в климатичните условия които се наблюдават и все по-осезаемо влияят на ежедневието в рамките на ж.к. „Люлин“, са глобален феномен, но с много силно изразени локални геопространствени характеристики, които се предопределят от спецификата и особеностите на местната география на комплекса. Тя от своя страна се състои от пространствени и функционални съчетания от взаимосвързани обекти и геосистеми, които формират уникалната географска среда на изследваната територия, в рамките на която отделните компоненти на геосистемите взаимно си влияят, а данните, които ги характеризират в по-голяма или по-малка степен са взаимосвързани и взаимозависими.

Настоящото изследване се основава на използването на интегрирана методология, която включва приложението на две основни групи методи:

- Геопространствени и научно-изследователски методи, свързани с измерването, изследването на конкретните променливи, обективно характеризиращи изследваната територия и позволяваща научнообоснована интерпретация на получените резултати. Тази част от методиката е съобразена с основната цел на изследването и свързаните с нея конкретни изследователски задачи, чрез които следва да се осигури достоверна информация за изследваната територия, която да позволи и цифровото

отразяване на географската среда на района чрез реалистичен и коректен от геопропространствена и семантична гледна точка цифров двойник на жк. Люлин

- Методи на стратегическото териториално планиране, които се основават на стратегическият пространствен подход за планиране и управление на сложни пространствени урбанизирани системи.

Изследването се базира на необходимостта от количествена и пространствена параметризация на очакваните климатични промени, в контекста на нуждата от тяхното отчитане в процеса на планиране и управление на територията на жк Люлин. Тази необходимост се обосновава както от важното значение на географската среда в конкретната територия и нейното значение за качеството на живот на населението, така и с оглед очакваните климатични промени, които вероятно в значителна степен ще променят изискванията към структурата и качествата на урбанизираните пространства, зелената инфраструктура и функционирането на района като цяло.

Разработената и приложената методология се основава на три основни групи подходи и свързаните с тях изследователски методи:

- геопропространствен подход, който включва и подхода на цифровият геопропространствен двойник. Той се основава на интегрираното приложение на геоинформационните технологии и геопропространствените изследователски методи, чрез които се изследва, анализира и интерпретира проблематиката, свързана с очакваните климатични промени рамките на урбанизираното пространство на жк Люлин;
- системен подход, свързан с комплексния характер на проблематиката, свързана с изследването на климатичните промени и тяхната проекция в рамките на изследваното пространство, включително и синергичното влияние на взаимно свързаните фактори на градската среда, обуславящи пространствените и функционални характеристики в различните части на изследваната територия;
- поетапен подход, който обуславя изпълнението на изследователския процес като логически и технологично свързани фази/етапи на изпълнение в хода реализация на целия проект.

За да се определят основните параметри на очакваните климатични промени в рамките на урбанизираното пространство на жк Люлин, както и да се определят проблемните локации в района, заедно с мерките, които е необходимо да се предприемат за ефективна адаптация, настоящият проект е осъществен чрез систематично изпълнение на следните работни фази:

Фаза 1: Създаване на пълен дигитален двойник на територията на ж.к. „Люлин“ с висока пространствена резолюция..

Фаза 2: Анализ на очакваните климатични промени в рамките на изследваната територия.

Фаза 3: Пространствен анализ и определяне на проблемните места и области в контекста на климатичните проблеми, определяне на параметрите на очакваните промени и свързаните с тях проблеми и проблемни локации..

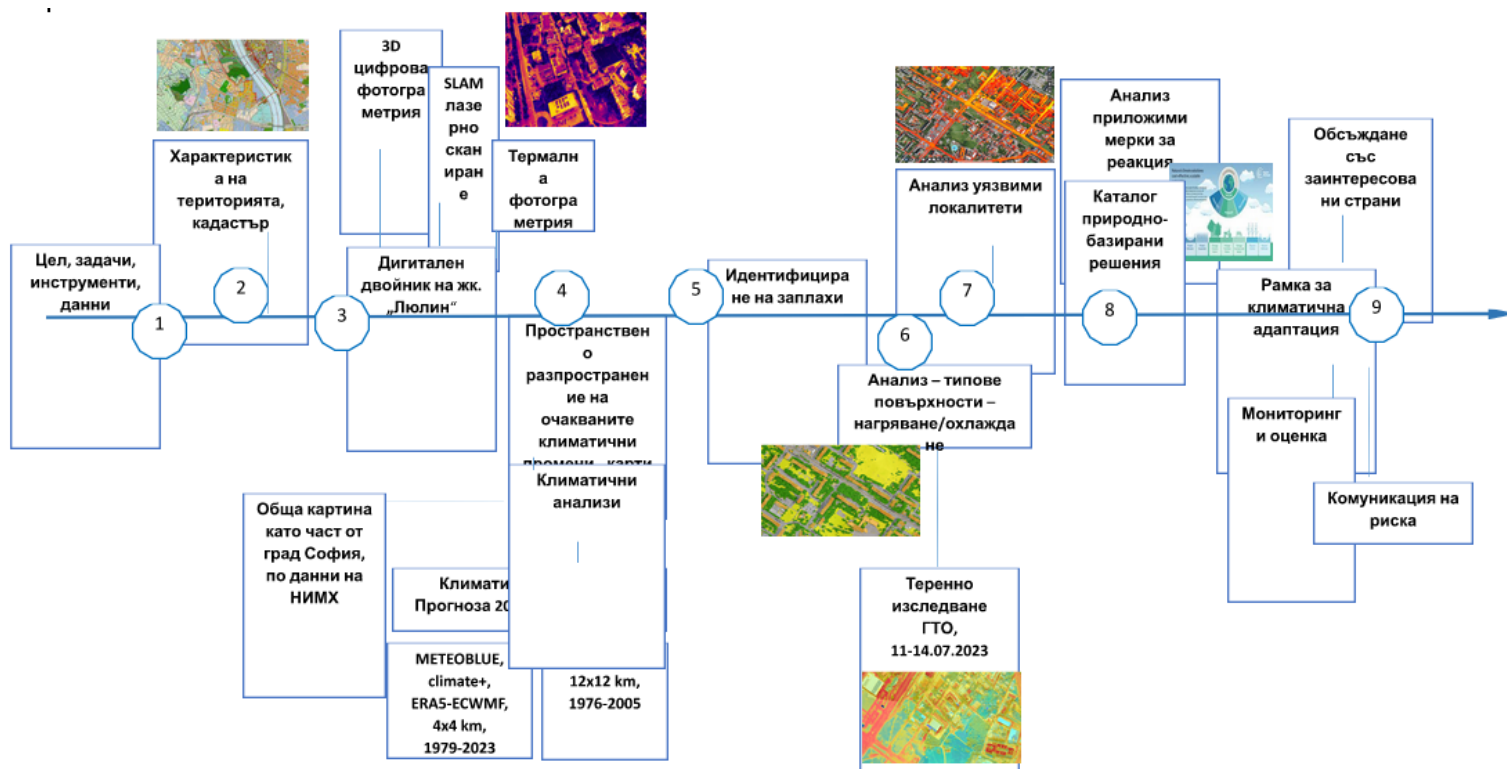
Фаза 4: Разработване на локален план с конкретни мерки и действия. Тази фаза има обобщаващ характер и се основава на получените резултати от предходните изследователски фази и дейности. В нея са включени и обосновани предложения, които са заимствани от идентифицирани и анализирани добри практики, насочени към смекчаване на проявлението на ГТО, вкл. в контекста на очакваните климатични промени.

Така описаната методология схематично може да бъде представена в следния вид (Фиг.1):



Фиг.1. Резюме на разработения локален план с конкретни мерки и действия

Самият документ е резултат от сложен алгоритъм, интегриращ различни видове инструменти и аналитични процедури с подхода на стратегическото планиране, като целият процес е представен на схемата по-долу (Фиг.2):



Фиг.2. Методическа схема на локалния план за климатична адаптация

При изследването на градското пространство и градската морфология на територията, обект на настоящата разработка, качеството и наличието на подробна и прецизна геопространствена информация е с ключова роля за определяне както на проблемите, свързани с променящия се климат и география на района, така и с адаптационният капацитет на територията. В тази връзка настоящото изследване се базира на детайлен дигитален двойник на ж.к. „Люлин“, който е генерирана чрез интегрираното използване на различни геопространствени технологии, включително:

- Цифрова 3D фотограметрия, базирана на безпилотна летателна система, която осигури възможност за цялостно картографиране с висока пространствена резолюция на територията на комплекса, което в последствие позволи генерирането на информация за особеностите и геометрията на градската морфология, характера, пространствената конфигурация и количествената параметризация на земното покритие, обследване на проблемите на различните типове пространства и др.
- Термална фотограметрия, която осигури цифрови модели, даващи възможност за прецизно определяне на термалният товар на различните видове земно покритие, обектите в рамките на територията на комплекса, както и на техните елементи;

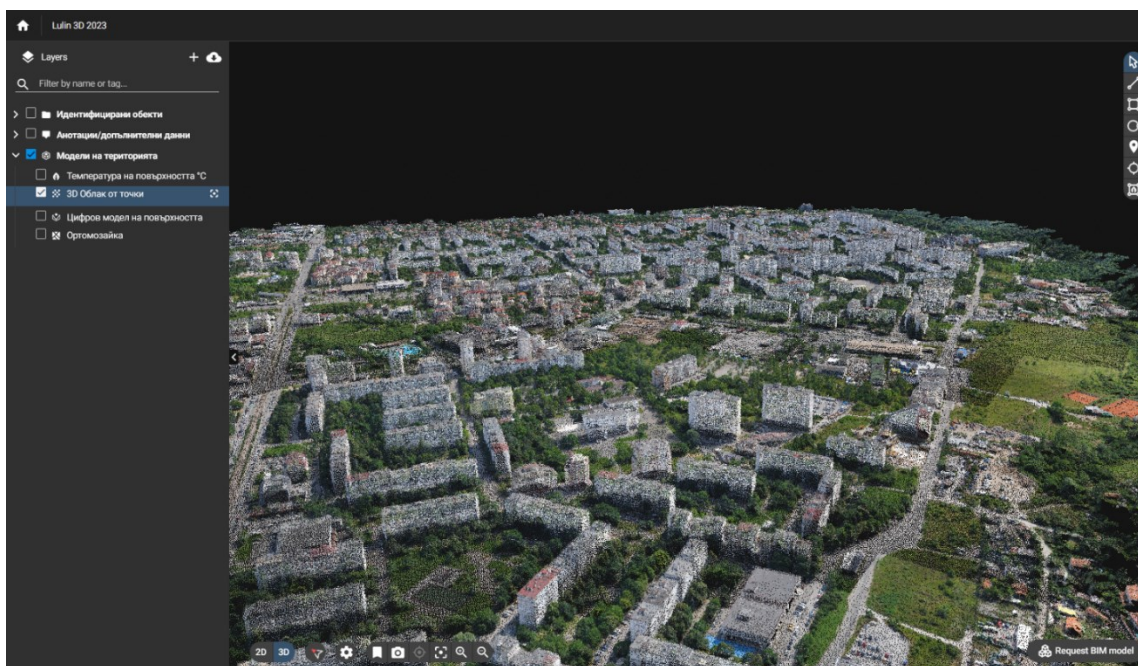
- Лазерно сканиране, даващо възможност за детайлизиране на спецификата и характеристиките на географските характеристики на урбанизираното пространство;
- Специализирано ГИС приложение, осигуряващо интеграционни възможности на събраните геоинформационни данни с други геоинформационни ресурси и същевременно обезпечаващо пространствено-аналитичният процес, генериращ географската информация, обуславяща стратегическата рамка на документа.

Геопространственият дигитален двойник е публично достъпен чрез облачна платформа, което освен че е елемент от задължителната отвореност и публичност на процеса по изготвяне на настоящият план за локална климатична адаптация, осигурява възможност за многоцелево използване на наличните информационни ресурси за полза на местната общност, управленските дейности и на обществото като цяло.

Облачната платформа е със специализиран интерфейс, осигуряващ възможност за извършване на идентификационни действия, навигиране с данните, както и осигурява инструменти за измерване и извличане на определени количествени и информационни ресурси за изследваната територия (Фиг.3а и 3б):



Фиг.3а. Дигитален двойник на ж.к. Люлин



Фиг.3б. Дигитален двойник на ж.к. Люлин

Информацията е достъпна на следния адрес:
<https://cloud.pix4d.com/dataset/1583392/model?shareToken=b13fb7c7-053e-4b54-b9e0-88825ab05114>

Обща характеристика на изследваната територия

Изследваната територия обхваща жилищния комплекс Люлин, който се намира в район Люлин на Столична община. Тази територия попада в землището на гр.София с ЕКАТТЕ 68134 и обхваща шест кадастрални района на площ 5,7 кв.км. Кадастралната карта и кадастралните регистри на ж.к. Люлин са приети през 2009 г. и са една от първите одобрени кадастрални карти на територията на Столична община.

Самият комплекс е проектиран в средата на средата на 60-те години, когато на ИПП „Софпроект“² е възложено проектирането на голям жилищен район за около 120 000 души в северозападната част на София на територията на тогавашния квартал „Модерно предградие“ и на свободните площи около него. Проектът за района е изготвен от колектив на „Софпроект“ с ръководител първоначално арх. Неделчо Паскалев, а впоследствие арх. Кирил Бочков и е завършен през 1969 г.

Съгласно плана, комплексът е трябвало да се състои от 11 микрорайона, организирани около две взаимно перпендикулярни главни пътни артерии (днешните булеварди „Царица Йоанна“ и „Панчо Владигеров“) и централна зона, в която да бъде

² <https://www.lyulin.bg/istoria/>

построен главният административен и културен обществен център на района. Съгласно проекта, комплекса е трябвало да се изпълни по индустриализирани методи – главно едропанелно (около 70%), но също и с едроплощен кофраж (при сгради с повече от 9 етаж) и с пакетно-повдигани плочи. При изготвянето на подробните планове на отделните микрорайони, архитектите-проектанти се стараят по всякакъв начин да преодолеят еднообразието на панелните сгради, като раздвижват обемите на отделните секции (преместват ги по-напред или по-назад, спрямо съседните, и ги проектират с различна етажност). Строителството в комплекса започва през 1973 г. В хода на строежа, първоначалният проект е променен и броят на микрорайоните е намален от 11 на 10 (площта на днешните 8-ми, 9-ти и 10-ти микрорайон бива разделен на три, вместо на четири). Променен е и планът на шести микрорайон (първоначално спортните съоръжения са предвиждани в западната му част откъм днешния бул. „Панчо Владигеров“, а жилищата са съсредоточени в източната, но според новия проект местата на двете зони се разменят). Междувременно (около 1976 г.) новият комплекс бива наречен „Люлин“. Строежът започва от трети микрорайон (с блок 318), а по-късно се навлиза във втори и в първи. Следват шести, четвърти, пети и седми. Всички тези микрорайони се строят на свободни площи и основното им изграждане завършва около 1978-1979 г. До първата половина на 80-те години са изградени и останалите три микрорайона (8-ми, 9-ти и 10-ти), но част от тях (откъм бул. „Европа“) остава незавършена. Не се реализират предвидените спортни съоръжения, главният обществен център, многоетажните паркинги и реконструкцията на бул. „Баба Парашкева“ и бул. „Вълчо Иванов“.

Макар района да е проектиран с широки отворени пространства, същият е наситен със запечатани площи, както и множество урбанизирани морфоструктури, които в комбинация с характерното географско положение на квартала, водят до формиране на специфичен микроклимат и сериозно проявление на егфекта на т,нар. Градски топлинен остров (ГТО).

За изследването на този феномен, в рамките на проекта е разработен прецизен цифров модел на територията на комплекса, чрез използването на три различни технологични инструмента- 3D цифрова фотограметрия, наземно лазерно сканиране, базирано на алгоритъма за картографиране SLAM и термална фотограметрия, която се използва за оценка на термалното натоварване и интензоитета на градският топлинен остров на повърхността.

Поземлени имоти

По кадастрална карта в изследваната територия има 2 696 поземлени имота, като 55% от площта на изследваната територия е общинска собственост, а 25 % е частна (Таблица 1):

Таблица 1. Имоти и вид собственост в жк. Люлин

Вид собственост	Брой имоти	Площ (кв.м)	% от площта
Държавна публична	1	11213	0,20
Държавна частна	2	4971	0,09
Няма данни	192	684597	12,00
Общинска публична	487	1790808	31,40
Общинска частна	346	1309718	22,96
Стопанисвано от общината	1	826	0,01
Съсобственост	223	451039	7,91
Частна	1443	1439184	25,23
Частна кооперативна	1	11675	0,20
Общо	2696	5704031	

Около 60% от територията е определена с начин на трайно ползване за застрояване, 25 % от територията е определена за транспортна инфраструктура (Таблица 2):

Таблица 2. Предназначение на имотите в жк. Люлин

Вид собственост	Брой имоти	Площ (кв.м)	% от площта
Високо застрояване (над 15 m)	73	91216	1,60
Водно течение, река	1	11213	0,20
Дере	3	1072	0,02
За бензиностанция, газостанция, метанстанция	7	20312	0,36
За второстепенна улица	408	828236	14,52
За вход на пешеходен подлез, метро	8	2155	0,04
За друг вид застрояване	1041	2001117	35,08
За друг вид озеленени площи	19	32617	0,57
За друг вид производствен, складов обект	3	1916	0,03
За друг обществен обект, комплекс	115	405544	7,11
За друг поземлен имот за движение и транспорт	13	18909	0,33
За електроенергийното производство	7	2116	0,04
За кръстовище	2	10063	0,18
За линии на релсов транспорт	5	6412	0,11
За обект за детско заведение	9	70789	1,24
За обект комплекс за битови услуги	1	3760	0,07
За обект комплекс за образование	3	48267	0,85
За паркинг	45	92499	1,62
За първостепенна улица	25	466071	8,17
За съоръжение на друг вид провод	1	741	0,01
За търговски обект, комплекс	16	57309	1,00
Комплексно застрояване	95	912698	16,00
Незастроен имот за жилищни нужди	32	31767	0,56

Незастроен имот за спортен обект	1	14677	0,26
Нива	5	4490	0,08
Ниско застрояване (до 10 m)	706	453922	7,96
Обществен селищен парк, градина	8	19399	0,34
Поземлен имот с недефиниран начин на трайно ползване	2	2496	0,04
Спортно игрище	6	21522	0,38
Средно застрояване (от 10 до 15 m)	33	25859	0,45
Няма данни	3	44870	0,79
Общо	2696	5704031	

Сгради

По кадастрална карта в изследваната територия има 3 863 сгради, като трябва да се отчете, че при създаване на кадастралната карта, жилищните блокове често се разделят по входи и всеки вход се нанася като самостоятелна сграда, което увеличава броя им в картата. Съгласно кадастралната карта 58% от общия брой сгради са частна собственост и 5% са общинска собственост. По отношение на функционалния тип най-голям процент са Жилищни многофамилни сгради – 42%. Спрямо броя на етажите най-голям е броя на сградите на 1 до 6 етажа -58%, сградите с етажност от 6 до 10 етажа са 38 %, а високите сгради над 11 етажа заемат дял от 4 % (Таблица 3 и 4):

Таблица 3. Сгради в жк. Люлин

Вид собственост на сградите	Брой сгради	%
Държавна публична	1	0,03
Държавна частна	6	0,16
Няма данни	546	14,13
Общинска публична	82	2,12
Общинска частна	94	2,43
Съсобственост	880	22,78
Частна	2252	58,30
Частна кооперативна	1	0,03
Частна обществени организации	1	0,03
Общо	3863	

Таблица 4. Функционален тип на сградите в жк. Люлин

Функционален тип на сградите	Брой сгради	%
Административна, делова сграда	19	0,49
Апартаментен хотел	1	0,03
Вилна сграда - еднофамилна	1	0,03
Гараж	78	2,02
Друг вид обществена сграда	21	0,54

Друг вид производствена, складова, инфраструктурна сграда	453	11,73
Друг вид сграда за обитаване	237	6,14
Жилищна сграда - еднофамилна	420	10,87
Жилищна сграда - многофамилна	1646	42,61
Жилищна сграда със смесено предназначение	87	2,25
Здравно заведение	7	0,18
Култова, религиозна сграда	5	0,13
Курортна, туристическа сграда	3	0,08
Постройка на допълващото застрояване	5	0,13
Промислена сграда	20	0,52
Сграда за битови услуги	39	1,01
Сграда за водоснабдяване и/или канализация	3	0,08
Сграда за детско заведение	34	0,88
Сграда за енергопроизводство	280	7,25
Сграда за култура и изкуство	2	0,05
Сграда за образование	37	0,96
Сграда за обществено хранене	68	1,76
Сграда за търговия	281	7,27
Сграда на съобщенията	4	0,10
Сграда на транспорта	31	0,80
Сграда със смесено предназначение	30	0,78
Сграда със специално предназначение	2	0,05
Селскостопанска сграда	8	0,21
Складова база, склад	31	0,80
Спортна сграда, база	9	0,23
Хангар, депо	1	0,03
Общо	3863	

Самостоятелни обекти на собственост в сградите

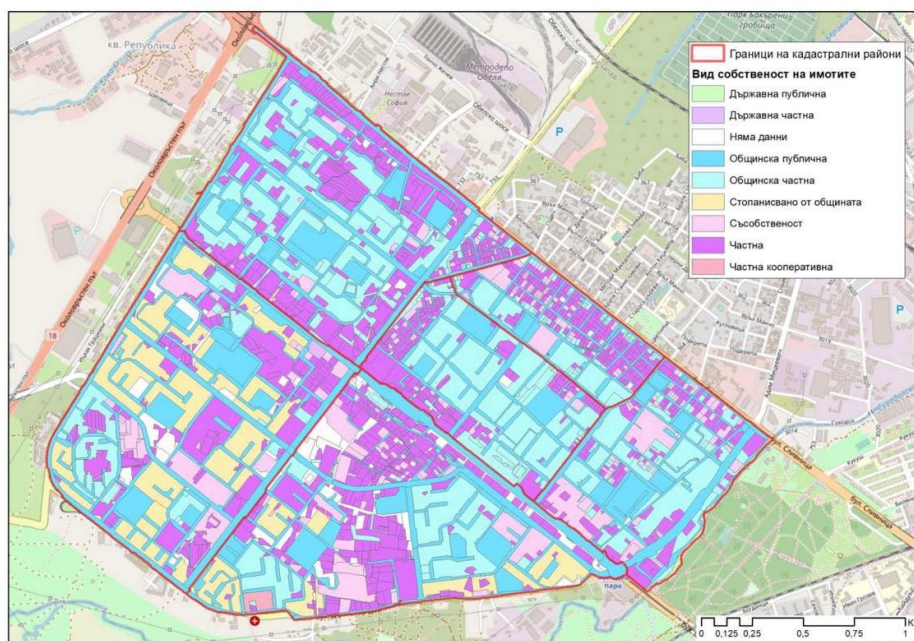
По кадастралната карта в сградите има нанесени 52 962 самостоятелни обекта на собственост, като 88 % от тях са с предназначение Жилище, апартамент, 4,4% са за търговска дейност, а 3,3% са Гаражи. По отношение на собствеността на самостоятелните обекти в сградите 92% от тях са частна собственост и 2,8 % са общинска собственост (Таблица 5):

Таблица 5. Самостоятелни обекти на собственост в сградите в жк. Люлин

Функционален тип	брой	%
Ателие	1075	2,03
Гараж	2323	4,39
Друг вид самостоятелен обект	214	0,40
Жилище, апартамент	46624	88,03
За делова и административна дейност	9	0,02

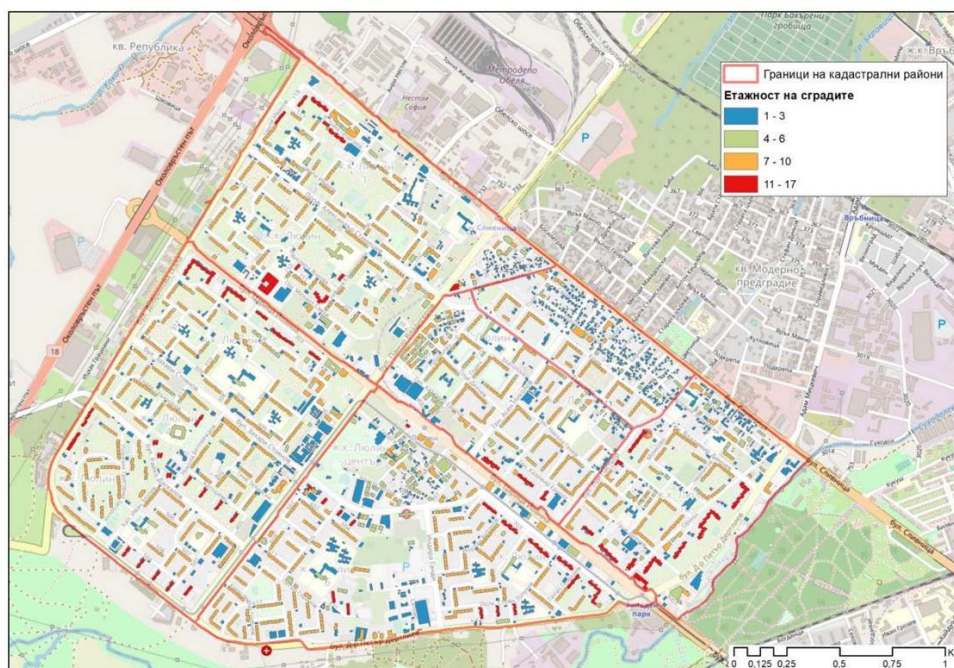
За детско заведение	9	0,02
За здравни и социални услуги	102	0,19
За културна и обществена дейност	6	0,01
За обслужваща дейност за битови услуги	105	0,20
За обществено хранене	46	0,09
За офис	485	0,92
За склад	137	0,26
За спортна и развлекателна дейност	24	0,05
За търговска дейност	1747	3,30
За учебна дейност	7	0,01
Инфраструктурен обект	38	0,07
Обекти със специално предназначение	11	0,02
Общо	52962	

Цифровият геопространствен двойник на изследваната територия е използван за интеграция на пространствените данни за геометрията на изследваната територия с данните за собствеността на терените в комплекса, което от своя страна дава представа за териториите, които могат да бъдат директно интервенирани от страна на общината, което е отразено на картосхемата по-долу (Фиг.4):



Фиг. 4. Пространствено разпределение на собствеността на територията в жк. Люлин

Геометричният модел на сградите, генерирани чрез интегрираното приложение на геопространствените инструменти, използвани в хода на проекта, е семантично съвместен с данните за етажността, подържани в кадастралните карти на района (Фиг.5):



Фиг.5. Етажност на сградите в жк. Люлин на база кадастралната информация

Климатична характеристика на район Люлин и проекции за очакваните климатични промени и рискове

Специфичната локация на района на ж.к. „Люлин“, пространствената му конфигурация в рамките на Софийската котловина, основните морфоструктури, които я обграждат и формираната градска морфоструктура на урбанизираната територия на района са в основа на специфичните микроклиматични условия, които са установени и влияят върху качеството на живот на местното население.

Климатът на района като цяло не се отличава съществено от преобладаващата част на урбанизираното пространство на столицата, със някои специфични особености, които са пряко свързани с неговото периферно местоположение в западната периферия на компактното урбанизирано пространство на града и относителната му отделеност чрез зеленият клин, формиран в североизточно направление по линията Суходол- Западен парк. Освен това специфичният начин на комплексно застрояване в района допълнително е усложнил микроклиматичните, а оттам и географските условия, което следва да се вземе в предвид при анализа и интерпретацията както на данните, характеризращи сегашната климатична обстановка, така и по отношение на бъдещите климатични въздействия.

