

Värmestresstudier Malmö stad

Smörkajen & Lorensborgsgatan



Ändringsförteckning

Ver	Datum	Ändringsbeskrivning	Granskad	Godkänd av
	2025-06-11	Intern granskning	Helena Norlen-Holmes	David Hirdman

GRANSKNINGSVERSION

Sweco Sverige AB	RegNo 556767-9849
Uppdrag	Värmemodelleringsstudie_MalmöSt adss
Uppdragsnummer	30079875
Kund	Malmö kommun
Upprättad av	Caroline Eliasson
Datum	2025-05-02
Ver	1
Dokument nummer	1
Dokumentreferens	Granskningsrapport_Malmö_värmestress_2025-06-13

Sammanfattning

Syftet med denna utredning är att uppskatta och visualisera effekten av värme på människor samt att undersöka hur vegetation och byggnaders placering kan påverka den upplevda temperaturen i urbana miljöer. Analysen syftar till att stödja stadsplanering och utformning av offentliga platser för att förbättra mikroklimatet och minska risken för värmestress – både idag och i ett framtida klimat.

Studien omfattar två typer av högsommardagar (normalvarm och extremvarm) samt framtida klimatscenarier enligt RCP4.5 och RCP8.5 för år 2100. Två beräkningsmodeller har använts: PET-modellen, som skattar upplevd temperatur baserat på bland annat lufttemperatur, vind, strålning och luftfuktighet, samt SOLWEIG-modellen, som beräknar sol- och långvågstrålning i urbana miljöer.

Analysen har genomförts på två platser i Malmö: Smörkajen, med fokus på nybyggnation, och Lorensborgsgatan, med fokus på förtätning i befintlig stadsmiljö. Modellberäkningarna har utgått från den meteorologiska data från följande två specifika dagar:

- Extremvarm högsommardag: 1994-07-26
- Normalvarm högsommardag: 2022-06-24

Grönstruktur har i allmänhet – och träd i synnerhet – stor betydelse för den upplevda temperaturen i ett område. Förutom trädens skuggande och svalkande egenskaper har utredningen även undersökt hur trädens placering, gruppering och orientering påverkar temperaturen under olika delar av dagen. Följande frågeställningar har analyserats i samband med grönstrukturens utformning:

- Vilken skillnad gör det om träden står ett och ett, i klungor eller i rader och bildar alléer?
- Spelar det någon roll i vilken riktning alléerna går och därmed vilken skuggande effekt som området erhåller under olika delar av dagen beroende på solens läge på himlen?
- Kan man ersätta ett större träd med ett flertal mindre och erhålla motsvarande svalkande effekt?
- Hur skiljer sig trädens skuggande/svalkande effekt mellan när det är nyetablerat mot när det hunnit växa till sig ytterligare 30 respektive 70 år?

Resultaten från modellen har identifierat områden inom studieområdena som är särskilt påverkade av hög värmeutveckling enligt en mängd underliggande data. I dessa områden kan det vara relevant att överväga åtgärder för att minska risken för värmestress för människor som vistas där.

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
1.1	Syfte	7
1.2	Avgränsning	7
1.2.1	Smörkajen.....	8
1.2.2	Lorensborgsgatan.....	9
2	Bakgrund	10
2.1	Urban folkhälsa	10
2.1.1	Värmeböljor	10
2.1.2	Sårbara grupper i staden	10
2.1.3	Framtida utsläppsscenarier	10
2.2	Urbana värmeöar och mikroklimat	11
2.2.1	Värmefaktorer i planering och gestaltning	11
2.3	Värmestress	12
2.4	Meteorologi	12
2.4.1	Lufttemperatur	12
2.4.2	Luftfuktighet	13
2.4.3	Vind	13
2.4.4	Solstrålning	14
2.4.5	Lufttryck	14
2.4.6	Klimatförändringar	14
2.5	Ytanvändningen	15
2.5.1	Grön infrastruktur	15
2.5.2	Blå infrastruktur.....	16
2.5.3	Bebyggelsens täthet	16
2.5.4	Hårdgjorda ytor och materialval	16
3	Metodbeskrivning	18
3.1	Meteorologi	18
3.1.1	Extremdag	18
3.1.2	Högsommardag	20
3.2	Alternativ för grönstruktur	21
3.2.1	Förutsättningar för träd	21
3.2.2	Området Smörkajen.....	22
3.2.3	Området Lorensbergsgatan.....	24
3.3	PET – en metod för att analysera värmestress	25
3.4	SOLWEIG – en metod för att analysera solstrålning och skuggning.....	26
3.5	Underlag.....	28
4	Resultat	29