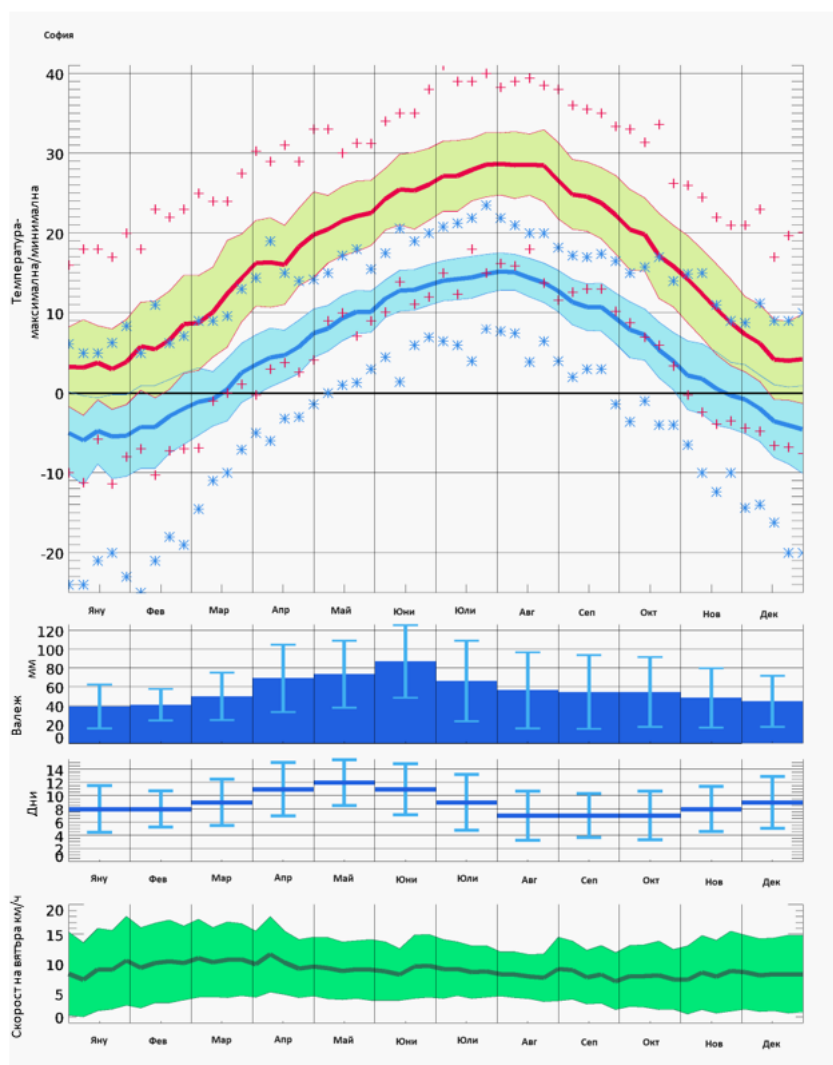
Интегрираната метеограма на фиг.6 е комплексна и показва годишния ход на температурата, количеството валежи и дните, както и измерванията на вятъра в метеорологичната станция на НИМХ в София.

На първата диаграма от метеограмата са показани средните, максималните (червено) и минималните (синьо) температури. Екстремните стойности са представени със знаците + и *. Две трети от наблюдаваните температури попадат в оцветения температурен диапазон.

Втората диаграма показва количеството на валежите (в mm) и диапазона на средните месечни стойности през две трети от годините.

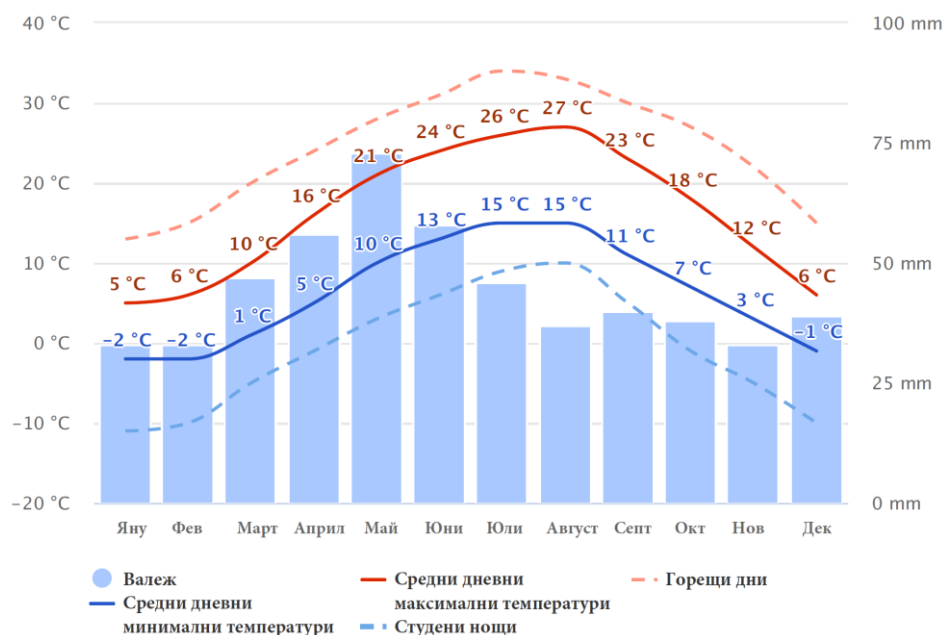
Третата диаграма показва броя на дните на месец с валежи и вариациите в рамките на две трети от баровете.

Последната диаграма показва наблюдаваната средна дневна скорост на вятъра и диапазона на седмичните средни стойности в две трети от случаите.



Фиг.6 Интегрирана метеограма, показваща годишният ход на температурата, количеството валежи и дните, както и измерванията на вятъра в метеорологичната станция на НИМХ в София.

За климатичната характеристика на територията на Люлин са използвани данни от климатично моделиране, като данните, описващи климата на района са обобщени в климатограмата по-долу (Фиг.7):



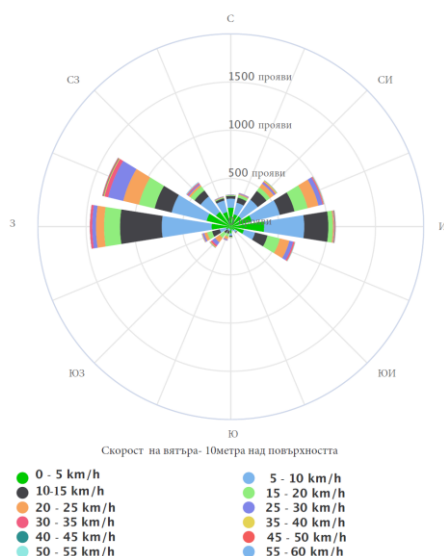
Фиг.7. Обобщени данни, описващи климата на района

"Среднодневният максимум" (плътна червена линия) показва максималната температура за всеки месец за 42,72° с.ш. и 23,26° и.д. По същия начин "среднодневният минимум" (плътна синя линия) показва средната минимална температура. Горещите дни и студените нощи (прекъснатите червена и синя линия) показват средната стойност на най-горещия ден и най-студената нощ за всеки месец през последните 30 години.

Използвайки тази информационна база, може да се направи обобщена оценка, че климатът на изследваната територия е умереноконтинентален с четири ясно разграничени сезона. Според климатичната класификация на Köppen-Geiger изследваната област има климатичен индекс Cfb (C-топъл умерен климат, f-пълно влажно, b-топло лято). По данни на Софийската станция, която функционира от 1881 г. до днес, средната годишна температура е 10,3 °C, а средногодишните валежи са 612 mm, с максимум през май-юни. Средната температура на най-студения месец е -1,7 °C, а на най-топлия месец - 21,2 °C. Измерената абсолютна минимална температура на въздуха е -27,5 °C, а абсолютната максимална температура е 37,4 °C (фигура S1). Градската територия на София представлява сложна комбинация от различни функционални зони (административни, жилищни,

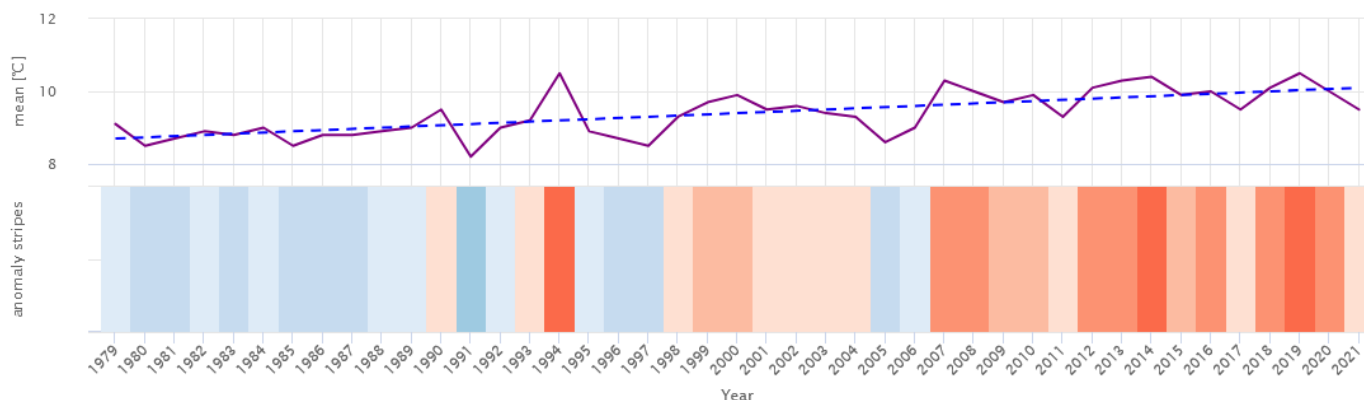
промишлени, транспортни, търговски, паркове и т.н.), които са се развивали по различно време, в продължение на много дълъг период от време.

Ветровете, тяхната честота и посока, с оглед местоположението на жк Люлин в рамките на Софийската котловина и урбанизираното пространство на София, са изключително важна климатична характеристика на изследваната територия. Както става видно от схемата по-долу, преобладават такива със западно-източен характер и с умерени скорости.



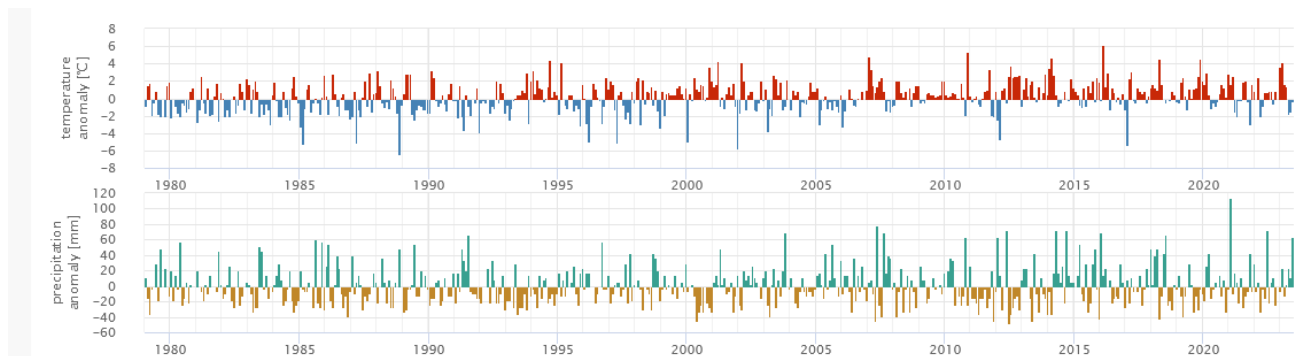
Фиг.8. Посока и скорост на вятъра- 1979-2022г.

Прави впечатление, че през последните години се наблюдава ясна тенденция на повишение на средните температури, което особено ясно се наблюдава в периода след 2007г до днес. Това от своя страна е съпроводено с по-продължителни топлинни вълни през летните месеци, което в силно урбанизираната и уплътнена територия на комплекса се превръща във все по-значим проблем.



Фиг. 9. Изменение на средногодишната температура-1979-2022

Тази тенденция се потвърждава и от регистрираните аномалии по отношение на температурите и валежите в района. От схемата става видно, че след 2007г. зачестяват температурните аномалии с високи температури и все по-редки са тези с отрицателни такива. В същото време се наблюдават аномалии по отношение на значими валежни



количества, което от своя страна е потенциален риск за дъждовни наводнения, особено в по-ниските части, с голям дял на запечатаните повърхности.

Фиг.10. Регистрирани аномалии в температурите и валежните количества в периода 1979-2022

Извод: Налице е ясна тенденция, която се изразява във все по-ясно повишение на средногодишните температури в рамките на изследваната територия. От друга страна се наблюдава и по-висока честота аномални явления, свързани както с температурата, така и с валежните количества. Това от своя страна е предпоставка за проявата на определени заплахи и рискове, които следва да се оценят и адресират в контекста на общата тенденция на климатичните промени.

Оценка на очакваните климатичните промени

Изследването на очакваните климатични промени е извършено на базата на анализи на изходни данни, генерирани от симулациите с регионалния климатичен модел ALADIN5.2., както и с данни от интегрирани моделни изчисления в платформата METEOBLUE.

Основното предимство на използването на тези два информационни източника, е че резултатите от използваните симулации с моделите са с висока пространствена резолюция ($\sim 12 \times 12$ км за модела ALADIN5.2), което дава възможност да се проучат пространствените вариации на климатичните елементи и да се оценят с голяма достоверност локалните въздействия на очакваните изменения на климата конкретно за жк. Люлин и тази част от Софийската котловина, където е разположен комплекса.

При симулациите са използвани два от сценариите от най-ново поколение – RCP4.5 (умерен) и RCP8.5 (песимистичен) за бъдещия период, с хоризонт до 2100 г. За да се установят сигнали за посоката и силата на очакваните промени в температурата и валежите, получените резултати за бъдещия период по двата сценария са сравнени с два исторически периода - 1976-2005 г. а модела ALADIN5.2 и 1991-2020г. за симулациите от платформата METEOBLUE. Положителните или отрицателните отклонения от данните за тези исторически периоди са интерпретирани като климатични аномалии и евентуални сигнали за очакваните изменения на климата в рамките на изследваната територия на жк Люлин. Резултатите от симулациите с модела са обработени в ГИС среда и в следствие са интегрирани с данните, включени в цифровата сянка на комплкса.

Очакваните изменения на климата се моделират на базата на определени сценарии, описващи възможните траектории на бъдещото развитие на човечеството, които трябва да се вземат предвид на входа на използвания климатичен модел. Използването на различни сценарии при един и същи модел дава на изхода на модела различни резултати за очакваните климатични промени. Разработваните досега набори от сценарии като цяло са възприети с консенсус от международната научна общност, поради което са залегнали в публикуваните по различно време оценъчни доклади за изменението на климата, изготвяни от IPCC³ (Intergovernmental Panel on Climate Change).

Тъй като бъдещото развитие на човечеството е непредсказуемо, използваните сценарии не представляват точни прогнози, а са субективни предположения за социално-икономическото развитие в глобален и регионален контекст. Затова и резултатите от климатичното моделиране, базирани на съответните сценарии, *не са прогнози, а възможни реакции на климатичната система в отговор на оказания върху нея антропогенен натиск, описан в сценариите*. Поради тази причина при климатичното моделиране вместо понятието „климатична прогноза” се използва понятието „климатична проекция”, с което се подчертава *несигурността в очакваните промени*. Всъщност, един от главните източници на несигурност на резултатите от моделирането на очакваните климатични промени са именно използваните сценарии, защото *може никой от тях да не се случи, въпреки че всички са възможни*. Климатичните проекции не са просто екстраполации на сегашния климат към бъдещи периоди, а дават информация за това *какво би се случило* с климата, ако се сбъдне някой от използваните сценарии.

Досега за моделиране на климатичните промени са разработени четири поколения сценарии, използвани в Европа и света, като към настоящия момент се използват сценариите от последното „четвърто поколение”, които са в основата и на този анализ. Тези сценарии са известни като „Представителни пътища на концентрациите” (**Representative Concentration Pathways, RCPs**) и са използвани при изготвянето на последния *Пети*

³ IPCC, www.ipcc.ch/

оценъчен доклад на IPCC (AR5, 2013/2014)⁴. Следващият доклад на IPCC (AR6) се очаква да бъде публикуван през юни 2022 г.

При RCP сценариите моделирането на климатичните промени се извършва въз основа на очаквания *радиационен натиск* (Radiative Forcing, RF) на парниковите газове и други природни и антропогенни фактори върху енергийния баланс на климатичната система, измерен във W/m^2 . В съответствие с основните закони на термодинамиката, тъй като Земята поглъща енергия от Слънцето, то в крайна сметка тя трябва да излъчва същото количество енергия в космоса. Разликата между входящата и изходящата радиация е известна като *радиационен натиск* (RF). За сравнителни цели в AR5 е изчислен RF за периода 1750-2011 г., определен като *исторически* („индустриална ера“). Положителните стойности на RF водят до затопляне, а отрицателните водят до захлаждане – примерно, за историческия период общият RF на всички парникови газове е оценен на $+2.83\ W/m^2$, като само ефектът от въглеродните емисии върху RF е оценен на $+1.82\ W/m^2$; RF на антропогенните аерозоли е оценен на $-0.35\ W/m^2$; изчислени са и ефектите върху RF, породени от промените в постъпващата слънчева радиация на горната граница на атмосферата, от вулканичните изригвания, от промените в земеползването и т.н. На тази основа е разработен новият набор от **четири RCP сценария**, водещи до стабилизиране на радиационния натиск към края на XXI в. на съответните нива от **8.5, 6, 4.5 и 2.6 W/m^2** (Moss, et al., 2008,⁵). Новите RCP сценарии имат много предимства в сравнение с по-старото поколение сценарии (SRES сценариите), тъй като дават повече информация за разбиране на процесите в климатичната система и поведението на въглеродния цикъл (Clarke, et al., 2007)⁶. Тези сценарии са отправна точка за всички научни изследвания в областта на климатичните промени, както и за разработването на анализи, стратегически документи и политики за адаптиране и смекчаване на последиците от очакваните изменения на климата в страните от целия свят.

Главните характеристики на четирите RCP сценария са следните:

- Сценарият **RCP 8.5** може да бъде наречен „обичайна практика“ („business-as-usual scenario“) с нарастващи емисии и концентрации на парниковите газове във времето. Радиационният натиск се очаква да нарасне до $8.5\ W/m^2$ до 2100 г., което съответства на концентрации от около 1370 ppm в CO_2 екв. Това е най-песимистичният сценарий, защото според него глобалната температура се очаква да се повиши към края на века с над $4,0\ ^\circ C$.
- Сценарият **RCP 6.0** е стабилизиращ сценарий, при който емисиите ще нарастват бързо до 2080 г., след което ще намаляват. Радиационният натиск към 2100 г. се оценява на $6\ W/m^2$ което съответства приблизително на концентрации от около 850 ppm CO_2 екв.

⁴ IPCC, Fifth Assessment Report (AR5) (www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/)

⁵ Moss, R.H., et al., (2008) *Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies*. Technical Summary. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, 25 pp.

⁶ Clarke, L.E., et al., (2007) *Scenarios of greenhouse gas emissions and atmospheric concentrations*, Sub-report 2.1a, U.S. Climate Change Science Program. Synthesis and Assessment Product 2.1a, CCSP, Washington, 154 pp.

- Сценарият **RCP 4.5** предвижда по-бързо реализиране на адекватни мерки за ограничаване на емисиите. Очаква се пикът на емисиите да бъде около 2040-2050 г., след което те да намалеят рязко до 2080 г. Радиационният натиск към 2100 г. се оценява на 4.5 W/m^2 , което съответства приблизително на концентрации около 650 ppm CO₂ екв. Очакваното повишение на глобалната температура по този сценарий към края на века е около 2,5°C.
- Сценарият **RCP 2.6** описва най-оптимистичния вариант, при който се допуска, че ще бъдат реализирани всички мерки за ограничаване на емисиите и че глобалното затопляне ще се ограничи до 2°C до края на века. Очаква се емисиите да намаляват рязко след 2020 г. Радиационният натиск (RF) към 2050 г. се очаква да достигне около 3.1 W/m^2 , след което към 2100 г. да се стабилизира на около 2.6 W/m^2 , което съответства на концентрации около 450 ppm CO₂ екв.

При сценария RCP 4.5 (“умерен”) се допуска, че ще се вземат адекватни мерки за ограничаване на емисиите, но ефектът им ще се прояви през втората половина на века. При сценария RCP 8.5 („песимистичен”) не се очаква антропогенният натиск върху климатичната система да намалее, поради което емисиите и концентрациите на парниковите газове ще нарастват и могат да се очакват по-значими климатични промени. Тези два сценария са най-често използваните в множество научни разработки в целия свят, което осигурява сравнимост на резултатите за различни бъдещи периоди при решаване на научни и приложни задачи, свързани с очакваните изменения на климата към определени бъдещи хоризонти.

При моделирането на очакваните климатични промени обикновено се използват *глобални климатични модели* (с ниска пространствена разделителна способност, примерно $200 \text{ km} \times 200 \text{ km}$) и базирани на тях *регионални климатични модели*, осигуряващи много по-висока пространствена разделителна способност (напр. $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$) на резултатите от климатичните симулации в сравнение с глобалните модели. Като изходни данни за настоящия анализ са използвани базите данни по проекта **MedCORDEX**⁷, генерирани в резултат от симулациите с регионалния климатичен модел **ALADIN5.2**.

Климатичният модел **ALADIN 5.2** е локална версия на френския глобален модел ARPEGE, разработван от **Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM, Météo-France)**. Използва Ламбертова конформна проекция и има 31 вертикални нива. Моделът е центриран към координати: LON0=15°E, LAT0=43°E. Захранването на модела става със стъпка всеки 6 часа от глобалния климатичен модел от CMIP5 CNRM-CM5. Пространственият домейн на модела е 10° з.д., 50° и.д., 60° с.ш. и 25° ю.ш. В радиационната схема са включени всички класове парникови газове – CO₂, CH₄, N₂O, CFC11, CFC12. Моделът съдържа шест класа аерозоли – пустинен прах, морска сол, сулфати, карбон,

⁷ Проект Med-CORDEX (www.medcordex.eu/)

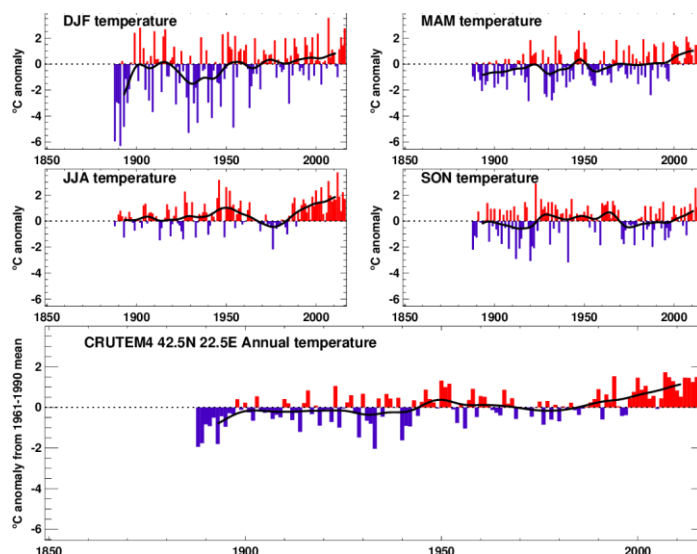
органични аерозоли, вулканичен прах. Продължителността на настройването на модела (spin-up) е две моделни години.

В допълнение към тези данни са използвани данни и от платформата METEOBLUE чрез специализираната постпроцесинг услуга climate+. Същата се основава на официалните симулационни модели, използвани от Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), които допълнително са обработени чрез специални модели и аналитични процедури на meteoblue- основно мултискални модели от типа NMM и NEMS. Тъй като данните на IPCC не отразяват напълно междугодишната променливост на определени променливи, METEOBLUE комбинира тези данни с 43-годишния прогнозен модел ERA5 на Европейския център за средносрочни прогнози (ECWMF), като по този начин се отразява променливостта на референтния период към настоящия и бъдещия климат.

Анализ на резултатите от климатичното моделиране

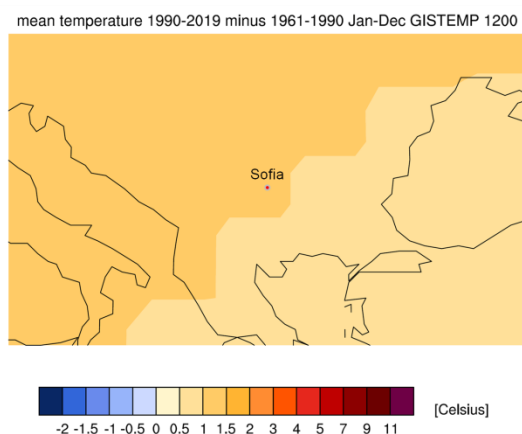
Очаквани промени в температурите

Според последния доклад на IPCC затоплянето на климатичната система е недвусмислено и много от наблюдаваните явления след 50-те години на миналия век са безпрецедентни за периоди от десетилетия до хилядолетия. Всяко от последните три десетилетия е последователно по-топло, отколкото всяко предходно десетилетие след 1850 г. Периодът от 1983 до 2012 г. е бил най-топлият 30-годишен период за последните 1400 г. в Северното полукълбо⁸. По отношение на територията на района на София световните климатични бази данни също предоставят информация, която потвърждава като цяло общите тенденции към затопляне на климата (фиг. 11, фиг. 12, фиг. 13).



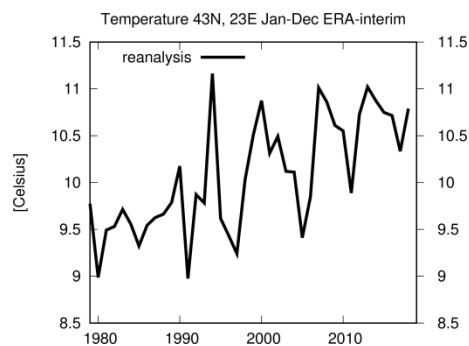
⁸ IPCC, AR5: Climate Change 2014, Synthesis Report, Summary for Policymakers, 2014.

Фиг. 11. База данни: CRUTEM4, University of East Anglia, Climatic Research Unit⁹
(аномалии на средната год. температура и средните температури на въздуха по сезони за периода 1888-2016 г. в сравнение с климатичната норма за периода 1961-1990 г.)



Фиг. 12. База данни GISTEMP 1200¹⁰

(аномалии на средната год. температура на въздуха през периода 1990-2019 г. в сравнение с климатичното норма за 1961-1990 г.)



Фиг. 13. База данни Era Interim¹¹

(аномалии на средната годишна температура на въздуха през последните 40 години)

Както за района на Софийската котловина, така и за района на Люлин, регионалният климатичен модел ALADIN 5.2 генерира за бъдещия период до 2050 г. и по двата сценария по-високи стойности за очакваните средногодишни, сезонни и месечни температури на земната повърхност в сравнение с референтния период (1976-2005 г.). На базата на разработената методика от Institute for Environment and Sustainability към Joint Research Centre (JRC, European Commission)¹² бяха изчислени линейните трендове на очакваните промени на температурите и валежите. Резултатите показват, че очакваното повишение на средногодишните температури на земната повърхност в София по сценария RCP4.5 е с +0,026°C/год., а по сценария RCP8.5 с +0,039°C/год.

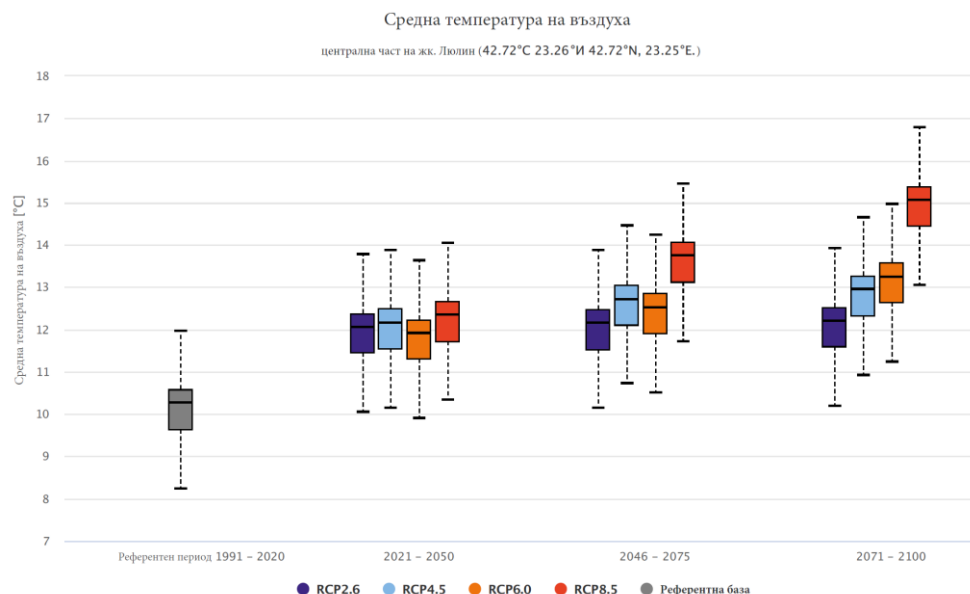
Подобни данни за повишаване на температурата в района на жк Люлин се отчитат и по интегрираният модел на METEOBLUE, както става видно от графиката по-долу.

⁹ <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/temperature/> (вж. приложения текстови файл за времевата серия 1888-2016 г.)

¹⁰ NASA Goddard Institute for Space Studies (GISS): <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>

¹¹ ECMWF ERA-Interim: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era-interim>

¹² Institute for Environment and Sustainability, JRC (2013) EFAS-Meteo: A European daily high-resolution gridded meteorological data set for 1990-2011, Ispra, Italy



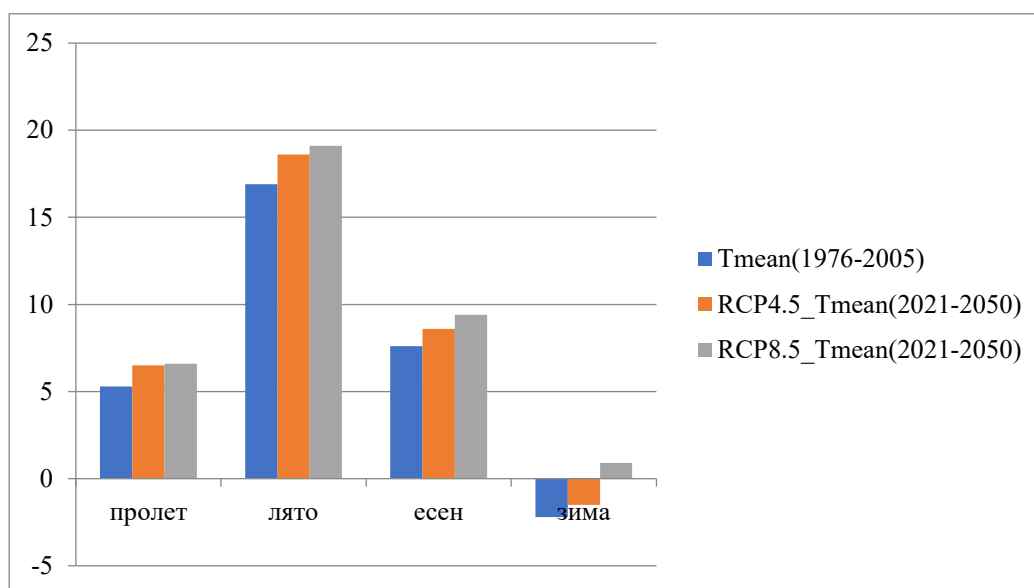
Фиг.14. Средна температура на въздуха за централната част на Люлин

За района на Люлин и в Софийската котловина по сценария **RCP4.5** на модела **ALADIN** се очаква **средногодишната температура** през бъдещия период до достигне 8,0°C, а по сценария **RCP8.5** 8,6 °C. Това означава, че по „умерения” сценарий очакваното повишение на температурата е с 1,1°C, а по „песимистичния” сценарий с 1,7°C. За района на гр. София по същите два сценария се очаква средногодишната температура се на земната повърхност да се повиши в сравнение с референтния период съответно с 1,2°C и 1,8°C.

Очакваните **средни температури по сезони** и по двата сценария също се повишават, което се вижда от таблица 6 и фиг. 15 за Софийската котловина и таблица 7 и фиг. 16 за Люлин. В зависимост от сценария очакваното повишение в Софийската котловина през пролетта е с 1,2-1,3°C, през лятото с 1,7-2,2°C, през есента с 1,0-1,8°C, а през зимата с 0,7-3,1°C. В рамките на урбанизраното пространство на Люлин, повишението на температурите се очаква да бъде: през пролетта с 1,2-1,3°C, през лятото с 1,9-2,6°C, през есента с 0,9-1,8°C, а през зимата с 0,7-1,5°C (също в зависимост от сценария). Изчислените линейни трендове на очакваните повишения на температурите и по двата сценария за Люлин имат най-високи стойности през лятото (по RCP4.5 с +0,042°C/год., а по RCP8.5 с +0,056°C/год.). Най-ниски стойности на трендовете по сценария RCP4.5 са през зимата (с +0,016°C/год.), а по сценария RCP8.5 през пролетта (с +0,029°C/год.).

Таблица 6. Очаквани промени в средните температури на земната повърхност по сезони в Софийската котловина (°C)

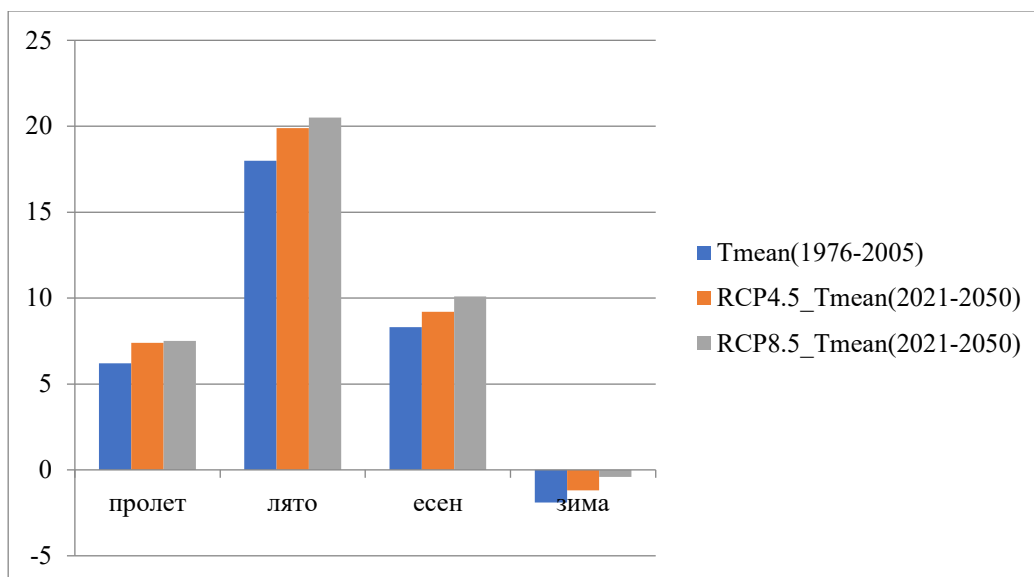
	пролет	лято	есен	зима
Tmean(1976-2005)	5,3	16,9	7,6	-2,2
RCP4.5_Tmean(2021-2050)	6,5	18,6	8,6	-1,5
RCP8.5_Tmean(2021-2050)	6,6	19,1	9,4	0,9



Фиг. 15. Очаквани промени в средните температури на земната повърхност по сезони в Софийската котловина (°C)

Таблица 7. Очаквани промени в средните температури на земната повърхност по сезони в София (°C)

	пролет	лято	есен	зима
Tmean(1976-2005)	6,2	18	8,3	-1,9
RCP4.5_Tmean(2021-2050)	7,4	19,9	9,2	-1,2
RCP8.5_Tmean(2021-2050)	7,5	20,5	10,1	-0,4



Фиг. 16. Очаквани промени в средните температури на земната повърхност по сезони в София (°C)

И по двата сценария за бъдещия период 2021-2050 г. се очаква Люлин повишение на **средните месечни стойности на температурите** (Таблица 8а и 8б). И по двата бъдещи сценария се очаква най-голямото повишение да бъде през м. август, като прави впечатление и значителното повишение с 2,3-2,4°C през м. януари.

	1976-2005	RCP4.5	RCP8.5
I	-3,0	-2,1	-0,7
II	-1,7	-1,0	-0,7
III	1,0	2,1	1,7
IV	4,9	6,2	6,5
V	10,0	11,1	11,5
VI	14,9	16,2	16,4
VII	17,9	19,4	20,0
VIII	17,8	20,3	21,0
IX	13,4	15,1	15,5
X	8,0	8,5	9,5
XI	1,6	2,1	3,2
XII	-2,1	-1,5	-1,2
Год.	6,9	8,0	8,6

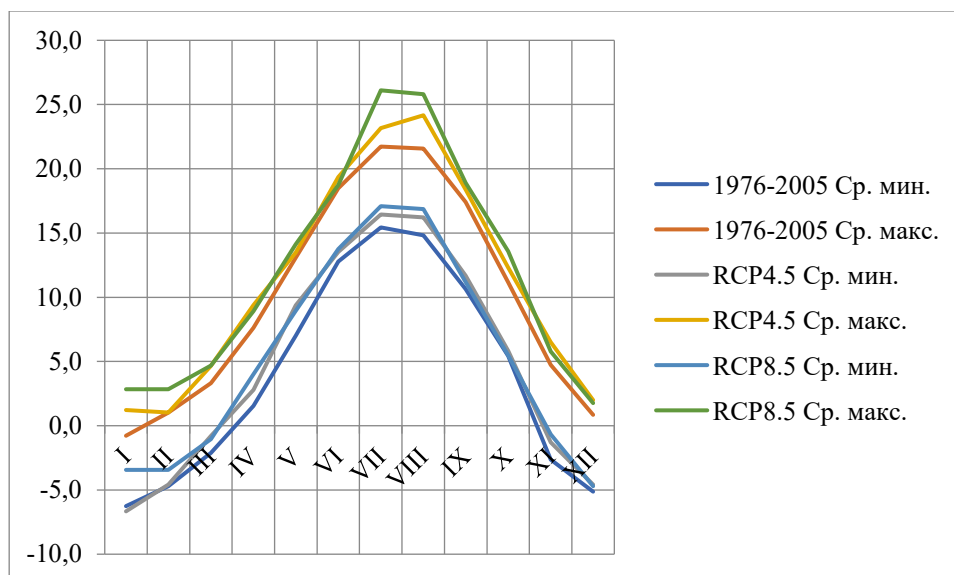
	RCP4.5	RCP8.5
I	0,9	2,3
II	0,7	1
III	1,1	0,7
IV	1,3	1,6
V	1,1	1,5
VI	1,3	1,5
VII	1,5	2,1
VIII	1,5	3,2
IX	1,7	2,1
X	0,5	1,5
XI	1,1	1,6
XII	0,6	0,9
Год.	1,1	1,7

Таблица 8а и 8б. Очаквани средни месечни стойности на температурите

На таблица 9 и фигура 17 са представени очакваните промени на **средномесечните минимални и максимални температури** на земната повърхност по двата климатични сценария. И по двата сценария очакваното повишение на максималните температури е най-голямо през летните месеци юли и август (с 4,2-4,4°C), следвано от повишение през м. януари (с 3,6-4,0°C). Както може да се очаква повишението на минималните и максималните температури е по силно изразено при сценария RCP8.5, като най-слабо то е изразено през есенните и пролетните месеци.

Таблица 9. Очаквани промени през периода 2021-2050 г. на средномесечните минимални и максимални температури (°C) на земната повърхност в Софийската котловина по климатичните сценарии RCP4.5 и RCP8.5 в сравнение с референтния период 1976-2005 г.

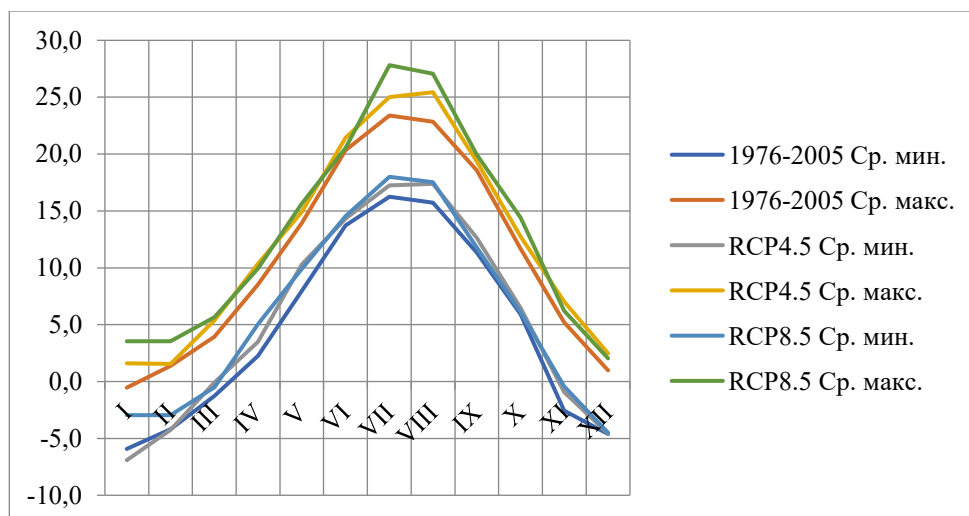
Софийска котловина	1976-2005		RCP4.5		RCP8.5	
	Ср. мин.	Ср. макс.	Ср. мин.	Ср. макс.	Ср. мин.	Ср. макс.
I	-6,3	-0,8	-6,7	1,2	-3,4	2,8
II	-4,7	1,0	-4,6	1,0	-3,4	2,8
III	-2,1	3,3	-0,8	4,7	-1,1	4,7
IV	1,6	7,6	2,8	9,4	4,0	8,9
V	7,0	13,1	9,4	13,5	8,9	14,1
VI	12,8	18,5	13,5	19,4	13,8	18,7
VII	15,4	21,7	16,4	23,2	17,1	26,1
VIII	14,8	21,6	16,2	24,2	16,9	25,8
IX	10,6	17,4	11,7	18,4	11,2	18,9
X	5,4	11,2	5,8	12,3	5,5	13,6
XI	-2,6	4,7	-1,3	6,5	-0,7	5,8
XII	-5,1	0,8	-4,6	2,0	-4,7	1,8
Год.	3,9	10,0	4,8	11,3	5,3	12,0



Фиг.17. Очаквани промени през периода 2021-2050 г. на средномесечните минимални и максимални температури (°C) на земната повърхност в Софийската котловина по климатичните сценарии RCP4.5 и RCP8.5 в сравнение с референтния период 1976-2005 г.

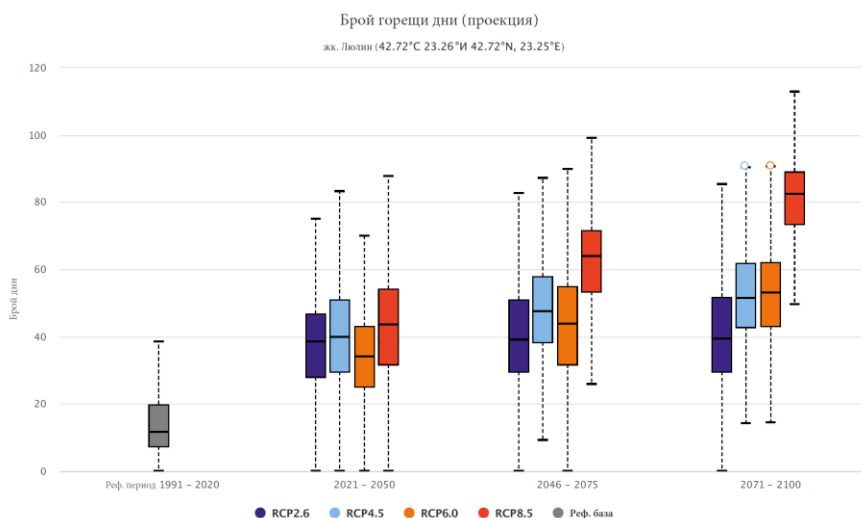
Таблица 10. Очаквани промени през периода 2021-2050 г. на средномесечните минимални и максимални температури (°C) на земната повърхност в Люлин по климатичните сценарии RCP4.5 и RCP8.5 в сравнение с референтния период 1976-2005 г.

Люлин	1976-2005		RCP4.5		RCP8.5	
	Ср. мин.	Ср. макс.	Ср. мин.	Ср. макс.	Ср. мин.	Ср. макс.
I	-5,9	-0,5	-6,9	1,6	-3,0	3,5
II	-4,18	1,38	-4,24	1,55	-2,97	3,54
III	-1,3	3,9	-0,1	5,4	-0,5	5,7
IV	2,3	8,5	3,5	10,4	5,0	9,9
V	8,0	13,9	10,3	14,9	9,9	15,7
VI	13,7	20,3	14,3	21,4	14,5	20,5
VII	16,2	23,4	17,3	25,0	18,0	27,8
VIII	15,7	22,9	17,4	25,4	17,5	27,1
IX	11,3	18,6	12,6	19,3	11,8	19,9
X	5,9	11,7	6,5	12,7	6,1	14,4
XI	-2,6	5,2	-0,9	7,0	-0,4	6,2
XII	-4,6	1,0	-4,6	2,5	-4,5	2,0
Год.	4,6	10,9	5,4	12,3	6,0	13,0



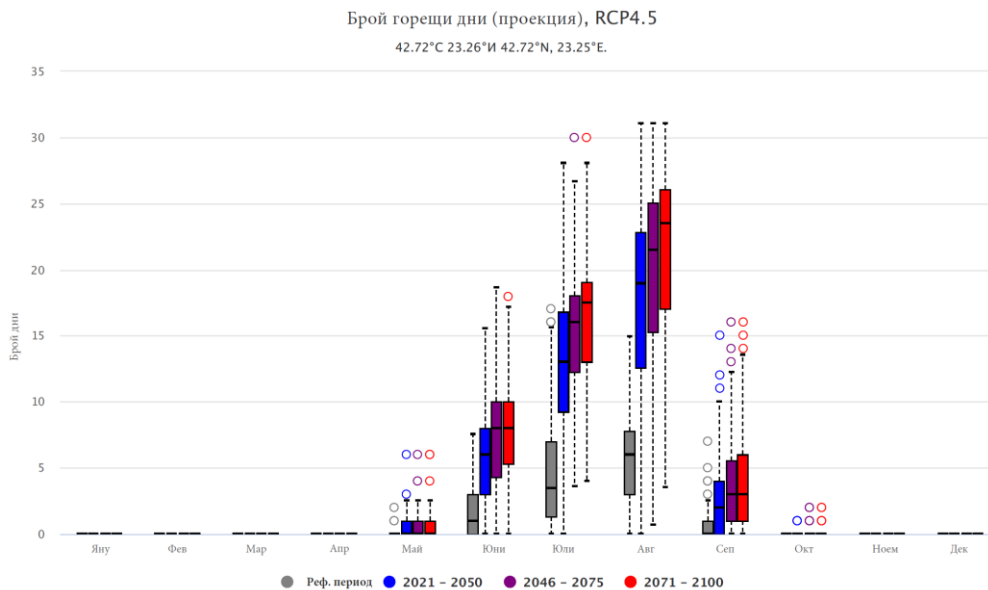
Фиг. 18. Очаквани промени през периода 2021-2050 г. на средномесечните минимални и максимални температури (°C) на земната повърхност в Люлин по климатичните сценарии RCP4.5 и RCP8.5 в сравнение с референтния период 1976-2005 г.

С оглед на тенденциите на повишаване на температурата към всички бъдещи периоди и по всички сценарии, един от най-важните показатели е броя на горещи дни, които могат да се очакват. В тази дефиниция се включват дните в които максималната температура достига 30°C. За периода 1991-1920 г. медианата на броя горещи дни е 11.5 в рамките на урбанизираното пространство на жк. Люлин, като към 2050г. се очаква тази стойност драстично да се покачи съответно на 40 по сценария **RCP4.5** и **43.5 по сценария RCP8.5**. Към 2100 се очаква тези стойности още да се повишат съответно до **51.5** и **82.5 дни**.



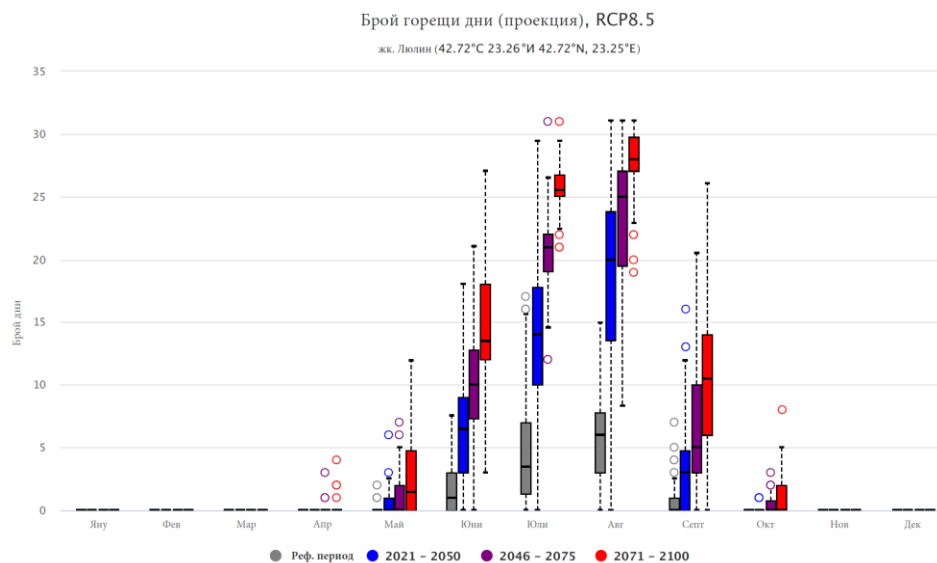
Фиг.19. Проекция на броя горещи дни по различните сценарии и бъдещи периоди

Фигурата по-долу ясно показва, че броя на горещите дни в бъдеще по сценария RCP 4.5 се очаква основно да е в периода юни, юли и август, със увеличение също така през септември и в по-малка степен през май. Това е свързано и с повишаване на риска от продължителни горещи вълни през тези месеци.



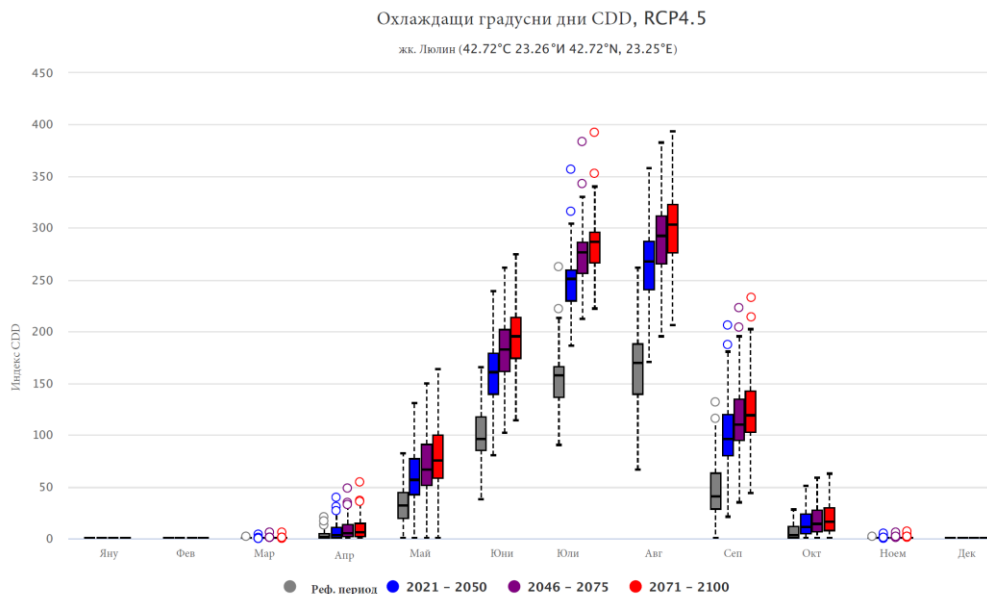
Фиг.20. Брой горещи дни по сценария РЦП 4.5 по месеци

По сценария RCP 8.5 увеличението е много по сериозно, включително през граничните месеци май и юни.



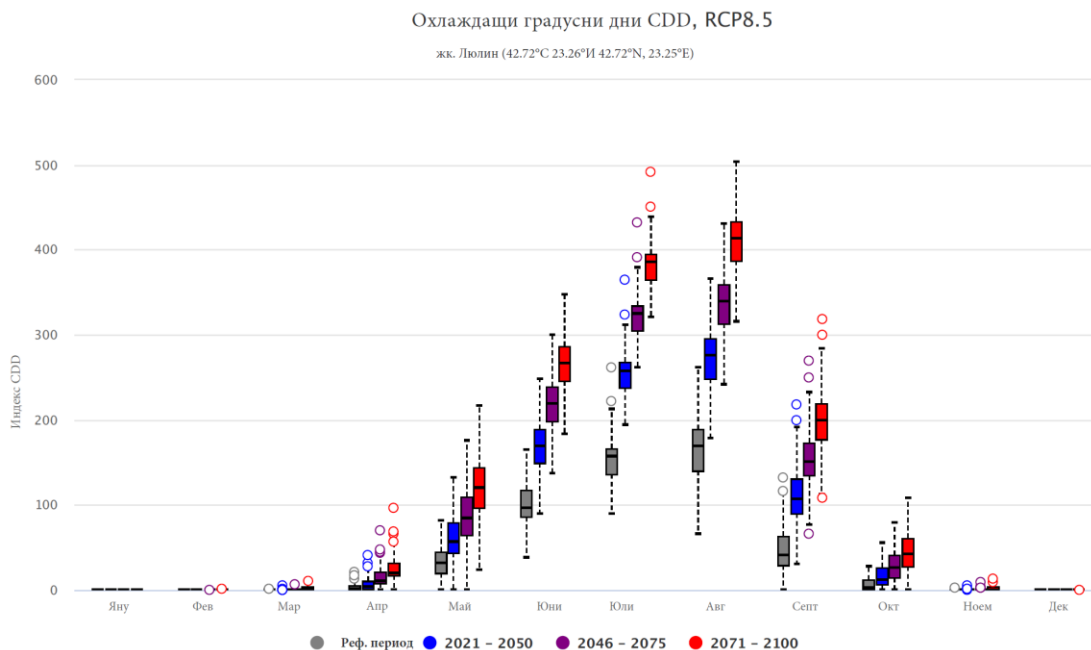
Фиг.21 Брой горещи дни по сценария RCP 8.5 по месеци

По долу е представен резултат от симулация с регионален климатичен модел на броя градусови дни на охлаждане градуисуви дни за охлаждане по RCP 4.,5. Както става видно, разходите по охлаждане значително ще се повишат към хоризонта на настоящият документ, особено в месеците юли и август



Фиг.22. Брой градусови дни на охлаждане градуисуви дни за охлаждане по RCP 4.5

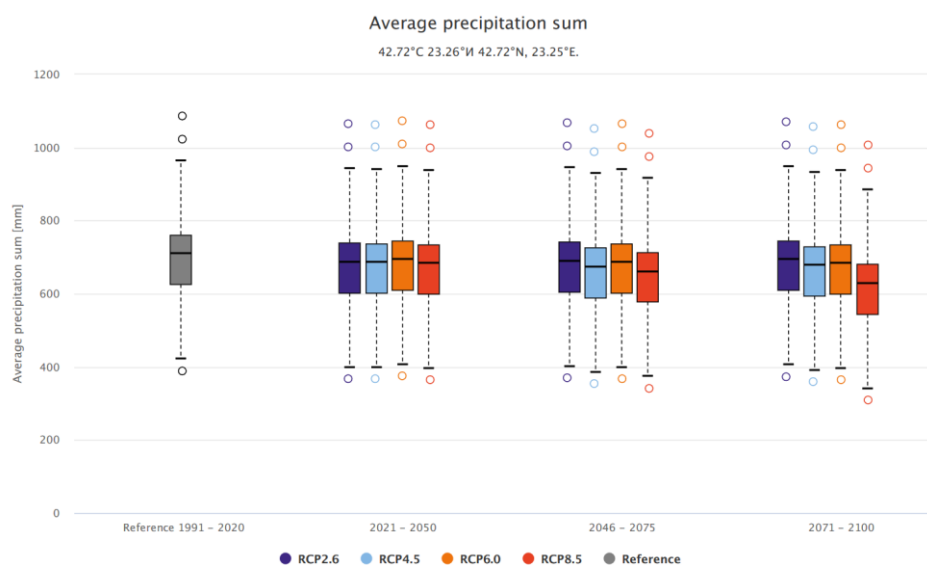
Тези тенденции се наблюдават и по сценария RCP 8.5, но в още по големи граници.



Фиг.23. Брой градусови дни на охлаждане градуисуви дни за охлаждане по RCP 8.5

Очаквани промени в количествата на валежите

За разлика от температурите валежите са климатичен елемент, силно повлиян от циркулационни и орографски фактори, поради което те имат дискретен в пространството и времето характер, както по отношение на количеството им, така и по отношение на вътрешногодишното им разпределение. Очаква се на многогодишна база среднодневните валежни количества да бъдат от порядъка на 2,1-2,7 mm/day. Съществени промени обаче настъпват по отношение на сезонното и месечното им разпределение. Като цяло се очаква валежните количества да намаляват през летните месеци и да се увеличават през пролетта и късната есен.