4.1	Smörkajen	29
4.1.1	Medeltemperatur nutid PET	31
4.1.2	Gestaltningalternativ 1	32
4.1.3	Gestaltningalternativ 2	34
4.1.4	Gestaltningalternativ 3	36
4.1.5	Inverkan av ett förändrat klimat vid slutet av seklet	38
4.1.6	Trädens etablering över tid	41
4.2	Lorensborgsgatan	46
4.2.1	Medeltemperatur nutid	47
4.2.2	Gestaltningförslag 1	48
4.2.3	Gestaltningförslag 3	55
4.2.4	Inverkan av ett förändrat klimat vid slutet av seklet	62
4.2.5	Trädens etablering över tid	64
5	Analys	67
5.1	Förutsättningar för olika punkter	67
5.1.1	Smörkajen med planerad bebyggelse	67
5.1.2	Variationer över dygnet per plats för Smörkajen med planerad bebyggelse	68
5.2	Smörkajen	70
5.2.1	Skillnader mellan olika alternativ	70
5.2.2	Stråkanalys	72
5.3	Lorensborgsgatan	81
5.3.1	Skillnader mellan olika alternativ	81
5.3.2	Stråk- och platsanalys	84
5.3.3	Geografiskt fördjupad stråkanalys	92
5.4	Meteorologisk känslighetsanalys	95
5.4.1	Parametrar kring vind	95
5.4.2	Parametrar kring luftfuktighet	95
5.5	Jämförelse av PET och SOLWEIG	96
6	Diskussion	97
6.1	Gestaltningalternativens påverkan i kombination med kommande klimatförändringar	97
6.1.1	Byggnadernas storlek och placering	97
6.1.2	Grönstrukturens roll	98
6.2	Begränsningar	99
7	Slutsatser	100
8	Referenser	103
9	Bilagor	104
	Bilaga 1 – 3D-vy och LIDAR	105
	Bilaga 2 – Trädunderlag	107
	Bilaga 3 – Teckenförklaring för figurer	111
	Bilaga 4 – Gestaltningalternativ grönstruktur Smörkajen	112
	Bilaga 5 – Gestaltningalternativ grönstruktur Lorensborgsgatan	119
	Bilaga 6 – Resultat Smörkajen	128
	Bilaga 7 – Resultat Lorensborgsgatan	174
	Bilaga 8 – Smörkajen, grafer över värmestress	217
	Bilaga 9 – Lorensborgsgatan, grafer över värmestress	223
	Bilaga 10 - Jämförelse mellan PET-modellen och SOLWEIG	231

GRANSKNINGSVERSION

1 Inledning

Sweco har, på uppdrag av Malmö stad, utfört en analys av värmestress för två områden inom Malmö, med hänsyn till olika gestaltningsalternativ. Det första området är Smörkajen, där den föreslagna detaljplanen har studerats. Det andra området är Lorensborgsgatan, som för närvarande genomgår stadsomvandling och förtätning enligt ett planprogramsförslag.

1.1 Syfte

Syftet med denna utredning är att uppskatta och visualisera effekten av värme på människor, samt att visa hur olika val av vegetation och placering av byggnader kan påverka den upplevda temperaturen i ett område. Underlaget från analysen kan användas vid stadsplanering och utformning av offentliga platser för att förbättra mikroklimatet och säkerställa hälsa och liv, både idag och i ett framtida klimat.

Resultaten från modellen har identifierat områden som är särskilt påverkade av hög värmeutveckling enligt en mängd underliggande data. I dessa områden kan det vara relevant att överväga åtgärder för att minska risken för värmestress för människor som vistas där.

Utredningen har analyserat upplevd temperatur på en normalvarm högsommardag och en extrem högsommardag, vid olika tidpunkter över dagen. Den inkluderar även en analys av framtida klimat enligt RCP4.5 och RCP8.5 till slutet av seklet (2100) för extremdag och högsommardag.