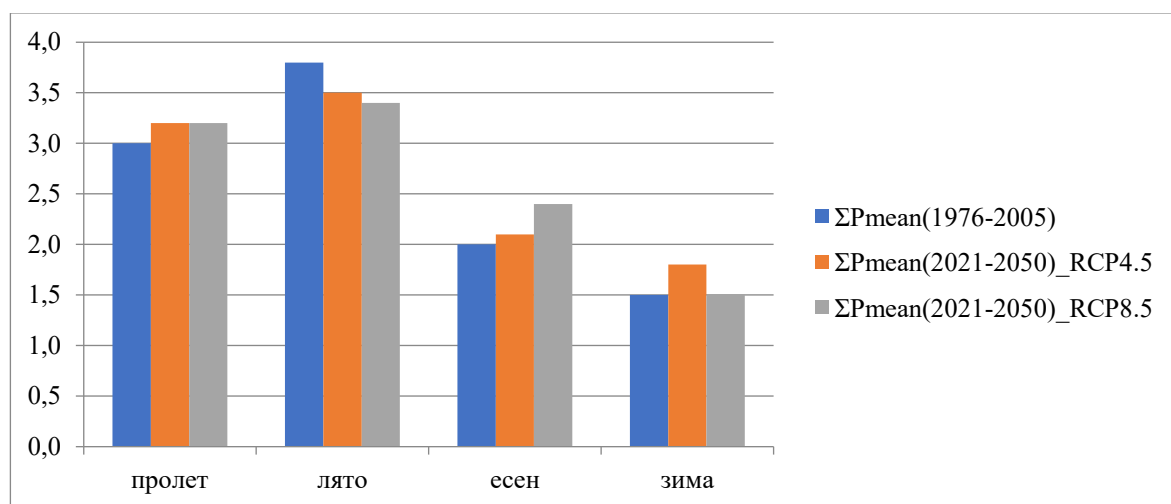
Фиг.24. Обобщена графика на средна сума на валежите по различните сценарии

Моделните резултати показват, че може да се очакват промени в **сезонното разпределение** на валежните количества и по двата сценария през бъдещия период.

За **Софийската котловина** (таблица 11 и фиг.25) се очаква увеличаване на пролетните и есенните среднодневни количества на валежите през бъдещия период. Докато през пролетта се очаква еднакво увеличение по двата сценария, то през есента увеличението по сценария RCP8.5 е значително по-голямо в сравнение със сценария RCP4.5. През зимата по сценария RCP8.5 няма разлики с контролния период, но по сценария RCP4.5 моделът генерира по-високи стойности в сравнение с контролния период. През лятото и по двата сценария се очакват по-малко валежи, като по сценария RCP8.5 намаляването е по-значително в сравнение с другия сценарий.

Таблица 11. Очаквани промени в сезонното разпределение на валежите в Софийската котловина (mm/day)

Софийска котловина	пролет	лято	есен	зима
$\Sigma P_{\text{mean}}(1976-2005)$	3,0	3,8	2,0	1,5
$\Sigma P_{\text{mean}}(2021-2050)_{\text{RCP4.5}}$	3,2	3,5	2,1	1,8
$\Sigma P_{\text{mean}}(2021-2050)_{\text{RCP8.5}}$	3,2	3,4	2,4	1,5

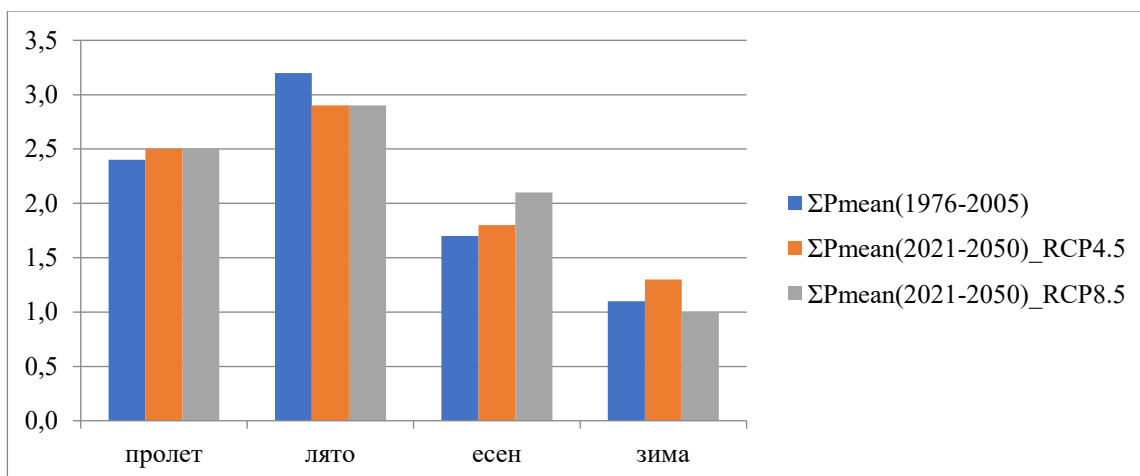


Фиг. 25. Очаквани промени в сезонното разпределение на валежите в Софийската котловина (mm/day)

За **Люлин** се очакват същите тенденции при сезонните валежи (увеличение през пролетта и есента и намаление през лятото и по двата сценария), но с тази разлика, че през зимата моделът генерира по високи стойности по сценария RCP4.5 и по-ниски стойности по сценария RCP8.5 в сравнение с контролния период (таблица 12 и фиг.26):

Таблица 12. Очаквани промени в сезонното разпределение на валежите в Люлин (mm/day)

Люлин	пролет	лято	есен	зима
$\Sigma P_{\text{mean}}(1976-2005)$	2,4	3,2	1,7	1,1
$\Sigma P_{\text{mean}}(2021-2050)_{\text{RCP4.5}}$	2,5	2,9	1,8	1,3
$\Sigma P_{\text{mean}}(2021-2050)_{\text{RCP8.5}}$	2,5	2,9	2,1	1,0



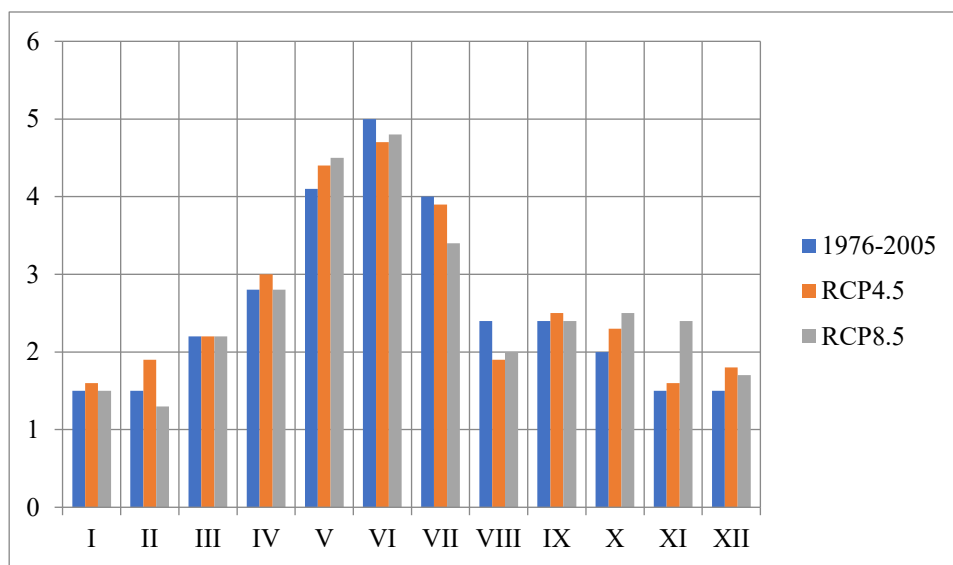
Фиг. 26. Очаквани промени в сезонното разпределение на валежите в Люлин (mm/day)

Очакваните промени във валежите личат по-добре при анализиране на средните им месечни стойности, тъй като те не са претърпели агрегация по сезони. На таблица 13 и фиг.27 е представено месечното разпределение на средните дневни валежи в **Софийската котловина**, от която личи, че валежният максимум през годината е през май-юни. И по двата сценария моделът генерира нарастване на стойностите през бъдещия период през май и намаление през юни. През август се очаква намаление на валежите и по двата сценария. Прави впечатление и увеличението на валежите през месеците октомври, декември и особено през месец ноември по сценария RCP8.5.

На таблица 14 и фиг.28 е показано процентното изменение на месечните валежи в Софийската котловина по двата сценария в сравнение с техните количества през контролния период. От фигурата се вижда, че на годишна база валежите ще се увеличат средно с 5,5% по сценария RCP4.5 и с 6,2% по сценария RCP8.5 спрямо контролния период, но през отделните месеци има както увеличение, така и намаление в зависимост от климатичния сценарий. Например, по сценария RCP4.5 февруари е месецът с най-голямото очаквано процентно увеличение (с +26,2%), докато по сценария RCP8.5 през същия месец може да се очаква намаление с -14,3%. Като цяло и по двата сценария процентното месечно намаление на валежите е най-добре изразено през месец август: с -20% по сценария RCP4.5 и с -16,2% по сценария RCP8.5. По същия сценарий се очаква най-голямото месечно процентно увеличение на валежите да бъде през ноември (с +73%).

Таблица 13. Очаквано изменение на месечното разпределение на валежите (mm/day) в Софийската котловина

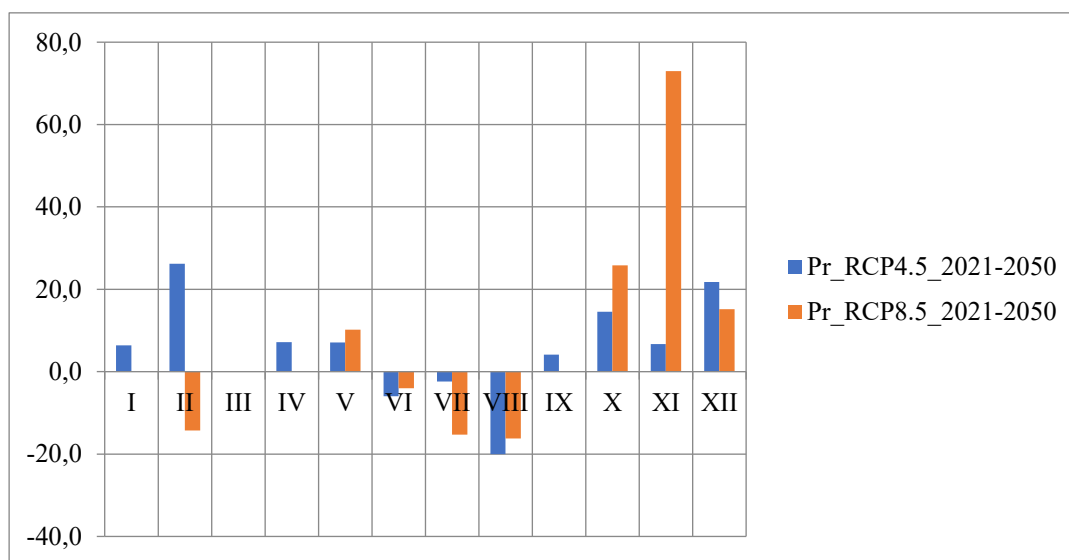
mm/day	1976-2005	RCP4.5	RCP8.5
I	1,5	1,6	1,5
II	1,5	1,9	1,3
III	2,2	2,2	2,2
IV	2,8	3,0	2,8
V	4,1	4,4	4,5
VI	5,0	4,7	4,8
VII	4,0	3,9	3,4
VIII	2,4	1,9	2,0
IX	2,4	2,5	2,4
X	2,0	2,3	2,5
XI	1,5	1,6	2,4
XII	1,5	1,8	1,7
Год. (ср.)	2,6	2,7	2,6



Фиг. 27. Очаквано изменение на месечното разпределение на валежите (mm/day) в Софийската котловина

Таблица 14. Очаквано процентно изменение в месечното разпределение на валежите в Софийската котловина през бъдещия период по двата сценария в сравнение с контролния период

%	Pr RCP4.5 2021-2050	Pr RCP8.5 2021-2050
I	6,4	0,0
II	26,2	-14,3
III	0,0	0,0
IV	7,1	0,0
V	7,1	10,2
VI	-6,0	-4,0
VII	-2,4	-15,3
VIII	-20,0	-16,2
IX	4,2	0,0
X	14,5	25,8
XI	6,7	73,0
XII	21,7	15,2
Год.	5,5	6,2



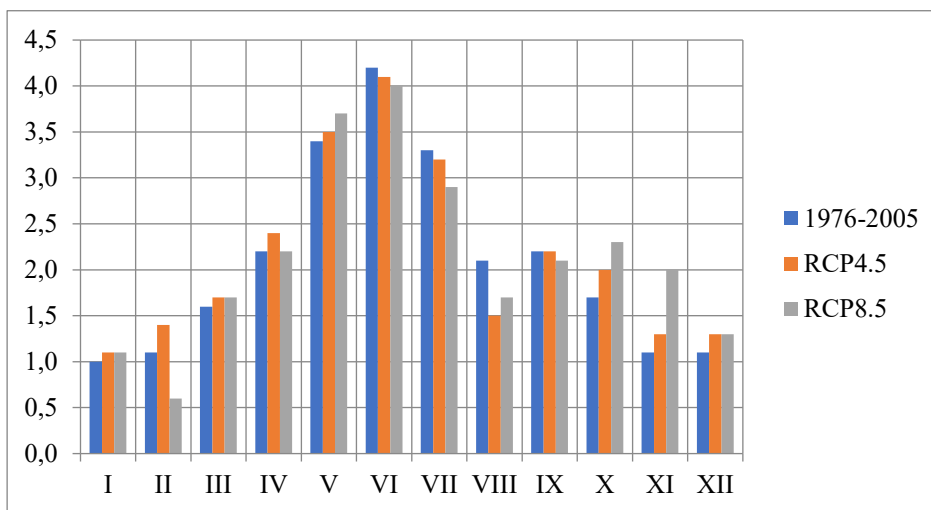
Фиг. 28. Очаквано процентно изменение в месечното разпределение на валежите в Софийската котловина през бъдещия период по двата сценария в сравнение с контролния период

На таблица 15 и фиг.29 е показано месечното разпределение на средните дневни валежи в **жк. Люлин**, от която личи, че валежният максимум през годината е по-добре изразен през юни, като през бъдещия период се очаква дневните количества на валежите да

намаляват през юни и да се увеличават през май. През август и по двата сценария валежите намаляват, а от октомври до януари, а също и през март (макар и с малко), те се увеличават в сравнение с контролния период.

Таблица 15. Очаквано изменение на месечното разпределение на валежите (mm/day) в Люлин

mm/day	1976-2005	RCP4.5	RCP8.5
I	1,0	1,1	1,1
II	1,1	1,4	0,6
III	1,6	1,7	1,7
IV	2,2	2,4	2,2
V	3,4	3,5	3,7
VI	4,2	4,1	4,0
VII	3,3	3,2	2,9
VIII	2,1	1,5	1,7
IX	2,2	2,2	2,1
X	1,7	2,0	2,3
XI	1,1	1,3	2,0
XII	1,1	1,3	1,3
Год. (ср.)	2,1	2,1	2,1



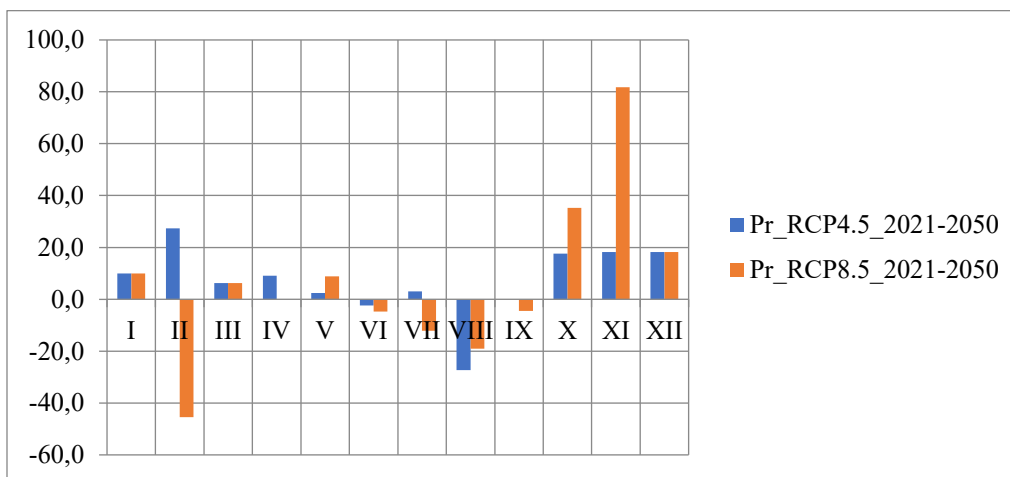
Фиг. 29. Очаквано изменение на месечното разпределение на валежите (mm/day) в Люлин

Таблица 16 и фиг.30 представят очакваното процентно изменение на месечните количества на валежите в София по двата сценария в сравнение с контролния период. Моделът генерира за февруари както увеличение, така и намаление в зависимост от

сценария (по сценария RCP4.5 очакваното увеличение е с +27,3%, а по сценария RCP8.5 очакваното намаление е с -45,5%). И по двата сценария се очаква значително процентно намаление на валежите през август, а най-голямото очаквано процентно месечно увеличение е през ноември (с +81,8%) по сценария RCP8.5.

Таблица 16. Очаквано процентно изменение в месечното разпределение на валежите в Люлин през бъдещия период по двата сценария в сравнение с контролния период

%	Pr RCP4.5 2021-2050	Pr RCP8.5 2021-2050
I	10,0	10,0
II	27,3	-45,5
III	6,3	6,3
IV	9,1	0,0
V	2,4	8,8
VI	-2,4	-4,8
VII	3,0	-12,1
VIII	-27,3	-19,1
IX	0,0	-4,5
X	17,6	35,3
XI	18,2	81,8
XII	18,2	18,2
Год.	6,9	6,2



Фиг. 30. Очаквано процентно изменение в месечното разпределение на валежите в Люлин през бъдещия период по двата сценария в сравнение с контролния период

Изчислените линейни трендове на очакваното изменение на средните месечни валежни количества за Люлин показват намаление или увеличение на стойностите за различни месеци по двата сценария (Таблица 17). От данните в таблицата се вижда, че по сценария RCP4.5 и за трите летни месеца трендовете са отрицателни, като най-силно отрицателният тренд е изразен през август (с $-0,013$ мм/ден/годишно). През извънлетните месеци трендовете са положителни с максимални стойности през февруари и октомври (с $+0,007$ мм/ден/годишно), или не е установен тренд (за септември). По сценария RCP8.5 отрицателни трендове са установени не само за летните месеци, но за месеците февруари и септември, а през останалите месеци трендовете са с положителен знак с максимални стойности през ноември (с $+0,020$ мм/ден/годишно) и октомври (с $+0,013$ мм/ден/годишно).

Таблица 17. Линейни трендове на средните месечни количества на валежите (mm/day/year) в Люлин

София	RCP4.5	RCP8.5
I	+0,002	+0,002
II	+0,007	-0,011
III	+0,002	+0,002
IV	+0,004	+0,000
V	+0,002	+0,007
VI	-0,002	-0,004
VII	-0,002	-0,009
VIII	-0,013	-0,009
IX	+0,000	-0,002
X	+0,007	+0,013
XI	+0,004	+0,020
XII	+0,004	+0,004

При статистическата обработка на данните беше изчислено и **средното стандартно отклонение** (Std_Dev) по месеци, което показва разсейването (вариацията) на валежните количества около тяхната средна месечна стойност. В таблица 18 се съдържат данни за изчислените стандартни отклонения на средните месечни количества на валежите (mm/day) за контролни период и бъдещия период по двата сценария за Софийската котловина и Люлин. От данните се вижда, че през месеците от декември до март (вкл.) разсейването на валежните количества е под 1 стандартно отклонение, а през останалите месеци е >1 стандартно отклонение, като през отделни месеци по различните сценарии то е между 1,7 и 1,9 стандартни отклонения, което е повече от средните стандартни отклонения през контролния период. Това е сигнал за по-голяма вариабилност (колебания) на валежите през бъдещия период в сравнение с контролния период.

Таблица 18. Средно стандартно отклонение по месеци на валежните количества (mm/day) за контролния и бъдещия период по двата сценария в Софийската котловина и Люлин (стойностите в таблицата с >1 Std_Dev са рамкирани и болдвани)

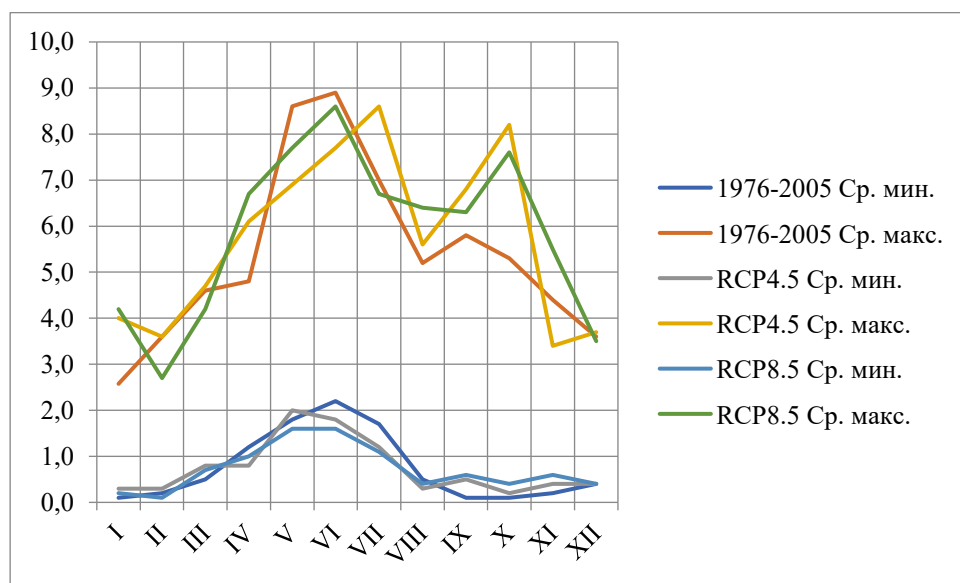
Std_Dev	Софийска котловина			Люлин		
	1976-2005	RCP4.5	RCP8.5	1976-2005	RCP4.5	RCP8.5
I	0,8	0,9	0,9	0,6	0,7	0,7
II	0,8	0,8	0,6	0,7	0,7	0,6
III	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7
IV	1,0	1,2	1,2	0,9	1,0	1,0
V	1,6	1,2	1,5	1,5	1,1	1,3
VI	1,6	1,3	1,7	1,4	1,3	1,5
VII	1,4	1,8	1,5	1,3	1,6	1,4
VIII	1,1	1,3	1,5	1,0	1,2	1,4
IX	1,5	1,4	1,4	1,5	1,3	1,3
X	1,2	1,8	1,9	1,1	1,6	1,8
XI	1,1	0,7	1,4	1,0	0,6	1,2
XII	0,8	0,9	0,8	0,7	0,8	0,7

Регионалният климатичен модел генерира и средни месечни стойности за **минималните** и **максималните валежи** (в mm/day). Техният анализ представлява интерес доколкото очертават възможния диапазон на валежните количества по месеци за даден климатичен период.

На таблица 19 и фиг.31 са показани очакваните промени на средномесечните минимални и максимални валежни количества в **Софийската котловина**. По отношение на минималните валежи може да се очаква намаление на тяхното количество и по двата сценария през месеците април, юни, юли август и увеличение през месеците януари, март, септември, октомври и ноември. През останалите месеци се наблюдава намаление или увеличение на минималните валежи в зависимост от сценария. По отношение на максималните валежи количествата им намаляват в сравнение с контролния период и по двата сценария през май и юни, а се увеличават през януари, април, август, септември и октомври, като през останалите месеци те имат по-високи или по-ниски стойности в сравнение с контролния период в зависимост от сценария.

Таблица 19. Очаквани промени през периода 2021-2050 г. на средномесечните минимални и максимални валежи в Софийската котловина по климатичните сценарии RCP4.5 и RCP8.5 спрямо референтния период 1976-2005 г. (mm/day)

Софийска котловина	1976-2005		RCP4.5		RCP8.5	
	Ср. мин.	Ср. макс.	Ср. мин.	Ср. макс.	Ср. мин.	Ср. макс.
I	0,1	2,6	0,3	4,0	0,2	4,2
II	0,2	3,6	0,3	3,6	0,1	2,7
III	0,5	4,6	0,8	4,7	0,7	4,2
IV	1,2	4,8	0,8	6,1	1,0	6,7
V	1,8	8,6	2,0	6,9	1,6	7,7
VI	2,2	8,9	1,8	7,7	1,6	8,6
VII	1,7	7,0	1,2	8,6	1,1	6,7
VIII	0,5	5,2	0,3	5,6	0,4	6,4
IX	0,1	5,8	0,5	6,8	0,6	6,3
X	0,1	5,3	0,2	8,2	0,4	7,6
XI	0,2	4,4	0,4	3,4	0,6	5,5
XII	0,4	3,6	0,4	3,7	0,4	3,5



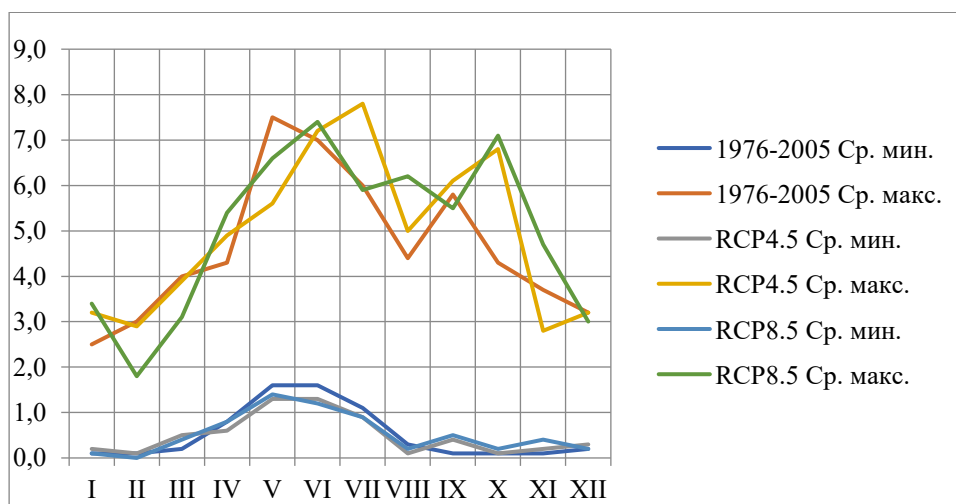
Фиг. 31 Очаквани промени през периода 2021-2050 г. на средномесечните минимални и максимални валежи в Софийската котловина по климатичните сценарии RCP4.5 и RCP8.5 спрямо референтния период 1976-2005 г. (mm/day)

За района на **Люлин** минималните валежи и по двата сценария имат по-ниски стойности в сравнение с референтния период през месеците май, юни, юли и август, а по-високи през месеците март, септември и ноември. През останалите месеци те са по-ниски

или по-високи в сравнение с референтния период в зависимост от сценария. Стойностите на максималните валежи и по двата сценария са по-ниски през февруари, март и май, а по-високи през януари, април, юни, август и октомври в сравнение с контролния период, а за останалите месеци те са по-ниски или по-високи в зависимост от сценария (таблица 20 и фиг.32).

Таблица 20. Очаквани промени през периода 2021-2050 г. на средномесечните минимални и максимални валежи в София по климатичните сценарии RCP4.5 и RCP8.5 спрямо референтния период 1976-2005 г. (mm/day)

Люлин	1976-2005		RCP4.5		RCP8.5	
	Ср. мин.	Ср. макс.	Ср. мин.	Ср. макс.	Ср. мин.	Ср. макс.
I	0,1	2,5	0,2	3,2	0,1	3,4
II	0,1	3,0	0,1	2,9	0,0	1,8
III	0,2	4,0	0,5	3,9	0,4	3,1
IV	0,8	4,3	0,6	4,9	0,8	5,4
V	1,6	7,5	1,3	5,6	1,4	6,6
VI	1,6	7,0	1,3	7,2	1,2	7,4
VII	1,1	6,0	0,9	7,8	0,9	5,9
VIII	0,3	4,4	0,1	5,0	0,2	6,2
IX	0,1	5,8	0,4	6,1	0,5	5,5
X	0,1	4,3	0,1	6,8	0,2	7,1
XI	0,1	3,7	0,2	2,8	0,4	4,7
XII	0,2	3,2	0,3	3,2	0,2	3,0

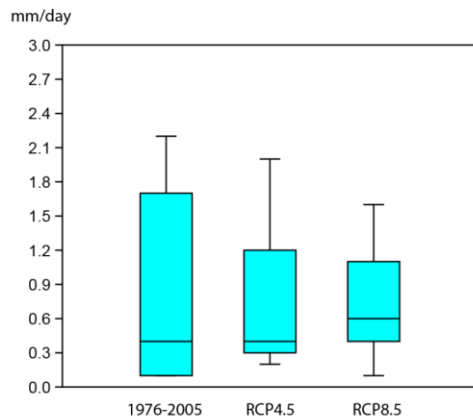


Фиг. 32. Очаквани промени през периода 2021-2050 г. на средномесечните минимални и максимални валежи в София по климатичните сценарии RCP4.5 и RCP8.5 спрямо референтния период 1976-2005 г. (mm/day)

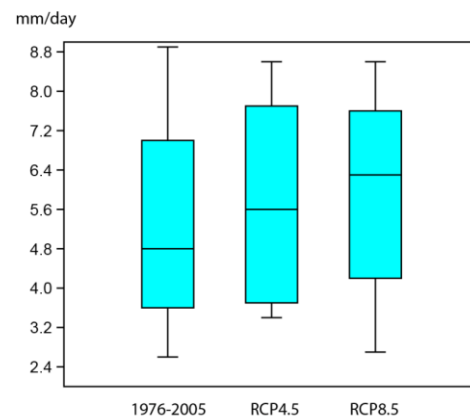
Основните статистически характеристики на минималните и максималните валежи са представени на фиг. 33 и фиг. 34.

Софийска котловина

	1976-2005		RCP4.5		RCP8.5	
	Ср. мин.	Ср. макс.	Ср. мин.	Ср. макс.	Ср. мин.	Ср. макс.
Min	0,1	2,6	0,2	3,4	0,1	2,7
Max	2,2	8,9	2,0	8,6	1,6	8,6
Median	0,5	5,0	0,5	5,9	0,6	6,4
25 prentil	0,1	3,8	0,3	3,8	0,4	4,2
75 prentil	1,6	6,7	1,1	7,5	1,1	7,4
Stand. dev	0,8	1,9	0,6	1,9	0,5	1,8
Skewness	1,0	0,7	0,3	3,8	0,8	-0,3
Kurtosis	-0,7	-0,2	1,1	7,5	-0,4	-0,9



Box-Plot диаграма (минимални валежи)



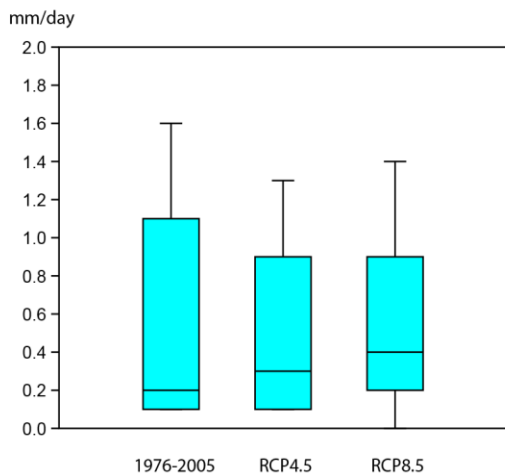
Box-Plot диаграма (максимални валежи)

Фиг. 33. Статистически характеристики и Box-Plot диаграми за минималните и максималните валежи (mm/day) в Софийската котловина за контролния и бъдещия период по двата сценария

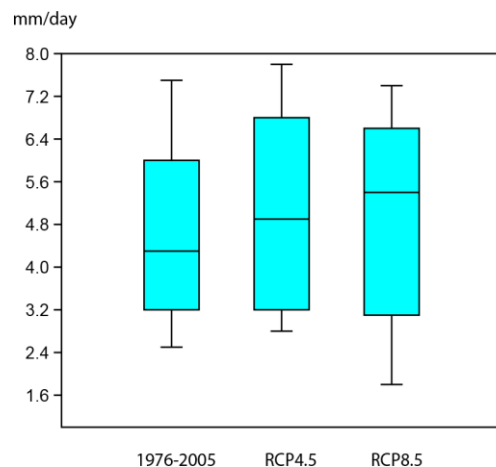
Люлин

	1976-2005		RCP4.5		RCP8.5	
	Ср. мин.	Ср. макс.	Ср. мин.	Ср. макс.	Ср. мин.	Ср. макс.
Min	0,1	2,5	0,1	2,8	0,0	1,8
Max	1,6	7,5	1,3	7,8	1,4	7,4
Median	0,2	4,3	0,4	5,0	0,4	5,5
25 prentil	0,1	3,3	0,1	3,2	0,2	3,2
75 prentil	1,0	6,0	0,8	6,6	0,9	6,5

Stand. dev	0,6	1,6	0,4	1,8	0,5	1,8
Skewness	1,2	0,6	1,0	0,2	0,9	-0,4
Kurtosis	-0,3	-0,7	-0,2	-1,4	-0,4	-1,0



Box-Plot диаграма (минимални валежи)



Box-Plot диаграма (максимални валежи)

Фиг. 34. Статистически характеристики и Box-Plot диаграми за минималните и максималните валежи (mm/day) в София за контролния и бъдещия период по двата сценария

Изчислените линейни трендове за минималните месечни валежни количества показват както увеличение, така и намаление през отделни месеци в зависимост от използвания сценарий (табл. 21). Като цяло и по двата сценария отрицателни трендове са установени по сценария RCP4.5 за месеците от април до август вкл., но на средногодишна база този тренд е слабо изразен (с $-0,001$ мм/ден/годишно). За останалите месеци трендът е положителен с изключение на февруари и октомври, за които тренд не е установен. По сценария RCP8.5 също не е установен тренд на минималните количества на месечните валежи за януари, април и декември. По този сценарий най-значими са положителните и отрицателните стойности на тренда съответно през септември и юни. По отношение на максималните месечни количества на валежите и по двата сценария са установени позначими тенденции към увеличение и по двата сценария (на средногодишна база с $+0,007$ или с $+0,008$ мм/ден/годишно, съответно по „умерения“ и по „песимистичния“ сценарий). По сценария RCP4.5 положителни трендове са установени за месеците януари, април и от юни до октомври вкл., а за останалите месеци са установени отрицателни трендове или не е установен тренд (за декември). По сценария RCP8.5 положителни стойности на тренда са

установени за януари, април, юни, август, октомври и ноември, а за останалите месеци стойностите на тренда са отрицателни.

Табл. 21. Линејни трендове на средните месечни минимални и максимални количества на валежите по двата сценария (мм/ден/годишно)

Люлин	Ср. мес. мин. валежи		Ср. мес. макс. валежи	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
I	+0,002	0,000	+0,016	+0,020
II	0,000	-0,002	-0,002	-0,027
III	+0,007	+0,004	-0,002	-0,020
IV	-0,004	0,000	+0,013	+0,024
V	-0,007	-0,004	-0,042	-0,020
VI	-0,007	-0,009	+0,004	+0,009
VII	-0,004	-0,004	+0,040	-0,002
VIII	-0,004	-0,002	+0,013	+0,040
IX	+0,007	+0,009	+0,007	-0,007
X	0,000	+0,002	+0,056	+0,062
XI	+0,002	+0,007	-0,020	+0,022
XII	+0,002	0,000	0,000	-0,004

Интегрирана оценка на очакваните климатични промени в рамките на територията на ж.к. Люлин и свързаните с тях рискове към 2050г.

Оценката на риска в изледваната територия е извършен на основата на интегриран геопространствен анализ, който включва определяне на основните заплахи по отношение на вероятността за проява на определни явления и специфични климатични характеристики в рамките на изледваната територия, в съчетание с нейните конкретни географски особености, определни на основата на подробният цифров геопространствен двойник, създаден за целите на настоящият проект.

Основните изводи, свързани с очакваните климатични промени могат да бъдат обобщени по следният начин:

- Анализът на резултатите от симулациите с регионалния климатичен модел ALADIN5.2 по двата сценария (RCP4.5 и RCP8.5) за бъдещия период 2021-2050 г. показва, че може да се очаква повишение на температурите на земната повърхност през всички месеци и сезони на годината в рамките на урбанизираното пространство на жк. Люлин.
- Най-високи са стойностите на очакваното повишение на температурите през летните месеци, като се очаква до 2050г. да се увеличат температурните контрасти през

годината, което се потвърждава от данните, характеризращи вътрешногодишната вариационност на температурните стойности и от изчислените средногодишни температурни амплитуди, които нарастват през бъдещия времеви период.

- Данните от симулациите показват, че в бъдещият период сериозно ще нарастне продължителността на горещите периоди- почти двойно към 2050г. Това от своя страна е свързано със засиляване на ефекта на ГТО и изисква конкретни мерки, свързани с адаптацията към това явление;
- Последиците от очакваното повишение на температурите може да имат разнопосочен характер. В периода от юни до август вкл. повишението на температурите в съчетание с намаляващото количество на валежите през същите месеци вероятно ще предизвика по-продължителна и по-силно изразена суха фаза в сравнение с историческия период.
- Повишените летни температури вероятно ще пренасочат разпределението на влагата в сухи режими, като по този начин ще увеличат стреса на растенията и потенциално биха могли да намалят създаваната от тях биомаса.
- От друга страна, увеличаването на валежите от октомври до декември вкл. може да създаде предпоставки за преовлажняване поради намаляващите през студеното полугодие стойности на евапотранспирацията в условията на относително ниски температури, въпреки общия им тренд към повишение. Това означава, че през зимата може да се очаква намаляване на дела на водния еквивалент на снеговалежите (в сравнение с течните валежи) и по-бързо оттичане на валежни води към водните тела поради наситеността на почвите с влага от очакваното нарастване на количеството на валежите от октомври до декември. Като цяло това е сигнал, че може да се очаква увеличение на високите води през студеното полугодие, като трябва да се има предвид и очакваното нарастване на валежите през май.
- От друга страна, очакваното повишение на температурите през всички месеци на годината вероятно ще удължи продължителността на вегетационния период. Общият ефект от това може да бъде един „по-зелен град”, но трябва да се вземат предвид и по-големите потребности от вода за напояване през летните месеци в конкуренция с потребностите от вода за други сектори (бит, индустрия, енергетика и пр.). Вероятно това ще изисква и по-големи резервирани водни обеми и по-гъвкавото им управление.
- За изследваната територия моделните резултати предвиждат увеличаване на валежите и по двата сценария. За бъдещия период може да се очаква неоглямо увеличение на средните годишни валежи (от порядъка на няколко процента), но във вътрешногодишното им разпределение се установяват различни тенденции към увеличение или намаление през отделни месеци в зависимост от използвания сценарий.
- Много е вероятно част от тези промени да бъдат в рамките на естествената променливост на вътрешногодишното разпределение на валежните количества, но

останалата част ще се дължи на очакваните изменения на климата по съответния сценарий. Моделните резултати и по двата сценария показват, че през летните месеци има устойчива тенденция към намаляване на средните месечни количества на валежите. Констатациите в доклада се потвърждават и от статистическите анализи, които показват, че вероятно режимът на валежите през годината ще бъде по-екстремален, вкл. с по-изявени сухи периоди, редуващи се с периоди с по-голяма интензивност на валежите.

- Възможно е промените в типа на валежите (повече дъжд отколкото сняг) и намаляването на задържането на водата в снежната покривка да увеличи вероятността за по-чести наводнения през зимата. Допълнително основание за това предположение е очакваното увеличение на валежите през късната есен, които ще насищат почвите с влага за следващите месеци.
- Възможно е в рамките на изследваната територия да се увеличат пиковите наводнения в урбанизираните територии поради увеличаване на обхвата на водонепроницаемите повърхности и по-голямата вариабилност на валежите. С оглед на това трябва да се усъвършенства системата от мерки, насочени към намаляване на бързото оттичане на водата чрез подобряване на ефективността на дренажните системи, осигуряващи изкуственото проникване на оттичащата се вода, и/или увеличаване на площта на пропускливите настилки в урбанизираните територии.

Сложността на процесите в климатичната система, за която са характерни множество прави и обратни връзки, прави трудно точното количествено дефиниране на очакваните климатични промени към определени бъдещи времеви хоризонти. Освен естествената вариабилност на климатичните процеси, трябва да се имат предвид и заложената несигурност в използваните сценарии и несигурността на резултатите от симулациите при климатичното моделиране за очакваните промени. С по-голяма степен на доверие могат да се уловят сигнали за промените в температурата и с умерена степен на доверие сигнали за промените на валежите.

Самата оценка на риска е разгледана във формата на интегрирана матрица, като в допълнение значимите като честота и проявление рискове са и пространствено адресирани.

Таблица 22. Оценка на риска

	Физически обекти	Инфраструктура	Публични пространства	Околна среда	Икономически активности	Човешко здраве	Качество на живот
Степен на риск							
Без съществен риск							
Нисък риск (незначителни въздействия, малко засегнати обекти)	Очаква се да няма съществени въздействия върху сградният фонд (отделни сгради) и другите обекти на физическата среда	Очаква се да няма съществени въздействия върху инфраструктурните системи и инфраструктурното осигуряване	Очаква се да няма съществени въздействия върху публичните пространства и техните части	Очаква се да няма съществени въздействия върху компонентите на околната среда	Очаква се да няма съществени въздействия върху икономическата активност и доходите на домакинствата	Очаква се да няма съществени въздействия върху човешкото здраве	Очаква се да не засяга съществено качеството на живот
Среден риск (незначителни въздействия, много засегнати)	Очаква се да има ограничено въздействие върху много на брой сгради и другите обекти на физическата градска среда	Очаква се да има ограничено въздействие върху много на брой обекти, налице са ограничени прекъсвания инфраструктурното осигуряване	Очаква се да има известно въздействие върху някои публични пространства	Очаква се да има известно въздействие върху някои от основните компоненти на околната среда в района	Очаква се да има определени ограничени въздействия върху икономическата активност и доходите на домакинствата	Очаква се да има определени ограничени въздействия върху човешкото здраве	Очаква се да има определени ограничени негативни въздействия върху качеството на живот
Висок риск (сериозни въздействия, много засегнати)	Предполага сериозно въздействие върху много на брой сгради и другите обекти на физическата градска среда	Очаква се да има сериозно въздействие върху много на брой обекти, налице са ограничени прекъсвания инфраструктурното осигуряване	Очаква се да има съществено негативно въздействие върху по-голямата част от публичните пространства, като влоши техните характеристики	Очаква се да има сериозно въздействие върху по-голямата част от основните компоненти на околната среда в района	Предполага сериозно отрицателно въздействие върху повече икономически дейности и да засегне доходите и разходите на домакинствата	Очаква се да засегне здравият статус на големи групи от местното население	Сериозно ще се отрази негативно върху качеството на живот
Екстремн риск (екстремни въздействия, целият комплекс е засегнат)	Цялостно сериозно негативно въздействие върху повечето сгради и обекти в района	Много сериозно ще се отрази върху функционирането всички основни инфраструктурни системи, сериозни прекъсвания в тяхното функциониране	Много сериозно ще засегне всички публични пространства в района	Сериозно ще влоши параметрите на околната среда в района	Застрашава икономика на района, силно негативно въздействие върху доходите/разходите на домакинствата	Застрашава здравият статус на много големи групи от местното население	Драстично влошаване на качеството на живот на местните общности

За да се осигури сравнимост и еднозначност на анализите и интерпертациите на риска, а също така за да се улеснят заинтересованите страни и общинската администрация при дефинирането и предлагането на конкретни мерки, територията на района е разделена на правилна гريد мрежа с размер на клетката 50м, към които са отнасяни всички данни, характеризиращи магнитуда/интензивността на съответното рисково явление и/или факторите, които го обуславят.

С цел да се засили обективността на аналитичният протокол за оценка на риска, отделните стойности, характеризиращи съответните рискови явления в рамките на отделните части на изследваната територия, са стандартизирани чрез приложена z-трансформация в съответствие със следната формула

$$z = (X - \mu) / \sigma$$

където X е средната стойност на една тестова клетка, μ е средната стойност на всички тестовани клетки, а σ е стандартното отклонение на средната стойност на всички клетки.

На тази база, чрез използване на дефинираните в матрицата степени са определени 4 основни категории рискови територии:

- **Нисък риск** със стойности на клетката на $z < -1$
- **Среден риск**- със стойности на клетката на z от -1 до 1
- **Висок**- със стойности от 1 до 2

- Екстремни- със стойности от 2 до 3

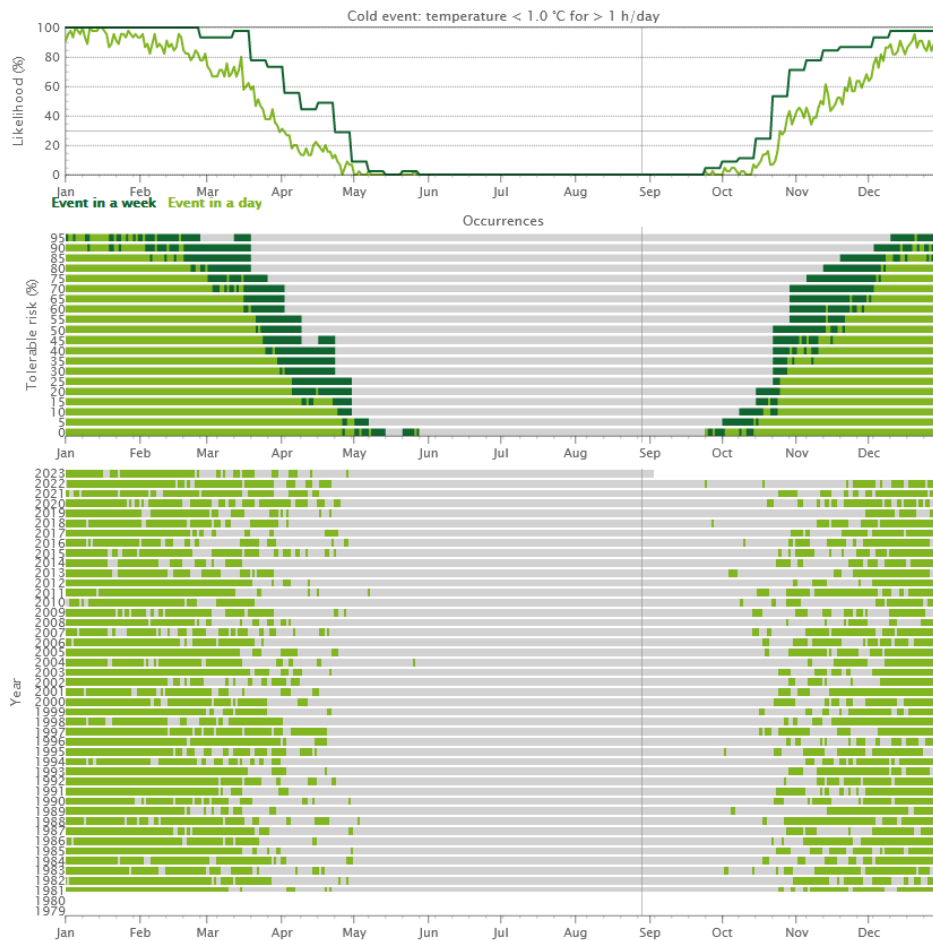
Установените сигнали и по двата климатични сценария показват като цяло тенденция към по-топъл и по-влажен климат през бъдещия период 2021-2050 г. Очаква се летата да стават по-горещи и по-сухи, а късната есен и зимата – по-топли и по-влажни. В рамките на тези условия са възможни и крайни явления като застудявания през зимата и горещи вълни през лятото, засушавания, поройни извалявания и други опасни явления, които са характерни и за настоящия климат. Поради това смекчаването на последиците от тях и адаптацията към измененията на климата трябва да бъдат сред главните приоритети.

По конкретно, на база данните от използваният регионален климатичен модел, както и тяхната интерпретация в контекста на географската структура, морфометричните и геосистемните характеристики на отделните части на територията на жк Люлин показват по-вероятната проява на следните климатични рискове:

1.1.Екстремни застудявания

Риска от подобни явления винаги е съществувал в тази част от страната, като ефекта се засилва от обстоятелството, че урбанизираната територия на София е разположена в рамките на Софийската котловина, което от своя страна предполага формирането на инвестиционна обстановка в рамките студения месеци. Както става видно от оценъчната диаграма за оценка на риска от студения явления. Такива най-често могат да се случат зимните месеци, но също така единични явления могат да се очакват в ранна пролет и късна есен (фиг.35).

Параметрите на тези явления рядко могат да доведат до много сериозни проблеми, особено в контекста на намаляващата честота на подобни явления през последните 15 години, когато по-чести са аномалиите, свързани с високи температури. Освен това изследваната територия е със сравнително стабилна системна за централно отопление, а и същата се намира в непосредствена близост с една от основните централи. Сградният фонд и инфраструктурната осигуреност са амортизирани, но в много по-малка степен същите са уязвими от такъв тип събития. В тази връзка, в настоящият план са предвиждат само общи мерки, без специфична териториална конкретика в това отношение;

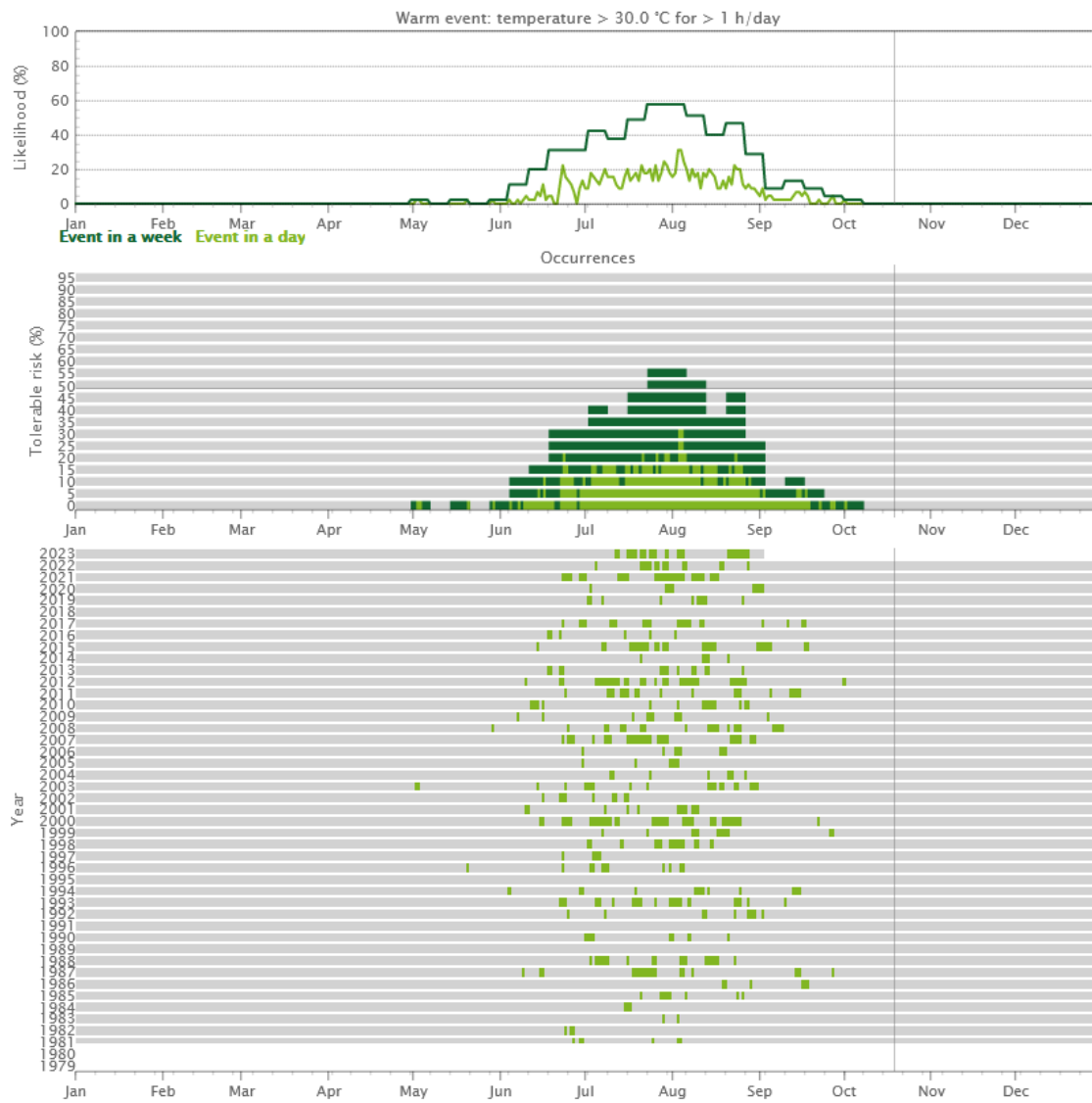


Фиг. 35. Оценка на риска за проява на студени явления в рамките на жск. Люлин

1.2. Ефект на топлинните вълни и Градският топлинен остров (ГТО)

С оглед сигналите от климатичното моделиране, в рамките на изследваната територия, топлинните вълни и ГТО са едни от явленията, които ще са с най-голяма честота на проявление, което от своя страна пряко ще засегне условията на живот в района и функционирането на инфраструктурните системи.

Оценъчната диаграма по-долу показва, че честотата на тези явления е основно концентрирана в месеците юли и август, но с тенденция към разширяване в посока юни и септември.



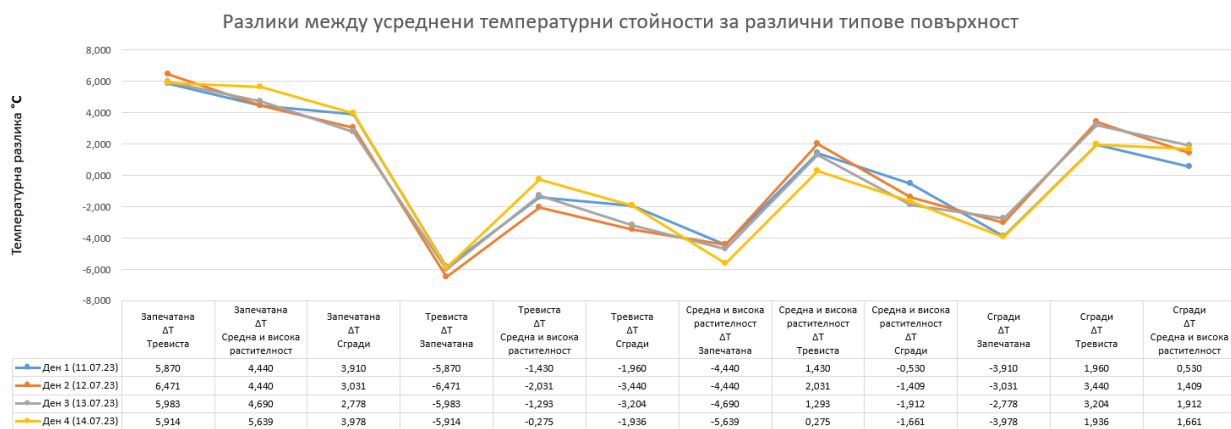
Фиг.36. Оценка на риска за проява на горещи вълни в рамките на жск. Люлин

Отчитайки потенциалното влияние на това явление, в рамките на аналитичният етап от изготвянето на настоящият документ беше извършено задълбочено теренно изследване чрез способа на термалната фотограметрия в периода 16-26.07.2023г. в условията на продължителна топлинна вълна с цел да се установи как урбанизираното пространство на реагира на това явление. В последствие данните бяха интегрирани в дигиталният геопрострaнствен двойник и бяха анализирани и интерпретирани заедно с геометричните и геосистемни характеристики на територията.



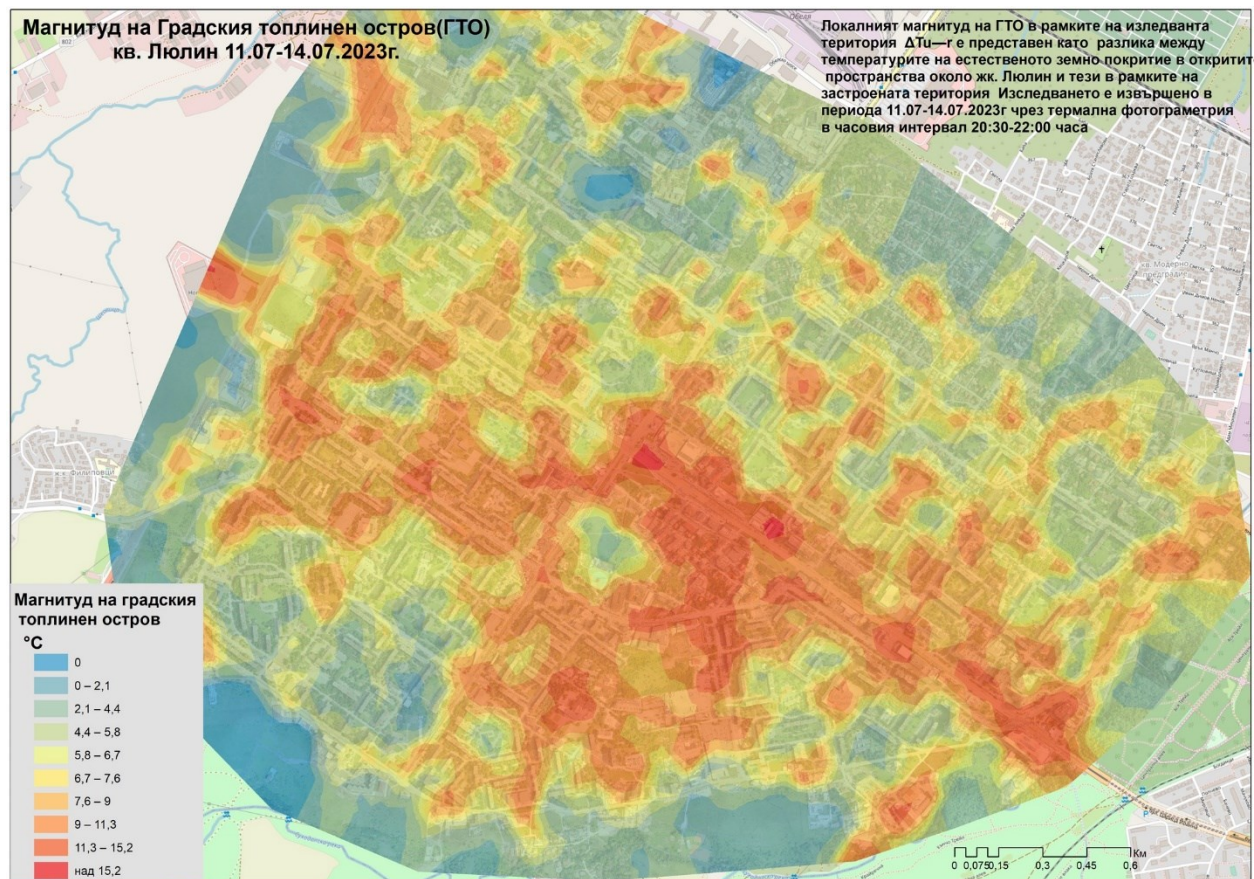
Фиг.37. Температура на повърхността в жк. Люлин

Данните в последствие са обработени и са извлечени термални характеристики за всички основни видове земно покритие, като са определени разликите между тях:



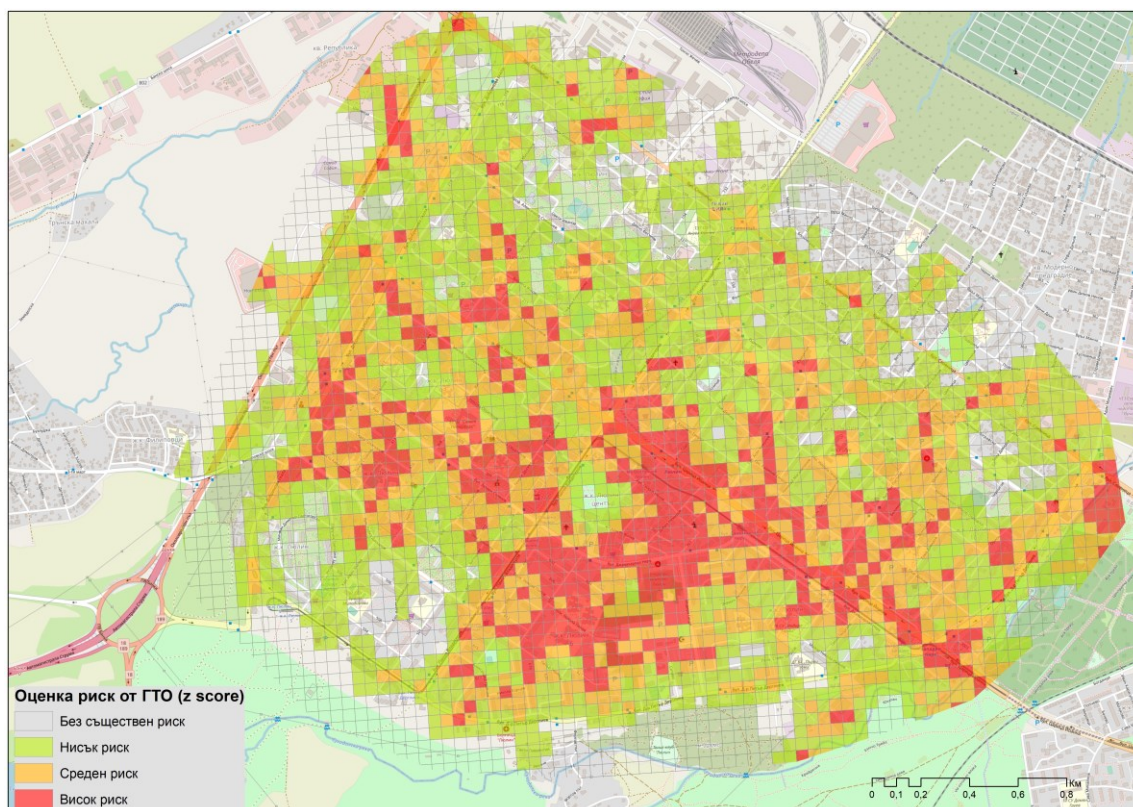
Фиг.38. Разлики между усреднени температурни стойности за различните типове повърхности

На тази основа е създаден пространствен оценъчен модел на локалният интензитет на ГТО в рамките на жк Люлин, който има следният вид:



Фиг.39. Магнитуд на ГТО на жк. Люлин, 11-14.07.2023

От този модел ясно се вижда концентрация на зони с висок интензитет в рамките на централната част и по протежение на основните булеварди в района, където има значителна концентрация на запечатани изкуствени повърхности. С оглед данните от симулациите за бъдещият период, с висока степен на вероятност, тази тенденция ще се задълбочи, като продължителността и честотата на горещите събития вероятно съществено ще се увеличи. На тази основа този риск е оценен като значителен, с определящо значение за бъдещото развитие на региона. В тази връзка е изготвен оценъчен модел, който е използван за определяне на локации за интервенции, като същият има следният следният най-общ вид:



Фиг.40. Оценка на риска от ГТО за жк. Люлин

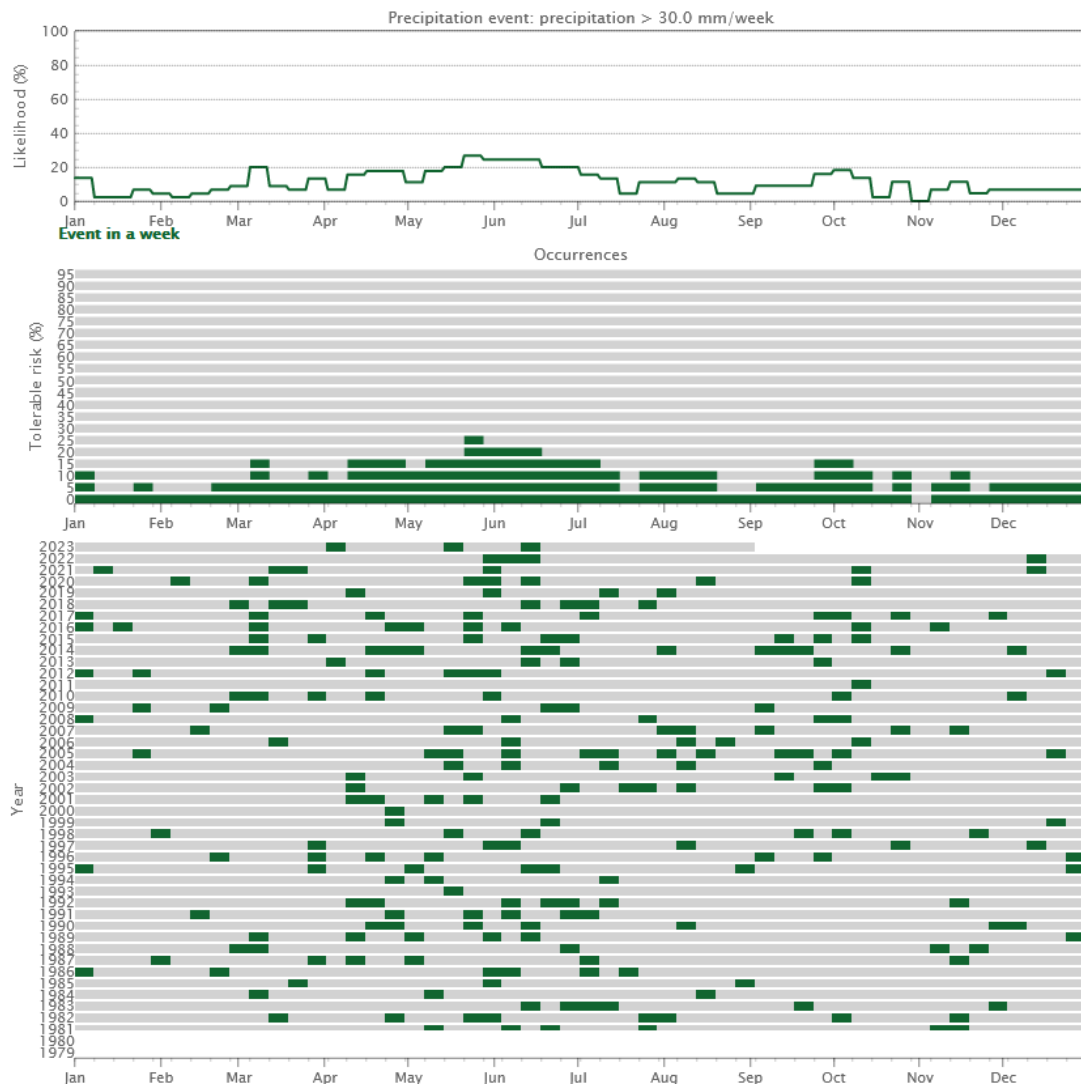
1.3.Риск от валежни събития

Данните в исторически план през последните 15 години, както и стимулационните данни от регионалният климатичен модел Aladin към 2050г. по двата избрани сценария показват, че вероятно ще има увеличение при проявата на интензивни валежи (с всичките условности и несигурност с оглед сложният характер на това явление).

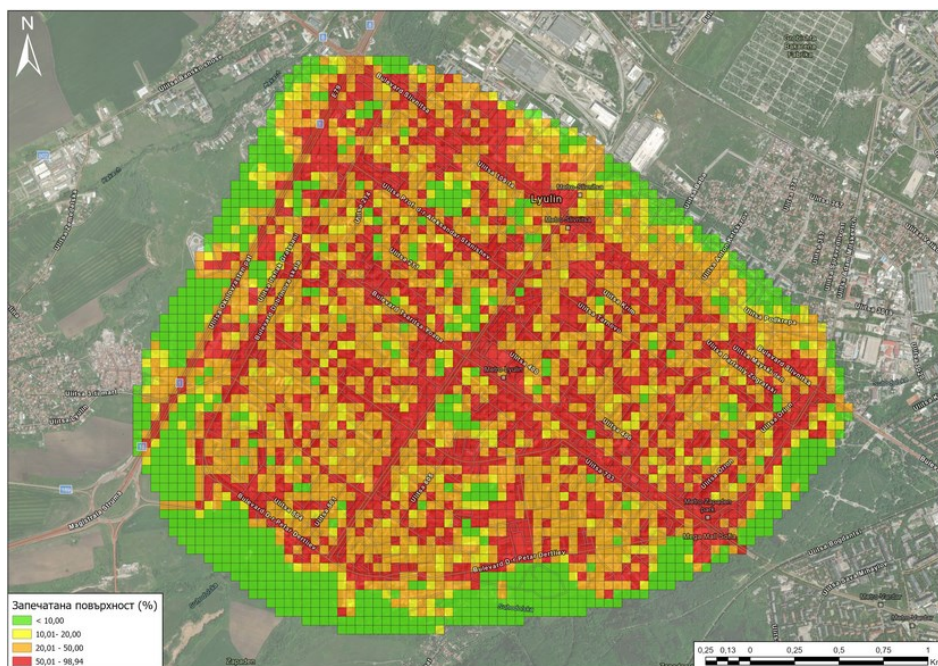
Данните в диаграмата на риска (фиг.41) показват, че вероятността от такива явления има основно в топлото полугодие, в периода юни-септември.

В случая с жк Люлин, очевидно проблемите са свързани преди всичко с обстоятелството, че комплексът представлява компактно урбанизирана територия с висок дял на запечатаните територии, като изследванията показват, че има пряка зависимост между дела на запечатаните територии и формирането на повърхностен отток.¹³ Това означава, че при определени стечения събития, включително интензивни валежни събития, риска от формиране на наводнения от флеш характер е възможен и може да бъде оценен като значителен за немалка част от територията на района. Както става видно от картосхемата по-долу, са налице значителни части от района, които са със запечатан характер и разпространението им е повсеместно.

¹³ Rezaei, A.R., et al., 2019. Investigating the effective factors influencing surface runoff generation in urban catchments -A review. *Desalination and Water Treatment*, 164, 276–292. doi:10.5004/dwt.2019.24359

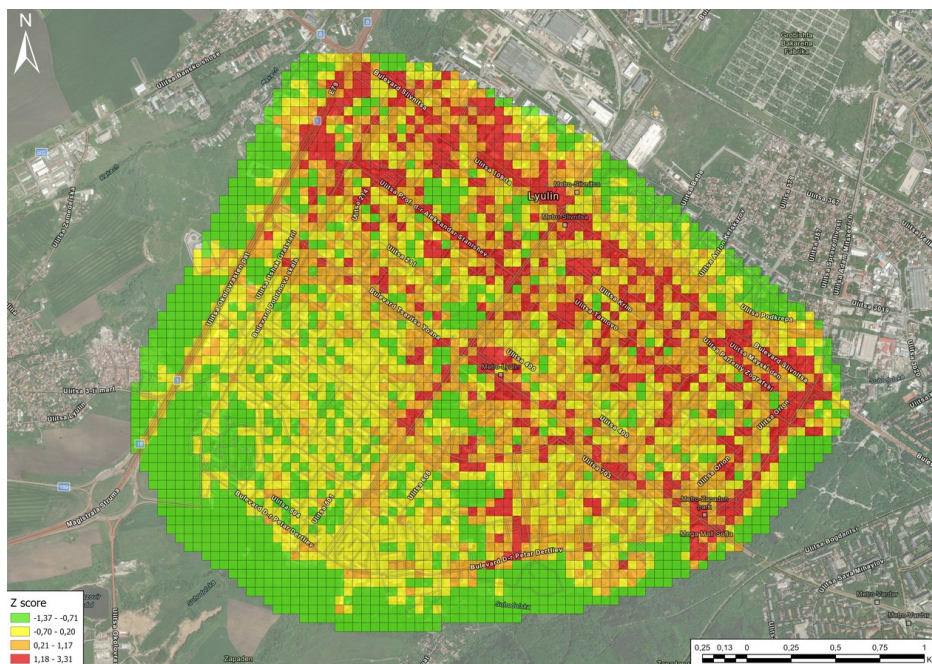


Фиг.41. Оценка на риска за проява на интензивни валежи в рамките на жск. Люлин



Фиг.42. Дял на запечатаните територии

За да бъде оценен риска по адекватен начин и правилно да бъдат насочени мерките в рамките на територията, обект на настоящото изследване, модела на запечатаните територии е допълнително претеглен на база надморската височина, с цел определянето на съвпаденията между територии с висок процент запечатаност и ниски части, които обективно имат суловия за акумулиране на водни количества, застрашавайки инфраструктурата и населението в района.



Фиг.43. Оценка на риска от дъждовни наводнения

1.4. Риск от речни наводнения

Риска от речни наводнения в рамките на изследваната територия може да се очаква в рамките на заливните зони на реките Какач и Суходолска, които са определени за райони със значим потенциален риск от наводнение. Втората има по значим характер за територията на комплекса, като в обхвата на максималната заливна вълна с повтаряемост 1000 години попадат урбанизирани територии на границата със Западен парк и местност Смърдана, които са определени със средно висок риск от настъпване на такова явление.

Може да се очаква, че в бъдещите периоди този риск и общата уязвимост ще се засили, но без да се засягат същинските жилищни части на комплекса.



Фиг.44. Територии в риск от флувиално наводнение

1.5. Риск от засушаване

Рискът от засушаване е пряко обвързан с присъщите за континентални климатични условия режими на температурите през топлото полугодие (тук изразени в условията на относително високото и орографски затворено котловинно поле на Софийската котловина). В градската среда на София и в частност, на жк-Люлин, ефектът на засушаването допълнително се подсилва от топлинните вълни и проявата на ГТО. Фиг.45 отразява съдържанието на почвена влага в обхвата на анализирания територия, която е високо информативен индикатор за ефекта на засушаване. Ясно се проследява намаляването на водното съдържание в почвата през летния период и задържането на този дефицит през

есента и дори през зимния период. Тези обстоятелства могат още да се анализират като комбиниран ефект на воден стрес за урбанизираната екосистема.

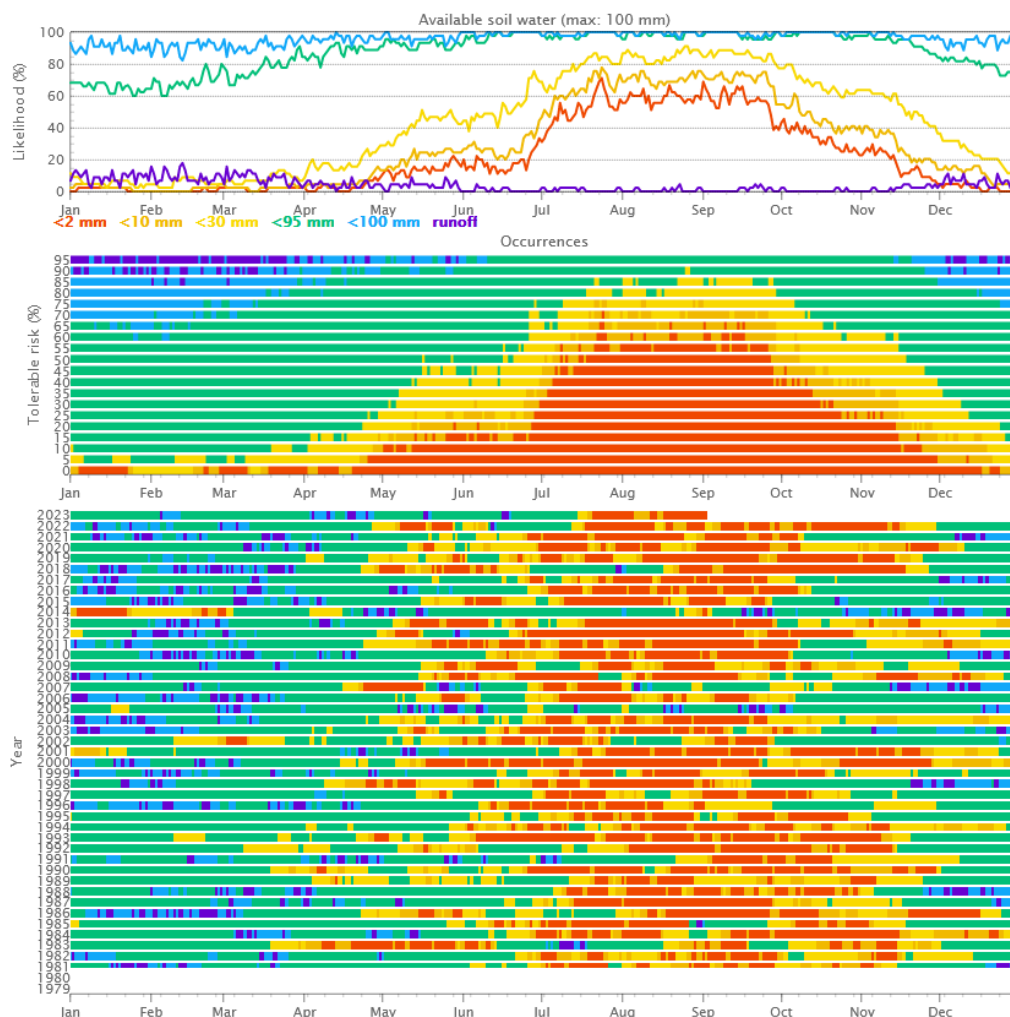
Засушаването на почвата е значителен риск в градска среда и може да има различни неблагоприятни последици както за околната среда, така и за човешката дейност. Пряко е влиянието върху градската растителност - засушаването на почвата може да доведе до стрес или дори до загиване на дървета, храсти и друга растителност, включително декоративни растения. Това води до загуба на екосистемни услуги, сред които особено необходимите: охлаждане, пречистване на въздуха и подобряване на приземната въздушна циркулация. Условията на засушаване могат да повлияят на качеството на въздуха чрез увеличаване на запрашаването във въздуха и да породят здравословни проблеми, особено при уязвимите групи от населението.

Изсъхналата почва и намалената растителност допринасят за ефекта на градския топлинен остров. Това може да доведе до дискомфорт за жителите, повишено потребление на енергия за охлаждане и рискове за здравето по време на горещи вълни. Увеличава се и риска от пожари, особено в градската периферия и при изоставени терени. Засушаването на почвата може да повлияе на нивата на подпочвените води, намалявайки наличието на подземни води за стопанско ползване и основни градски нужди. Тя е по-податлива на ерозия, слягане и при обстоятелства на силни валежи, деградиационните процеси в почвената структура могат да застрашат и устойчивостта на градската инфраструктура – щети по пътища, сгради и др.

1.6. Риск от силни ветрове и пориви

Този риск е пряко произведен на особеностите на циркулацията на въздушните маси над територията на страната ни и тяхното модифициране от топографската повърхност. В условията на Софийската котловина и на град София, наред с обичайните обстоятелства на пренос на въздушни маси от запад-северозапад, често обуславящи бърза промяна на времето и вятър, силни пориви на вятъра могат да се породят от проявата на фьоновия ефект, под прякото модифициращо влияние на южната планинска „ограда“. В същото време, върху приземната ветрова циркулация пряко влияе и градската морфология, с характерното разположение на сградите, и общата конфигурация на застрояването по отношение на доминиращия за географските условия атмосферен пренос. Фиг. 48 демонстрира най-висока вероятност (над 50%) от проява на силни пориви на вятъра (по-големи от 50 км/ч) през пролетта. Вероятността от подобни събития се запазва устойчиво през зимното полугодие, където за територията на жк. Люлин тази вероятност е близо 40%.

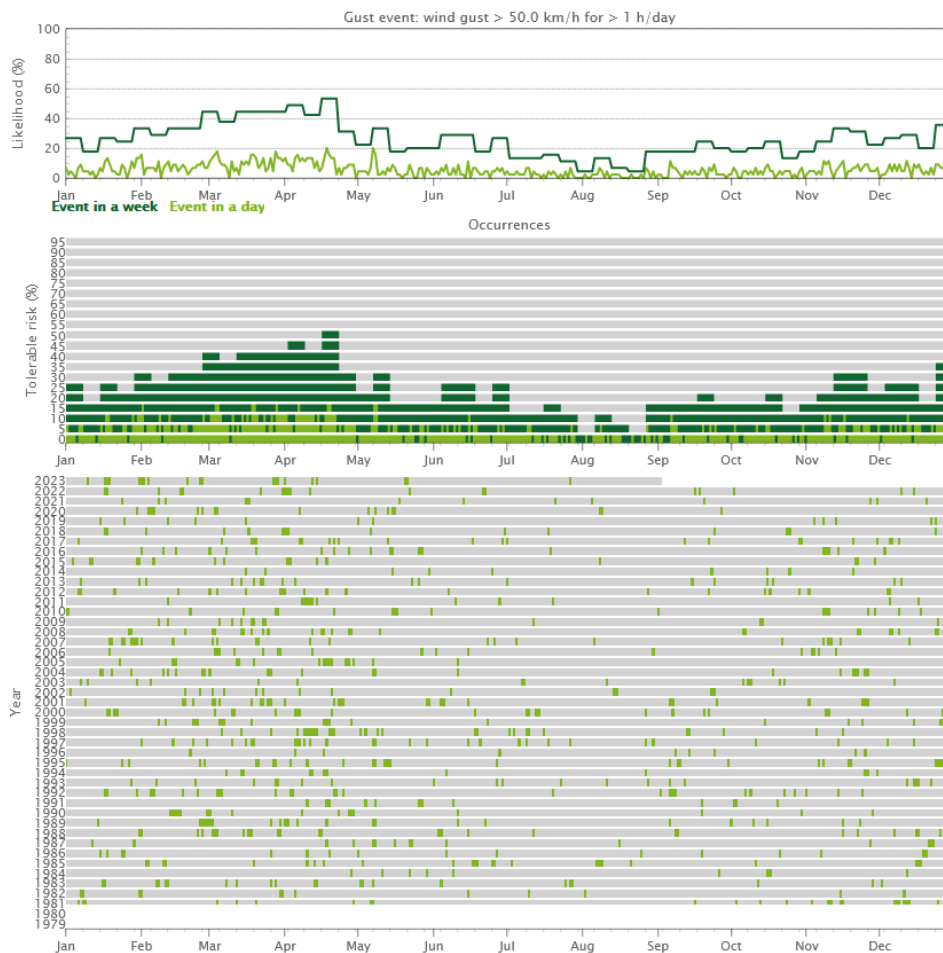
Диференцираното нагряване на земната повърхност в градски условия, предмет на анализите тук, вкл. при проява на ГТО, създава непосредствени условия за локални промени в устойчивостта на приземната атмосфера и възможно усиляване на поривите на вятъра.



Фиг.45. Оценка на риска за проява на засушаване в района на жк. Люлин

Силните пориви на вятъра носят висок риск за безопасността на градските жители (падащи отломки или материали, пренасяни от вятъра), запрашаване на атмосферата и понижена видимост (вкл. смущения в движението на транспортни средства), материални щети на сгради и градска инфраструктура (вкл. прекъсвания на електрозахранването), което се отразява на предоставянето на основни градски услуги: комуникация, публичен транспорт и достъп до медицинско обслужване.

Ефективното градско планиране, проектирането на сгради, системите за ранно предупреждение и готовността за реагиране при извънредни ситуации са от съществено значение за смекчаване на тези рискове и повишаване на устойчивостта на жк. Люлин към екстремни ветрови явления.



Фиг.46. Оценка на риска за проява на силен вятър и пориви в жк. Люлин

Стратегическа рамка за климатична адаптация и смекчаване на ефекта на климатичните промени

Климатичните рискове засягат пряко местното население (жизнеспособност, здраве, работоспособност), публичните и частните активи (здравни заведения, училища, домове, предприятия), инфраструктурата и услугите (енергия, снабдяване с храна) на жк. „Люлин“.

За да отговори на тези предизвикателства и рискове, местната общност има нужда от холистична, но териториално и проблемно-фокусирана стратегия и план за ефективно адаптиране към изменението на климата, променящата се география и смекчаване на негативните последици от тях.

Специфичното при климатичната адаптация на урбанизираните територии е свързано и с това, че това е продължителен и, в много голяма степен, интегрален процес,

при който еднократни действия или такива с изолиран и/или кампаниен характер са практически безполезни. За да се прилага ефективно, тази адаптация има нужда от редица предпоставки, които да осигурят възможностите за прилагането на адаптационните механизми и мерки в рамките на целевата територия. Най-съществената такава е свързана с капацитета на местната общност като цяло (а не само на администрацията). Изграждането на този капацитет изисква най-вече създаване на възможности за ефективно информиране, обучение и образование на всички заинтересовани страни, които само по този начин ще продължат да се учат, да си сътрудничат, да променят начина си на живот и работа, да въвеждат иновации и да реализират всичко това в продължение на десетки години. Защото адаптацията е бавен процес, базиран на практически знания и дългосрочна мотивация, която да е налице в голяма част от местната общност.

Климатичната адаптация, освен че е дългосрочен процес, също така е и система от продължителни усилия с висока цена. Нейното ефективно прилагане е свързано със значителни инвестиции, насочени към развитието и трансформирането на създадената природно-социална геосистема, за която е характерна изключително висока степен на инерционност във времето. Нейните компоненти са създавани за продължителен период от време, формирана е конкретна географска среда и се обслужва от изградени и териториално-фокусирани инфраструктурни системи, чиито капацитет е планиран и създаван на база конкретни параметри, свързани с компонентите на средата, броя и пространственото разпределение на населението и развитието на бизнеса.

В тази връзка настоящият план за локална адаптация на жк. „Люлин“ е дългосрочна стратегическа концепция, която има за цел да подпомогне местната общност на най-големия жилищен комплекс в София, за да се справи със специфичните предизвикателства на средата, възникващи от задълбочаващите се климатични промени. Хората, местната власт и местният бизнес приемат тази дългосрочна стратегическа концепция и се ангажират с нейното прилагане, развитие и усъвършенстване, което ще позволи районът да се развива

в и природосъобразен модел, на чиято основа ще се подобрява качеството на живот в рамките на комплекса.

Визия:

„Местната общност и районът на жк „Люлин“ са сигурна, интегрирана, просперираща и природо-съобразно развиваща се териториална система, която поддържа и се ангажира с трансформационните процеси и дългосрочната активна адаптация на района към изменението на климата и променящата се местна география, както и към ограничаване и смекчаване на неблагоприятните въздействия от тези процеси“.

Локалният план за адаптация е организиран около следните водещи **ПРИНЦИПИ**:

- **ШИРОКОМАЩАБНОСТ И ВСЕОБХВАТНОСТ:** Трансформацията на урбанизираното географско пространство на жк. Люлин за целите на неговата ефективна и проактивна адаптация е амбициозно намерение, което включва не само директни интервенции в структурата и характера на формираните геосистеми в целевата територия, но и в промяна на моделите, около които е организиран животът на местната общност, управленските процеси и функционирането на местната икономика;
- **АДАПТАЦИЯ И УСТОЙЧИВОСТ:** Усилията са насочени към създаването на адаптивен и устойчив жилищен район, който може да се развива успешно в бъдещите географски условия, обезпечавайки качествени екосистемни услуги за местната общност;
- **ОТВОРЕН И ВКЛЮЧВАЩ ХАРАКТЕР НА ПРОЦЕСИТЕ ПО ПЛАНИРАНЕ И ПРИЛАГАНЕ НА КЛИМАТИЧНАТА АДАПТАЦИЯ:** Процедурите и действията на климатична адаптация следва да се планират и осъществяват в условията на отворен и включващ процес, който обхваща администрацията, заинтересованите страни и цялата местна общност. Липсата на ангажираност от тяхна страна може доведе до частично или цялостно компрометиране на усилията за ефективна и проактивна климатична адаптация;
- **ИНТЕГРИРАН ХАРАКТЕР НА ИНТЕРВЕНЦИИТЕ:** Териториалната система на комплекса предполага интегрирани териториални интервенции, които

следва да се прилагат в условията на познаване на местната география и отчитане на особеностите на формираната пространствена конфигурация и протичащите в рамките на района географски обусловени процеси;

- **ДЕЙСТВИЯ, БАЗИРАНИ НА ДОКАЗАТЕЛСТВА И ИЗПОЛЗВАЕМА НАУКА:** Всички планирани и прилагани действия следва да са доказателствено базирани и съобразени с местната специфика;
- **ИНФОРМИРАНост НА ВСИЧКИ НИВА И ЗА ВСИЧКИ ЗАИНТЕРЕСОВАНИ СТРАНИ:** Спазването на този принцип се изразява както в осигуряването на адекватна информационна основа за подпомагане на вземането на решения, така и ефективно осигуряване на информация за всички заинтересовани страни на възможно най-ранен етап от планирането на климатичната адаптация.

На основата на тези принципи, както и на база особеностите на формирания местен климат, очакваните климатични промени и тяхното отражение в средносрочен план върху териториалната система на жк. Люлин, са определени основните стратегически цели на настоящия локален план за климатична адаптация, чиито хоризонт е 2050 г:

СТРАТЕГИЧЕСКИ ЦЕЛИ

СТРАТЕГИЧЕСКА ЦЕЛ 1. ЗЕМЕПОЛЗВАНЕ И ПЛАНИРАНЕ, СЪОБРАЗЕНИ С КЛИМАТА: Разработване на политики за градоустройствено планиране и земеползване, които отчитат въздействието на изменението на климата, насърчават смесеното използване на земята и дават приоритет на компактните жилищни квартали. Използване на данни за климата и научни изследвания за информиране на процесите на вземане на решения, наблюдение на напредъка и коригиране на стратегиите за адаптация, ако е необходимо.

СТРАТЕГИЧЕСКА ЦЕЛ 2. УСТОЙЧИВА ИНФРАСТРУКТУРА И ИЗГРАДЕНА СРЕДА: Разработване и поддържане на градска инфраструктура и сгради, които са устойчиви на въздействието на изменението на климата, включително на екстремни горещини, наводнения и опасни метеорологични явления. Насърчаване на енергийно ефективни строителни практики.

СТРАТЕГИЧЕСКА ЦЕЛ 3. ПОДОБРЕНА ЗЕЛЕНА ИНФРАСТРУКТУРА: Насърчаване на интегрирането на природни елементи в оптимизирана зелена инфраструктура за смекчаване на климатичните въздействия и подобряване на цялостната жизненост на района.

СТРАТЕГИЧЕСКА ЦЕЛ 4. ПОДОБРЕНО ОБЩЕСТВЕНО ЗДРАВЕ И БЕЗОПАСНОСТ. ГОТОВНОСТ ЗА БЕДСТВИЯ И РЕАГИРАНЕ ПРИ ИЗВЪНРЕДНИ СИТУАЦИИ: Подобряване на общественото здраве и безопасност в жилищния район чрез преодоляване на свързаните с климата рискове за здравето и безопасността по време на екстремни събития. Укрепване на готовността за бедствия, системите за ранно предупреждение и възможностите за реагиране при извънредни ситуации с цел защита на жителите по време на екстремни метеорологични явления и други бедствия, свързани с климата.

СТРАТЕГИЧЕСКА ЦЕЛ 5. ИНФОРМАЦИЯ, ОБРАЗОВАНИЕ И АНГАЖИРАНОСТ НА ОБЩНОСТТА: Повишаване на осведомеността и предоставяне на информация и образование за рисковете от изменението на климата, стратегиите за адаптация и възможностите за жителите на общността. Насърчаване на ангажираността на общността и осигуряване на справедлив достъп до ресурси и възможности за адаптиране към климата, особено за уязвимите групи от населението. Насърчаване на сътрудничеството между институции, общности, бизнес и организации с нестопанска цел за прилагане на цялостна стратегия за адаптиране към климата и споделяне на ресурси.

Така определените цели са амбициозни, като отразяват не само желанието за предприемане на конкретни мерки за климатична адаптация на целевата територия, но също така е налице визията те да допринесат за справянето с климатичните предизвикателства на регионално и глобално ниво, включително по отношение ограничаването на емисиите от парникови газове. По същия начин при изграждането на устойчивост местните заинтересовани страни и местната власт трябва да са адекватно информирани относно заплахите и рисковете от климатичните промени на глобално, регионално и местно ниво, включително да се има предвид, че това може да доведе до съществена промяна в местния климат и неговите установени характеристики. Тези заплахи и рискове може да са значителни, включително надхвърлящи допусканията в настоящия документ, което означава, че адаптационният процес трябва да е гъвкав и да отразява научнообосновано промените в климатичната система.

ПРИОРИТЕТИ:

Приоритет 1: Инфраструктура, устойчива на климатичните промени, обезпечаваща устойчивото развитие на района

Приоритет 2: Сгради и пространства, гарантиращи качество на живот в условията на дълбока географска трансформация на комплекса

Приоритет 3: Здрави и жизнени природни зони, зелени пространства и зелена инфраструктура, благоприятстващи качеството на живот на жителите на района

Приоритет 4: Свързани и подготвени местни общности, администрация и бизнес

СЪГЛАСУВАНОСТ:

Локалният план за климатична адаптация на жк. Люлин е неформален документ, който няма специфична нормативна основа. Същият представлява система от дефинирани цели, мерки и специфични действия, които прилагани в комплекс, могат да спомогнат за ефективната и проактивна климатична адаптация на района, не самостоятелно, а в рамките на геосистемата на град София. За да се случи това, документът следва да бъде интегриран във всички основни документи, които са пряко свързани с планирането и управлението на Столична община, включително:

- Общ устройствен план на СО
- План за интегрирано развитие на СО
- Подробни устройствени планове на СО
- Всички планови и стратегически документи, свързани с управлението на околната среда и нейните компоненти

7. Мерки по направления

Тази част от документа е с най-голямо значение за ефективната адаптация на територията на района към очакваните климатични промени и идентифицираните рискове, които предполагат висока степен на уязвимост на местната общност, бизнес, градска среда и околна среда.

Мерките са основният структурен елемент на настоящия локален план за климатична адаптация, като за да се постигнат определените амбициозни цели, те трябва да обхванат всички основни сектори на градското развитие и да включват действия в различни мащаби и с различен териториален фокус. Освен за справяне с изменението на климата, мерките и действията в областта на климатичната адаптация могат да бъдат от значение и да имат принос за много други приоритети на градското развитие. Включването на ключови заинтересовани страни на ранен етап в определянето на синергиите и съпътстващите ползи ще помогне за разработването на мерки, които ще максимизират ползите за местната общност, като същевременно отразяват принципите на справедливост и солидарност, които са от основно значение за успеха на настоящия документ.

Отчитайки специфичният характер на процесите по климатична адаптация на целевата територия, обект на настоящия локален план, усилията и мерките в голяма степен са базирани на комплексни природо-съобразни решения, които са с различен мащаб,

териториален фокус и период на осъществяване и време, в което те ще се отразят върху характера и динамиката на местния климат и неговите характеристики. На тази основа, в плана са определени две специфични групи мерки и интервенции:

А. КОМПЛЕКСНИ ПРИРОДНО-БАЗИРАНИ РЕШЕНИЯ С БЪРЗ ХАРАКТЕР/ВРЕМЕНЕН ЕФЕКТ

Климатът е статистическа величина, която отразява в дългосрочен план комплексните типични/характерни особености на времето в рамките на целевата територия. Тези характеристики се отнасят до дългосрочното „поведение“ на климатичните елементи, което от своя страна на местно ниво може да бъде повлияно по различен начин от планираните интервенции, но като цяло са необходими дългосрочни и мащабни интервенции, особено като се имат предвид силно инерционните процеси на развитие на урбанизираните територии, които са с установена и стабилизирана географска, морфологична и функционална структура.

Тъй като обаче заплахите и рисковете от задълбочаващите се климатични промени са в ход и вече се отразяват върху качеството на живот на местната общност и функционирането на инфраструктурните системи в рамките на района, за целите на плана са предвидени и предложени комплексни природно-базирани решения, които биха имали бърз, но временен ефект върху определени части от целевата територия. Те са съобразени в голяма степен със спецификата и особеностите на местната география на района, както и с констатираните значими климатични заплахи и рискове.

По конкретно, за целите на краткосрочната климатична адаптация, планът предвижда система от 4 такива групи дейности (Фиг.47):



Фиг. 47. Комплексни природно-базирани решения спрямо идентифицираните заплахи, бързи мерки с временен ефект

• **Създаване на система от „джобни“ паркови пространства.** Джобните паркове са ценен компонент на градското планиране и могат значително да допринесат за качеството на живот в гъсто населените градски райони, като предоставят на жителите достъп до зелени площи, отдых и социално взаимодействие в непосредствена близост до тях. Това са малки и невинаги целево структурирани публични зелени пространства, които могат да усвояват неизползвани или нарушени пространства като ги превърнат в привлекателни обществени активи. Чрез джобните паркове могат да се преобразят част от стари нарушени запечатани пространства, които пряко влияят върху ефекта на ГТО (и свързаното с него качество на въздуха), който се очертава като едно от основните климатични предизвикателства на местната общност – производно на характера на изграждане на урбанизираната територия на комплекса. По този начин са „решени“ редица междублокови пространства. Трансформацията на тези пространства, с оглед на големия им обхват и повсеместно разпределение, е от ключово значение за ефективната и проактивна климатична адаптация на целевата територия. Подходът на „джобните“ паркове е приложим като временна мярка за повечето от тези пространства, но за големите следва по-скоро да се разглежда като временна мярка за постигане на бърз ефект.



Фиг.48. Запечатани нарушени пространства които могат да бъдат разгледани в детайл в създадения цифров модел

(<https://cloud.pix4d.com/dataset/1583392/map?shareToken=b13fb7c7-053e-4b54-b9e0-88825ab05114>)

Джобните паркове могат да се поддържат и управляват от обществени групи, организации с нестопанска цел или местни стопански субекти, като жителите често играят активна роля в поддръжката им. Това са гъвкави структури, чийто дизайн отговаря на уникалните характеристики на градския контекст. Поради малкия си размер, джобните паркове често са по-рентабилни за създаване и поддържане в сравнение с по-големите паркови пространства. Те могат да се разглеждат като ценна инвестиция за подобряване на жизнеността на района.



Фиг.49. Пример за нарушено запечатано междублоково пространство в Люлин 2- между блокове 204, 205 и 206

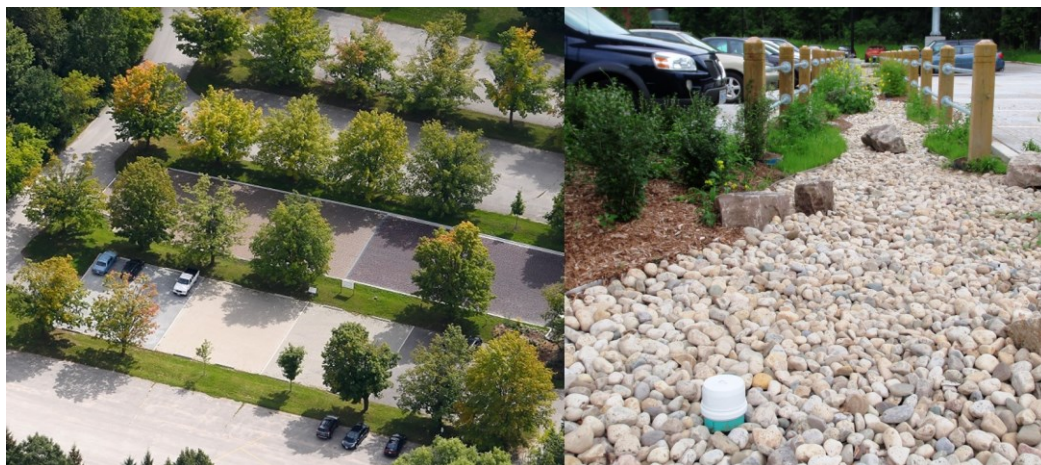
- **„Мобилни гори“** - това е иновативен, евтин и гъвкав начин за временно решаване на проблеми с прегряване на повърхността в уязвими територии и за ограничаване на ефекта на ГТО. Мобилните гори са временно мобилно природо-съобразно решение, което включва комплекс от целево създадени преносими дървета в контейнери/саксии, отглеждани професионално и ситуирани в крайградски „складове“, които могат да бъдат премествани в горещи точки, за да осигуряват сянка и чист въздух в условията на продължителни топлинни вълни. Решението се базира на бързо растящи видове, които не е задължително да са съобразени с конкретните условия в целевата територия, но могат да допринесат в определени зони, като ограничат ефекта на ГТО, чиито интензитет се засилва в условия на продължителни топлинни вълни. В рамките на жк. Люлин, на база модела на ГТО, такъв подход би имал значителен ефект в рамките на централните части на района, както и около кръстовищата на основните булеварди (фиг..)



Фиг.50. Възможни локации за мобилни гори, смекчаващи интензитета на ГТО в условията на топлинни вълни

Мобилните гори могат да бъдат адаптирани към различни градски условия, включително тротоари, площи, свободни площи или дори покриви, което ги прави универсални решения за различни градски предизвикателства. Мобилните гори имат значението на временни инсталации, което означава, че могат да бъдат поставени за определен период от време, например няколко седмици или месеци, и след това да бъдат преместени на друго място. Тази гъвкавост позволява те да се насочат към локации в рамките на района със специфични нужди или събития (вкл. публични събития, фестивали и събирания на големи групи хора в топлия период от годината).

- **Зелени паркинги (чрез мобилни конструкции)** - местата за паркиране не само в рамките на жк. Люлин, но и в цяла София, са проблем в развитие. Той е пряко свързан от една страна с увеличаването на броя на автомобилите, а от друга с все по-уплътняващото се пространство на комплекса. В жк. Люлин има и друг специфичен проблем, който е свързан с генерирането на сериозен поток от ежедневни трудови пътувания, които използват метрополитена на град София, паркират в делничните дни в района, допълнително увеличавайки и без това сериозния натиск върху свободните пространства. Негативите са свързани с унищожаване на зелени площи, създаване на „кални точки“ и формирането на допълнителен отрицателен ефект върху ефекта на ГТО. Възможно решение е изграждането на нови зелени паркинг пространства, които са с хибриден характер и ограничено използване на напълно запечатани пространства.



Фиг.51. Зелени паркинги

С оглед спецификата на района, както и с цел ограничаване на формирането на кални точки, на база детайлизирания цифров модел на района, са определени ключови локации, където могат да се изградят и/или трансформират паркинг пространства на база концепцията за зелени паркинги.

От гледна точка на търсенето на бърз, макар и временен, ефект през топлото полугодие, концепцията за зелените паркинги може да бъде изпълнена чрез временните конструкции на мобилните гори, реализирани чрез разнообразна растителност, както и по смисъла на представените по-долу в текста „охлаждащи острови“ от тревни настилки, храсти и увивна растителност около временни засенчващи конструкции.



Фиг.52. Потенциални приоритетни локации за зелени паркинг пространства

- **Зелени охлаждащи коридори и острови (чрез мобилни конструкции):**

Това са линейни растителни пространства в градските жилищни райони, чието основно предназначение е редуциране на стойностите на нагряване на повърхността и като резултат – смекчаване на ефекта на ГТО. Растителността осигурява сянка, намалявайки абсорбирането и повторното излъчване на топлина от непропускливи повърхности като асфалт и бетон. По-хладната среда намалява риска от заболявания, свързани с горещините, и подобрява цялостното обществено здраве. Растителността в зелените коридори може да поглъща и забавя оттичането на дъждовната вода, като намалява риска от наводнения по време на обилни валежи. Допълнително, помага за филтриране на замърсителите от въздуха, което води до подобряване на качеството на въздуха. Тези коридори създават по-комфортен микроклимат в жилищните квартали, като правят откритите пространства по-привлекателни за жителите и насърчават дейностите на открито.

В хода на обсъждането на потенциалните бързи мерки, приемаме, че концепцията за „мобилна гора“ може да бъде адаптирана за създаване на „охлаждащи зелени коридори“ или „охлаждащи острови“ в градските квартали. Концепцията за мобилна гора позволява създаването на подвижни структури за сянка, които могат да бъдат разположени на местата, където сянка е най-необходима в горещото време. Мобилните горски модули, които се състоят от дървета, храсти и растения в големи контейнери, могат да бъдат стратегически разположени по тротоари, пътища или линейни алеи за създаване на охлаждащи коридори. Тези модули могат да бъдат премествани или преконфигурирани според нуждите, за да се насочат към конкретни зони с високо излагане на топлина.

Мобилните горски модули могат да се поставят временно през най-горещите месеци на годината или по време на горещи вълни, за да осигурят незабавно облекчение на жителите в райони с висок топлинен стрес. Те могат да се разполагат за конкретни събития, като например улични фестивали или обществени събирания на открито, за да се създадат временни охлаждащи острови. Мобилните гори са достатъчно гъвкав механизъм, за да могат да се адаптират към наличните пространства, независимо дали става въпрос за тясна пътека между сгради или за по-голяма открита площ в квартала.

В така анализираната структура на жк. Люлин, „охлаждащи зелени коридори“ или „охлаждащи острови“ са много подходящи за разширяване на ефекта на наличното крайпътно озеленяване в определени периоди от годината, и особено като оконтуряващи или в близост до тротоарните пространства. Създаването на временни сенчести конструкции ще осигури на пешеходците защита в горещите дни и ще подобри пешеходния достъп до обекти от транспортната или друга обслужваща инфраструктура на района.

Б. КОМПЛЕКСНИ ПРИРОДНО-БАЗИРАНИ РЕШЕНИЯ СПРЯМО ИДЕНТИФИЦИРАНИТЕ ЗАПЛАХИ – ДЪЛГОСРОЧНИ МЕРКИ/ТРАЕН ЕФЕКТ

Дългосрочните мерки изискват постоянни усилия, ресурси и ангажираност от страна на всички заинтересовани страни, за да се изгради устойчивост и да се гарантира устойчивото в перспектива благосъстояние на градските жилищни райони в условията на изменението на климата. Тези мерки имат пряко отношение към визията в планирането на жилищния район, вкл. на неговата зелена инфраструктура, както и насърчаване на устойчиви на климата практики за развитие, като например строителни норми и стандарти, включително мерки за устойчивост на екстремни метеорологични явления и енергийно ефективен дизайн.

Извършените анализи ни дават основание да предложим следните групи комплексни мерки като приложими за целите на адаптацията на жк. Люлин:

- **Зелени паркове:** Поддържане на наличните зелени пространства, обновяване с подходящи за промените в климата растителни видове, и обвързването им с линейни структури с други природни елементи в структурата на района. Основното внимание тук поставяме върху увеличаването на броя на дървесната растителност, и с това решение – увеличаване на покритието със зелени корони в жилищните райони. Дърветата осигуряват сянка, намаляват температурата на повърхността и отделят влага чрез транспирация, които като комплексен ефект помагат за трайното влияние върху условията, пораждащи ефекта на ГТО.



Фиг.53. Комплексни природо-базирани решения спрямо идентифицираните заплахи, дългосрочни мерки с траен ефект

- **Зелени покриви** - Зелените покриви, известни още като покриви с растителност или „живи покриви“, са иновативна и устойчива строителна практика със значителни ползи за градските жилищни райони. Тези покриви са проектирани така, че да подпомагат растежа на растителност, която може да варира от нискорастящи покрития до храсти и дори дървета върху сгради и други структури. Наред с прякото влияние в посока редуциране на проявата на ГТО, тези решения подпомагат управлението на риска от наводнения след обилни валежи, подобряват качеството на въздуха и редуцират шума. Те могат да се разглеждат и като мярка за подобряване на енергийната ефективност на сградите. В значителна степен зелените покриви участват в разнообразяването на елементите на зелената градска инфраструктура, вкл. поддържане на градското биоразнообразие. Зелените покриви могат да изискват по-големи предварителни проучвания и инвестиции, но като дългосрочна мярка са много подходящи решения при обновяването на обществени сгради и други подобни обекти, чрез пряко въвличане на общността в тяхното поддържане. Приложими са различни видове, всеки от които има собствени изисквания за изграждане и поддръжка: Екстензивните зелени покриви са леки и включват нискорастящи, устойчиви на засушаване растения. Те са сравнително лесни за поддръжка и често се използват за жилищни сгради. Интензивните зелени покриви поддържат по-голямо разнообразие от растения, включително храсти и малки дървета. Те изискват повече поддръжка и често се използват за по-големи жилищни или търговски сгради. Полуинтензивните зелени покриви са хибрид между екстензивните и интензивните зелени покриви, като се характеризират със смесица от видове растения. Те предлагат по-голяма гъвкавост при проектирането и баланс между ниската поддръжка и визуалната привлекателност. Разбира се, в продължение на обсъждането на мобилните временни решения, тук са приложими и Модулни зелени покриви: състоят се от предварително засадени модули, които лесно се монтират на покривите, което ги прави удобен вариант за модернизиране на съществуващи сгради. Зелените покриви допринасят за устойчивостта и жизнеспособността на градските жилищни райони, като решават множество въпроси, свързани с околната среда и качеството на живот. Те са част от по-широкото движение към зелен и устойчив градски дизайн, което предоставя на градовете инструмент за смекчаване на последиците от изменението на климата, като същевременно повишава благосъстоянието на жителите.

- **Зелени стени** - Зелените стени, известни още като „живи стени“ или „вертикални градини“, са решения, основани на природата, които включват вертикално отглеждане на растения върху стените на сградите. Тези зелени инсталации осигуряват редица екологични, социални и естетически ползи, което ги прави все по-популярни в жилищните райони. Като имаме предвид отличителното за жк. Люлин високо жилищно строителство, приемаме, че зелените стени са удачно решение за подпомагане на мерките по адаптация на климатични промени преди всичко по отношение на по-малки жилищни, търговски сгради, обществени заведения и обекти от социалната инфраструктура, вкл. при вътрешни дворни пространства, както и оконтуряване на прозорци (за подобряване на вентилацията

във вътрешни помещения). Комплексният ефект от изграждането на „зелени стени“ включва редуциране на температурите в горещите месеци и спестяване на енергия за охлаждане, оптимизиране на качеството на въздуха, ограничаване на шумовото замърсяване и други, съответстващи на по-широки екологични ползи. Приложението на зелените стени следва да бъде синхронизирано с решенията по използване на иновативни външни строителни решения – функционалност на новите типове покрития и устойчивост на материалите.

- **Пропускливи настилки** – Пропускливите настилки, известни още като порьозни настилки, са вид решение, основано на природата, което заменя традиционните непропускливи повърхности като асфалт и бетон с материали, които позволяват на водата да се просмуква през повърхността на настилка и да прониква в земята под нея. Тези настилки предлагат многобройни предимства, което ги прави приложими и ценни в жилищните райони – намираме основания да предложим тази мярка като приложима в жк. Люлин при обновяването и изграждането на нови паркинги, преходни пешеходни зони в междублокови пространства, и в обхвата на градските паркове. Пропускливите настилки са удачно решение за смекчаването на риска от наводнения, провокирани от краткотрайни и интензивни валежи. Те намаляват повърхностния отток, като позволяват на дъждовната вода да се инфилтрира в земята, което може да облекчи наводненията и да намали натоварването на канализационните системи за дъждовни води. Налице са и индиректни ползи върху качеството на водите - пропускливите настилки подпомагат доближаването до естествените условия на самопочистване на водите в процеса на инфилтрирането на дъждовната вода в почвата или грунта под водопрпускливите настилки. Когато са комбинирани с отразяващи или хладни покривни материали, пропускливите настилки допринасят за смекчаване на ефекта на градския топлинен остров чрез намаляване на абсорбцията и повторното излъчване на топлина. Това спомага за поддържането на по-ниски температури в жилищните райони. Ефектът се увеличава при умело съчетаване с тревно растително покритие. Допълнително, решението може да бъде анализирано и в контекста на преодоляване на засушаването на почвите (установено в анализа като едно от рисковите обстоятелства за жк. Люлин) и оптимизиране на условията за поддържане на зелените елементи в инфраструктурата на района. Въпреки че водопрпускливите настилки изискват периодична поддръжка, те обикновено имат по-ниски дългосрочни разходи за поддръжка в сравнение с традиционните настилки, тъй като са по-малко податливи на нарушаване на целостта им. Предлагат гъвкавост при проектирането като позволяват персонализиране на материалите, цветовете и моделите (което предполага и възможности за минимизиране на необходимите финансови инвестиции).

- **„Дъждовни“ градини** – Дъждовните градини са практично решение за жилищни райони, базирано на природата, което предлага редица екологични ползи. Тези градини са предназначени за улавяне и управление на дъждовните води, изтичащи от покриви, алеи и

други непропускливи повърхности, като позволяват на дъждовната вода да проникне по естествен начин в почвата. Дъждовните градини ефективно управляват дъждовните води, като намаляват оттока и предотвратяват локални наводнения. Те могат да улавят и съхраняват дъждовната вода по време на обилни валежи и бавно да я освобождават в земята, като намаляват натиска върху канализационните системи за дъждовна вода. Като допълнителен ефект, в качеството си на зелени елементи, тези градини спомагат за регулиране на температурите в непосредствена близост, като намаляват ефекта на ГТО и създават по-комфортна външна среда за жителите. Дъждовните градини помагат за подхранване на подземните водоносни хоризонти по време на дъждове, като потенциално допринасят за по-голяма устойчивост по време на засушаване чрез поддържане на по-високи нива на подземните води. Поддръжката им може да изисква по-малко време и средства, в сравнение с традиционните градини.

- **Възстановяване на заливни речни тераси** – Това природно-базирано решение заслужава специално внимание при обсъждането на адаптационни стратегии не само в обхвата на жк. Люлин, но и в цялостната структура на град София. Мярката има доказан в управлението на европейските градове благоприятен ефект върху ограничаването на риска от наводнения, подобряването на качеството на водите и генерирането на други преки екосистемни ползи от съчетаното влияние на зелената и синята инфраструктура за качеството на живот на градските жители. Възстановяването на заливните зони е решение, основано на природата, което включва съживяване и възстановяване на естествените заливните зони на реките, преминаващи през града, и прилежащите им крайречни райони (където това е възможно). Въпреки че възстановяването на заливните зони е насочено основно към подобряване на екологичното състояние на тези територии и намаляване на риска от наводнения, при определени условия то може да бъде приложимо и в жилищни райони – главно в контекста на разширяване на зелените площи с естествено подхранване в обхвата на управлявани паркови пространства, подобряване на микроклиматичните условия и регулация на термичния режим и качеството на въздуха. Възможно е да се наложи продължителна поддръжка и мониторинг на възстановените заливни зони, за да се гарантира тяхната постоянна ефективност и безопасност.

Таблица. 23. Мерки и действия за сграда на жк. Люлин

	1. Сградите на жк. Люлин
Сградният фонд на жк. Люлин е най-същественият елемент на урбанизираната среда, който е с висока степен на уязвимост по отношение на климатичните рискове. Освен това той е в основата на пространствената конфигурация на територията и формираната градска морфология, като по този начин пряко влияе върху формирането на местния градски климат. Общият брой на сградите възлиза на 3 863, които са различна размерност, пространствена конфигурация, предназначение и собственост.	

Създавани са в различни периоди от развитието на района, което е свързано и с техните конструктивни характеристики.				
Климатични рискове с най-висока степен на учязвимост:				
Топлинни вълни и събития, ГТО		Екстремни бури и интензивни валежи	Силен вятър и замърсяване на въздуха	
Мерки и действия	1. Адаптация на изискванията и нормативната уредба за проектиране и изграждане на сградите в съответствие с уязвимостта на територията на комплекса към климатични промени	Обосновка: Необходимо е извършването на задълбочен преглед на изискванията за проектиране и строителство в рамките на комплекса и разработването на целеви предложения за нови критерии, целящи: - Височината на новите сгради - въвеждане на единна формула за височинна хармоничност, вземаща под внимание градската морфоструктура и пространствената конфигурация на сградите - Въвеждане на изисквания за ориентация и дължина на сградите - Увеличаване на изискванията за дял на озеленяване - Въвеждане на изисквания за зелени и засенчени паркинг пространства - Корекция на показателите за плътност на застрояването в централната част на комплекса и около големи кръстовища	Срок: 2025	Отговорност: СО, район „Люлин“
	2. Повишаване на енергийната ефективност на сградите	Подобряване на енергийната ефективност, използване на по-малко вложена енергия за равностойни крайни продукти, намаляване на сметките за електричество на гражданите, опазване на здравето и на околната среда, подобряване качеството на въздуха. Вкл. допълнителна изолация на сградите, енергийно ефективни прозорци, системи за термичен контрол и подобряване на отоплителните системи.	2050	СО, район „Люлин“
	3. Усвояване на фотоволтаичния потенциал на покривните пространства	Обосновка: Люлин е с висок фотоволтаичен потенциал, като в голяма степен същият е оценен.	текущ	СО, район „Люлин“
	4. Поетапна трансформация	Обосновка: Охлаждащите покриви се характеризират	текущ	СО, район „Люлин“

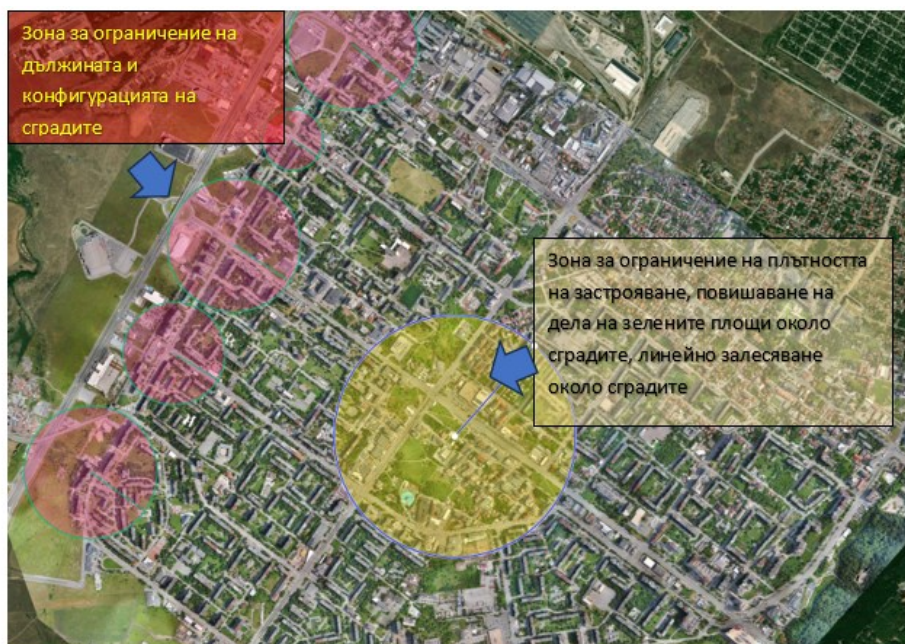
	на покривните конструкции в охладени покриви (където е възможно)	с високата способност да отразяват слънчевата радиация и в същото време да излъчват топлинна енергия. Той се постига чрез нанасяне на бои или слоеве повърхностно покритие върху външната повърхност на покрива, обикновено бели или светлосиви материали. Охлаждащите покриви позволяват да се намали ефектът на ГТО - през слънчевите летни дни традиционните покриви могат да достигнат температури на повърхността от около 80 °C, докато при охлаждащите покриви те обикновено не надвишават 50 °C. Припокриващи се скатни покриви: Изграждане на топли/вентилирани скатни покриви върху вече съществуващ плосък покрив. Механизъм: олекотена дървена или метална конструкция се свързва със съществуващата сграда, като се осигурява правилното предаване на механичните натоварвания. Скатният покрив създава таван, който действа като буферна зона към последния етаж на сградата, като по този начин намалява въздействието на пряката слънчева радиация върху покрива. Наклонът на покрива позволява по-добро оттичане на дъждовната вода към улиците, като се избягват всякакви проблеми със застояването на вода поради появата на интензивни дъждове.		
5.	Изграждане на зелени покриви (при техническа възможност)	Обосновка: Зелените покриви спомагат за намаляване на температурата на околния градски въздух и за смекчаване на ефекта на ГТО. Друго предимство се състои в отводняването на дъждовната вода, като по този начин се намалява претоварването на канализационните системи в случай на екстремни дъждове. Екстензивните зелени покриви могат да бъдат частично или изцяло покрити с растителност. Обикновено може да се интегрират с павирани части, за да се поддържат по-лесно. Филтриращите и хидроизолационните слоеве под теренната основа трябва да са непрекъснати по	Срок: След 2027	Отговорност: СО, район „Люлин“

		цялата повърхност на покрива и следователно да се монтират както върху зелените, така и върху павираните части. Тази интервенция е идеална както за плоски, така и за наклонени покриви, и предполага ограничено структурно претоварване, тъй като растителността е повърхностна, а необходимата дебелина на теренната основа е около 15/20 cm. Екстензивните покриви се реализират предимно с многогодишни тревисти растения и храстови почвени покрития (например седум). Те са много подходящи за тази цел, тъй като имат способността да съхраняват голямо количество вода и да оцеляват при дълги периоди на засушаване. Интензивните зелени покриви могат да бъдат частично или изцяло покрити с растителност. Също могат да се интегрират павирани части. Филтриращите и хидроизолационните слоеве под субстрата на терена трябва да са непрекъснати по цялата повърхност на покрива и следователно да се монтират както върху зелените, така и върху павираните части. Решението е приложимо за плоски покриви, които могат да имат товароносимост над 150 kg/m², тъй като интензивните покриви се характеризират с разнообразна растителност, за разлика от екстензивните покриви, които могат да включват и малки дървета и храсти, които изискват по-дебел субстрат на терена. Разнообразието от растения обикновено изисква повече поддръжка в сравнение с екстензивните покриви и се препоръчва интегрирането на напоителна система, както при обикновените градини.		
	6. Изграждане на зелени стени (при техническа възможност)	Обосновка: Вертикалната растителност предпазва от пряка слънчева радиация външните фасади на сградите, като намалява прегряването им и улеснява отделянето на топлина през нощта. Растенията също така произвеждат водни пари чрез изпарение, като по този начин подпомагат	Срок: След 2027	Отговорност: СО, район „Люлин“

		охлаждането на околните площи. Вертикалната растителност също така оказва смекчаващо въздействие върху максималните външни температури, като подобрява топлинния комфорт в помещенията и на открито. Предимството на зелените фасади в гъсто населените градски райони е, че те заемат малка хоризонтална площ в сравнение с градските зелени площи, като в същото време предоставят голяма вертикална площ за зеленина, като се има предвид, че едно типично катерливо растение е в състояние да покрие фасадата на пететажна сграда само за няколко години. За да се проектират зелени фасадни системи, е необходимо внимателно да се прецени необходимостта от пространства за кореновата система във връзка с желаното разширение на фасадата, като се осигури достатъчно пространство, за да могат корените да растат по здравословен начин, който да гарантира устойчивостта на растенията, особено в продължителни периоди на засушаване, ограничавайки потреблението на вода за напояване.		
	7. Модернизация на системите за отопление и охлаждане на сградите	Обосновка: Външните топлоизолационни системи се състоят в поставянето по цялата вертикална външна повърхност на сградата на изолационни панели, покрити с тънък защитен завършващ слой, изработен от специални мазилки. Системата осигурява добро изолационно действие, като предотвратява загубата на топлина през зимата и прегряването през лятото, подобрявайки комфорта в помещенията. Най-добрите резултати по отношение на летния комфорт могат да се постигнат чрез използване на изолационен материал, характеризиращ се с високи стойности на плътност, които гарантират подходяща топлинна маса и целевите стойности на фазово изместване и затихване.	Срок: 2025- 2050	Отговорност: СО, район „Люлин“
	8. Създаване на система за мониторинг на	Обосновка: Снижаването на енергийния разход може да бъде постигнато чрез правилно	Срок: 2027	Отговорност: СО, район „Люлин“

	консумацията на енергия в сградите в рамките на комплекса	енергийно управление на сградите. По-ефективното използване на енергията се основава на детайлното познаване на нейната консумация. По тази причина е необходимо създаване и внедряване на система за енергиен мониторинг, която непрекъснато наблюдава, анализира, проверява и регистрира разхода на енергия.		
	9. Поетапно въвеждане използването на външни покривни материали на сградите с отражателна способност	Обосновка: Този фактор има сериозно отношение към албедото на сградите и влияе пряко върху тяхната енергийна ефективност	Срок: До 2050	Отговорност: СО, район „Люлин“

Пространствен фокус:



Фиг.54. Зона за ограничение на дължината и конфигурацията на сградите в жск. Люлин

Таблица. 24. Мерки и действия за публичните пространства, зелените площи, паркове и зелена инфраструктура на жск. Люлин



2. Публични пространства, зелени площи, паркове и зелена инфраструктура на жк. Люлин

По-големият брой площи с растителност може да намали както уязвимостта от наводнения, така и да понижи температурите в града, например по време на горещи вълни. Зеленината и водните площи в градската среда допринасят с много ползи: те осигуряват привлекателен външен вид, могат да се използват за развлекателни дейности и допринасят за увеличаване на биологичното разнообразие, наред с всички други описани ползи за намаляват уязвимостта на града от неблагоприятните въздействия на климатичните промени.

Климатични рискове с най-висока степен на уязвимост:

Топлинни вълни и събития, ГТО		Екстремни бури и интензивни валежи	Засушаване	
Мерки и действия	10. Градски паркове	Обосновка: Зелените площи са пропускливи повърхности, които изпълняват важни функции в градската среда, като контрол на топлината и оттичането, пространство за отдих и спорт, центрове на биологичното разнообразие и компоненти за съхранение на въглерод. В зависимост от вида на зелените площи, те могат да изискват или не редовно напояване и косене. Използването на спонтанни видове и поддържането на симбиотично поведение (между различни видове растения и/или гъби), когато е внимателно проектирано, може значително да подобри качеството на зелените площи, да намали разходите за косене и напояване, както и да осигури по-добра устойчивост по време на засушаване. Основното предимство на зелените площи се състои в намаляването на повърхностния отток и подобряването на градския дренаж, което намалява наводненията, свързани с екстремни валежи. Освен това, в близост до сгради и обществени места, тревните площи играят важна роля в регулирането на топлинния микроклимат. Засаждането на дървета в градските райони се състои във включването им в обществени паркове, покрай пътища, площи и други открити пространства (включително частни пространства). Важно е определеното място и пространството, предназначено за	Срок: текущ	Отговорност: СО, район „Люлин“

		кореновата система, да са подходящи за пълното развитие на короната на дървото. Освен това видът на дървото трябва да се избере въз основа на местните климатични особености, като се вземат предвид очакваните климатични прогнози за времеви хоризонт, съответстващ на годините, необходими за пълното узряване на дървото. Дърветата са в състояние да абсорбират и инфилтрират голямо количество дъждовна вода благодарение на наличието на коренова система, като ограничават повърхностния отток в случай на проливни дъждове и допринасят за стабилизирането на склоновете, като по този начин намаляват риска от внезапни наводнения и свлачища.		
	11. „Джобни паркове“	Обосновка: Джобният парк, наричан още "мини парк" е миниатюрен зелен оазис в градското пространство. Обикновено размерът му не надхвърля 1 декар. Основни характеристики: достъпен, могат да се организират малки дейности и събития, представлява удобно място осигуряващо тихо бягство и спасение от забързания градски живот, социално място, където хората могат да се срещат или да доведат гости. Джобният парк може да е проектиран така, че да има малка детска площадка, да осигурява пространство за обедна почивка и т.н.	Срок: текущ	Отговорност: СО, район „Люлин“
	12. „Мобилни“ гори и други гъвкави временни конструкции – охлаждащи коридори и охлаждащи острови	Обосновка: Въпреки че дърветата подобряват качеството на въздуха, гъстата зеленина покрай натоварени пътища може да предизвика нежелани ефекти, тъй като емисиите от превозните средства обикновено се задържат под короните. Подходящият вид дърво и правилната форма на короната спрямо геометрията на градския каньон (и свързаното с нея насочване на вятъра), размера на пътя и очакваното натоварване от трафика могат да помогнат за предотвратяване на натрупването на замърсители. Освен това е от съществено значение да се осигурят подходящи цикли на редовна поддръжка и	Срок: 2050	Отговорност: СО, район „Люлин“

		защита на дърветата, за да се гарантират климатичните им ползи във времето и да се предотврати превръщането им в рисков фактор в случай на екстремни събития, като например ветрови бури, които могат да доведат до срутване на дървета с отслабена или не напълно развита коренова система.		
	13. Пропускливи настилки	Обосновка: Затревен чакъл, водопропусклив бетон и др.: Външни площи, изградени от порест или пропусклив материал (бетон, стабилизирана пръст или други материали), позволяват на водата да се инфилтрира и могат да се използват за паркинги, пешеходни алеи и велосипедни пътеки. Пропускливите настилки обаче не могат да се използват за пътища или паркинги, подложени на интензивна употреба, тъй като по принцип не могат да издържат на големи натоварвания, а също и поради риска от замърсяване на почвата поради инфилтрация на частици и други замърсители от пътя. Порестите или пропускливи непрекъснати настилки имат добри показатели по отношение на абсорбцията на дъждовна вода, тъй като се характеризират с ниски стойности на притока и следователно с добра водопропускливост (с проценти, вариращи между 15 и 40 %). Следователно, благодарение на високата инфилтрация, те намаляват риска от наводнения в случай на екстремни валежи.	Срок: 2050	Отговорност: СО, район „Люлин“
	14. Зелени паркинги	Обосновка: Зелените паркинги включват пропусклива или полупропусклива настилка и порести техники за проектиране, за да се намали обемът на оттичащите се дъждовни води. В допълнение към пропускливата настилка, те често включват I обширно озеленяване, което третира оттока и подобрява външния вид на паркинга, като същевременно подобрява качеството на водата чрез филтриране и отстраняване на замърсителите от дъждовните води. В допълнение към инженерните проектни решения, зелените паркинги могат да	Срок: 2050	Отговорност: СО, район „Люлин“

		включват и местни правила, предназначени да сведат до минимум площта, предназначена за паркиране. Това може да включва намалени размери на паркоместата, споделено паркиране и/или намаляване на минималния брой на изискваните паркоместа. Зелените паркинги осигуряват управление на дъждовните води на място, като позволяват инфилтрация на оттичащите се води в почвата по време на дъждовни събития, като по този начин значително намаляват обема и скоростта на оттичане. Те могат напълно да елиминират оттока от малки дъждовни събития и имат способността да улавят до 50-80 % от оттока от по-големи събития. https://nrcsolutions.org/solution-4/		
	15. „Дъждовни“ градини и басейни	Обосновка: Басейните и градините за задържане са зони за събиране и съхранение на вода, конфигурирани като многофункционални растителни пространства, създадени с двойна функция: намаляване на въздействието на наводненията и запазване на водата за периоди на засушаване. Натрупаната вода може да се използва за непитейни нужди, като например за напояване, почистване на улици и др. Основната функция на ретензионните басейни е да намалят въздействието на наводненията в градските райони, като събират и съхраняват дъждовната вода в случай на проливни дъждове или наводнения. В районите около тях температурата е значително по-ниска поради наличието на зелени площи и вода, което води до повишаване на възприемания топлинен комфорт.	Срок: 2050	Отговорност: СО, район „Люлин“
	16. Засенчващи структури в пешеходни зони и открити публични пространства	Обосновка: Засенчващи системи – фиксирани или подвижни навеси: Засенчващите системи са неразделна част от физическата конфигурация на много оборудвани обществени пространства. Те могат да бъдат монтирани като фиксирани или подвижни елементи, предназначени да предпазват пространството от слънчева	Срок: 2050	Отговорност: СО, район „Люлин“

		радиация, а ако са реализирани като водоустойчиви сенници - и от дъжд. Качеството на сянката по отношение на количеството на предаваната радиация се определя от типологията на покритието и материала. Горната повърхност трябва да се проектира със светли цветни покрития, за да се постигнат подходящи стойности на албедото. Най-използваните материали включват дърво (с водоустойчива обработка), метали (стомана или алуминий), стъкло (с избираема селективна обработка) и тъкани (акрил и високоустойчив полиестер), за да се отговори не само на конструктивните, но и на естетическите нужди. Във всеки случай е желателно материалите да отговарят на изискванията за лекота и гъвкавост. Ако обаче не са правилно проектирани, те могат да допринесат за задържане на топлина и прегряване на подлежащата зона. Зелени перголи: Зелената пергола съчетава предимствата на системите за изкуствено засенчване по отношение на интегрирането им със сградите и градското оборудване с тези, свързани с градската зеленина. Растенията трябва да се избират в зависимост от местния климат и от необходимостта от излагане на слънчева светлина. Перголите се проектират и конструират по такъв начин, че да предпазват подлежащите площи от слънчевата радиация през централните часове на деня, когато слънцето достига максималната си височина. Вертикална стена може да се свърже с хоризонталния зелен слой, за да се предпази и от сутрешната или следобедната слънчева радиация (в зависимост от местоположението). Зелените перголи гарантират отлични условия за засенчване, заедно с евапотранспирационния компонент на растителността, макар и в по-малка степен от дърветата и градските зелени площи. В сравнение с други изкуствени навеси перголите гарантират по-добри условия за	
--	--	---	--

		топлинен комфорт по време на горещи вълни.		
--	--	--	--	--

Таблица. 25. Мерки и действия за инфраструктурата на жк. Люлин

 3. Инфраструктурата на Люлин				
Инфраструктурата на комплекса е морално и физически остаряла, като в голямата си част е проектирана за други климатични условия, които значително се различават от очакваните климатични проекции към 2050г и след това. Основният акцент е свързан с увеличаване на капацитета за наблюдение на състоянието на инфраструктурните системи, както и в проектирането и изграждането на нови системи, съобразени с очакваните климатични изменения, промените в нуждите и нарастлата уязвимост спрямо очакваните негативни въздействия.				
Климатични рискове с най-висока степен на уязвимост:				
Топлинни вълни и събития, ГТО		Екстремни бури и интензивни валежи	Засушаване	
Мерки и действия	17. Използване на материали и покрития с отражателна способност, благоприятстващи за охлаждащ ефект и енергийна ефективност	Обосновка: Отразяващите повърхности се характеризират с висока степен на отразяване на слънчевите лъчи, което се постига чрез използване на светли цветове (обикновено бели) или по-тъмни цветове, обработени със специални отразяващи пигменти, които ограничават повишаването на температурата на повърхността при директно излъчване. Освен това те обикновено се характеризират с висока емисионна способност, която определя през нощта по-благоприятно отделяне на натрупаната през деня топлина, което води до намаляване на отделянето на топлинен поток върху околната среда. Отразяващите материали могат да се използват за различни видове външни настилки или фасади на сгради, както като покрития, така и като бои. Хоризонталните и вертикалните повърхности трябва да се поддържат	Срок: 2050	Отговорност: СО, район „Люлин“

		чисти, така че отразяващите свойства да се запазят във времето.		
	18. Управление на оттока от дъждовни води чрез възстановяване на речни корита и поддържане на ретензионни водни обекти	Обосновка: Басейните за задържане на вода са зони за събиране и съхранение на вода, конфигурирани като многофункционални растителни пространства, създадени с двойна функция: намаляване на въздействието на наводненията и запазване на водата за периоди на засушаване. Натрупаната вода може да се използва за непитейни нужди, като например за напояване, почистване на улици и др.	Срок: 2050	Отговорност: СО, район „Люлин“
	19. Създаване на система за усвояване на дъждовните води и използването им за технологични нужди и поддържане на зелената система	Обосновка: Един от незиползваните ресурси, който е от ключово значение за ефективната адаптация на района, са дъждовните води. Около 70% от дъждовната вода е вследствие на нормални валежи, 15 % от интензивни и 5% от екстермно интензивни. Необходимо е проектирането и създаването на система, която да позволи до 2050г. Да се усвояват поне 25% от етзи водни ресурси	2030-2050	Отговорност: СО, район „Люлин“
	20. Оптимизиране на зелената инфраструктура в подкрепа на функциите на транспортната и енергийната инфраструктура	Обосновка:	Срок: 2050	Отговорност: СО, район „Люлин“

Таблица. 26. Мерки и действия за хората на жск. Люлин

4.  Хората на Люлин				
Създаването на механизми за пряко и дългосрочно участие на общността в планирането и приложението на мерките за адаптация към климатичните промени гарантира тяхната реализация, гъвкавост (в отговор на променящите се нужди) и ефективност. Планът за адаптиране, разчитащ на взаимодействия с общността, прилага индивидуален подход към проблемите на географската територия и изгражда социално сближаване за справяне с климатичните предизвикателства.				
Климатични рискове с най-висока степен на уязвимост:				
Топлинни вълни и събития, ГТО		Екстремни бури и интензивни валежи	Засушаване	
Мерки и действия	21. Информационно осигуряване – относно климатичните рискове	Обосновка: Познаването и разбирането на климатичните рискове помага за съгласието и сътрудничеството на общността при разработването и прилагането на мерките. Преоставянето на информация следва да е на достъпен език, върху актуални данни и конкретни познания за уязвими локалитети по територията на жилищния комплекс. Мяката включва организирането на семинари и други форми на комуникация за обратна връзка	Срок: 2050	Отговорност: СО, район „Люлин“
	22. Обучение	Обосновка: Предлагащото на обучителни семинари, разработването на указания за реакция в случай на екстремни климатични явления и демонстрации за прилагането им, имат ключово значение за изграждането на капацитет на членовете на общността да разбират и да се справят с климатичните рискове и мерките за адаптиране. Обученията спомагат и за изграждането на доверие и поощряват мотивацията за съдействието на общността особено по отношение на по-	Срок: 2050	Отговорност: СО, район „Люлин“

		твърди мерки (напр. инфраструктурни промени).		
	23. Сътрудничество с широка общественост, бизнес и НПО	Обосновка: Сътрудничество с членовете на общността е определящо за разработване на конкретните дейности за адаптиране, съобразени с техните нужди, култура и местни условия, така че мерките да подкрепят устойчивото развитие на района, местния бизнес и обществени приоритети.	Срок: 2050	Отговорност: СО, район „Люлин“
	24. Подкрепа за уязвими групи население	Обосновка: Криматичните рискове водят до задълбочаване на уязвимостта на определени групи население по отношение комфорта на средата и достъп до ресурси. Планът за адаптация дава ясен приоритет на нуждите на уязвимите групи чрез така предлаганите мерки. Обясняването на тези мерки включва разработването на информационни бюлетини, семинари, сценарии за реакция спрямо различните естремни климатични явления.	Срок: 2050	Отговорност: СО, район „Люлин“
	25. Мотивация – поощряване на въвличането на общността във вземането на решения и изпълнението на адаптационните мерки	Обосновка: Осигуряването на трайно сътрудничество от страна на общността спрямо прилаганите мерки е от определящо значение за успеваемостта в процеса на адаптация. Предлаганите мерки позволяват реализирането на допълнителни ползи за общността – изграждането на естетична среда, облагородяване на публични пространства, поощряване на културния живот и социалното общуване. Активното включване на общността в разработването и прилагането на мерките ще поощри тяхната мотивация и отговорно	Срок: 2050	Отговорност: СО, район „Люлин“

		отношение към изграждането и поддържането на благоприятна и привлекателна жизнена среда.		
--	--	--	--	--

Мониторинг и адаптация

Мониторингът и оценката (М&О) са от решаващо значение, за да се гарантира, че действията за адаптация се осъществяват според плана и че се извличат поуки за тяхното подобряване. Тъй като оценката на ефективността на дадена адаптационна интервенция се основава на наблюдаваните критерии, и двете са важни, за да се разбере какво прави действията за адаптация ефективни.

Въпреки това няма общ консенсус за това как изглежда успешната адаптация към изменението на климата. Ситуациите на адаптация са сложни, тъй като трябва да отчитат взаимодействието между човека и околната среда в контекста на различни заплахи и източници на уязвимост. Някои от основните концептуални и оперативни предизвикателства пред мониторинга и оценката на адаптацията са следните:

- разработване на подходящи показатели за адаптация поради разнообразието и сложността на потенциалните въздействия върху климата и реакциите на адаптация;
- сравняване на напредъка с контрафактологията - какво би се случило при липса на интервенция;
- адаптацията се извършва на фона на променящи се климатични, социални и екологични базисни условия, които водят до променящи се рискови контексти, които могат да бъдат объркващи фактори при оценката;
- резултатите от адаптационната интервенция понякога са видими само в дългосрочен план;

Ето защо разработването на подходяща и информативна система за мониторинг и оценка на интервенциите за адаптиране е предизвикателство.

В цялостният процес на мониторинг и оценка при спазване на принципа на партньорство участват общинската администрация, социални и икономически партньори, неправителствени организации и представители на гражданското общество.

Процесът на мониторинг обслужва няколко цели, както следва:

- Улесняване на навременното идентифициране и разрешаване на проблеми, възникнали при изпълнението на Плана;
- Повишаване на ефективността на планираните дейности;
- Осигуряване на основа за техническа и финансова отчетност;

- Изграждане на институционален и местен капацитет за успешно изпълнение и управление на планираните действия;
- Насърчаване на идентифицирането и разпространението на уроците, научени от самите участници.

Мониторингът включва събиране и анализ на данни за осъществени дейности. Данните трябва да бъдат лесни за разбиране и да бъдат включени в отчетите, които следва да се изготвят ежегодно за изпълнение на Плана. Мониторингът следва да позволи на заинтересованите страни да следят дейностите, да определят дали целите са постигнати и да направят съответните промени, необходими за подобряване на резултатите.

Мониторингът е непрекъснато събиране на информация за показателите на плана, които са интересуваници на характеристиките. То може да включва проследяване както на качествени, така и на количествени показатели и може да ни помогне да разберем дали плана постига желаните резултати.

При мотивирана необходимост Планът може да бъде допълнен и/или актуализиран.

Оценката се отнася до процеса на критично разглеждане на плана. Тя включва събиране и анализиране на информация за дейностите, характеристиките и резултатите. Нейната цел е да се направи преценка за плана, да се подобри нейната ефективност и/или да се информират програмните решения.

Оценката на адаптацията е подобна на стандартната оценка на политики, програми и планове, но е пригодена за такива, специално насочени към адаптация към изменението на климата. Адаптацията към изменението на климата изисква адаптиране на политиките, програмите и планове въз основа на опасностите, свързани с изменението на климата, и повечето оценки са локализирани, за да отразят местните, осезаеми въздействия на изменението на климата и местните мерки за адаптация. Оценката на адаптацията трябва да вземе предвид, че въздействието на плана, измеримите показатели и целите могат да се променят с течение на времето, тъй като локалните въздействия се развиват. Оценката на адаптацията е особено предизвикателство, тъй като е трудно да се измерят избегнатите въздействия - което означава, че е трудно да се докаже, че даден план е работил, ако единственото доказателство е, че нещо не се е случило.

Въпреки че оценката често се извършва в междинните и/или заключителните етапи на плана, най-добрите практики показват, че е най-добре тя да бъде включена през всички етапи от жизнения цикъл на плана. Честото събиране на съответните данни води до непрекъснато подобряване на плана.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

Столична община – район „Люлин“ – история <https://www.lyulin.bg/istoria/>

Проект Med-CORDEX (www.medcordex.eu/)

Clarke, L.E., et al., (2007) *Scenarios of greenhouse gas emissions and atmospheric concentrations*, Sub-report 2.1a, U.S. Climate Change Science Program. Synthesis and Assessment Product 2.1a, CCSP, Washington, 154 pp.

ECMWF **ERA-Interim**: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era-interim>

IPCC, www.ipcc.ch/

IPCC, Fifth Assessment Report (AR5) (www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/)

IPCC, AR5: Climate Change 2014, Synthesis Report, Summary for Policymakers, 2014.

¹ <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/temperature/> (вж. приложения текстови файл за времевата серия 1888-2016 г)

Moss, R.H., et al., (2008) *Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies*. Technical Summary. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, 25 pp.

NASA Goddard Institute for Space Studies (GISS): <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>

United Nations Environment Programme – cities and climate change
<https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/cities-and-climate-change>