1.2 Avgränsning

I utredningen ingår det att analysera två platser inom Malmö stad: Smörkajen och Lorensborgsgatan. Dessa platser analyserades för en normalvarm högsommardag och en extremvarm högsommardag. Nedan presenteras de två händelserna (datumet anger vilken dag meteorologiskt underlag har hämtats från och används i modellerna):

- Extremvarm högsommardag, datum 1994-07-26
- Normalvarm högsommardag, datum 2022-06-24

Två typer av modeller användes i analysen, benämnda PET-modellen och SOLWEIG-modellen. Dessa modeller används för att kartlägga hur risken för värmestress kan utvecklas i ett område. De två modellerna har olika styrkor och svagheter vilket presenteras under avsnitt 3.3 och 3.4.

Analysen undersökte ett urval av grönstrukturer för att förstå hur olika förslag på grön infrastruktur kan påverka mikroklimatet under ovan nämnda två dagar.

I samtliga studier har Sweco analyserat de två dagarna utifrån dagens klimat och framtida mikroklimat (baserat på IPCC:s klimatscenarion RCP4.5 samt RCP8.5 fram till år 2100).

Uppmät PET redovisas enbart i markhöjd och inte på byggnaders tak för att resultatet ska vara lättare att utläsa på resultatkartorna.

1.2.1 Smörkajen

Studieområdet omfattar detaljplaneområdet för Smörkajen, på fastigheterna Bylgia 1, Smörkontrollen 1 m.fl. (Dp 5611) i Nyhamnen och är baserat på Malmö stads detaljplaneförslag 2025. Studien ska här visa på konsekvenserna för mikroklimatet utifrån den idag föreslagna stadsstrukturen i pågående detaljplaneprocess. Studien ska även ge rekommendationer avseende plantering av grönska, orientering av byggnader etc. som kan förbättra situationen avseende mikroklimat i framtiden. I Figur 1-1 visas en karta över området där studieområdet är markerat i gult. Befintliga byggnader är mellan 2-7 våningar och nya byggnader föreslås vara mellan 5-10 våningar. För att se höjd per byggnad, se 3D-vy i Bilaga 1. Placering av träd och grönytor utöver alternativ 1-3 har gjorts i syfte att vidare studera grönstrukturens roll i analysresultaten.



Figur 1-1. Satellitbild över Smörkajen (Google satellitbilder, n.d). Studieområdet är markerat i gult.

1.2.2 Lorensborgsgatan

Studieområdet omfattar Lorensborgsgatan som för närvarande genomgår en stadsomvandling och förtätning. I analysen kommer olika gestaltungsförslag att analyseras. En karta över området visas i Figur 1-2, där studieområdet är markerat i gult och modellområdet i orange. Placering av byggnader, vägytor och grönstruktur är baserade på Malmö Stads planprogramsforslag for området. Inga andra alternativ har utretts.



Figur 1-2. Satellitbild över Lorensborgsgatan (Google satellitbilder, n.d). Studieområdet är markerat i gult och planprogramsområdet är markerat i orange.

2 Bakgrund

2.1 Urban folkhälsa

2.1.1 Värmeböljor

Klimatet förändras och extrem värme förväntas bli vanligare i Sverige. Begreppet värmebölja används för att beskriva en längre period med höga dagstemperaturer. Värmebölja definierades som två eller fler dagar i rad med maximal upplevd temperatur överstigande 26 °C (Folkhälsomyndigheten, 2022).

SMHI utfärdar varningar för höga temperaturer beroende på förväntad temperatur, längden på perioden samt vilka konsekvenser det kan medföra. Det finns två nivåer av varningar för höga temperaturer - gul och orange. En gul varning utfärdas om dygnets högsta temperatur förväntas uppnå 30 °C eller mer under tre till fyra dagar i följd. En orange varning utfärdas om dygnets högsta temperatur förväntas uppnå 30 °C eller mer under fem dagar eller fler i följd, eller om dygnets högsta temperatur förväntas uppnå 33 °C eller mer under minst tre dagar i följd (SMHI, 2021).

Enligt SMHI (2022) kan vi förvänta oss att värmeböljor inträffar oftare, varar längre och blir mer intensiva jämfört med idag. Högre temperaturer är en klimatrisk som både MSB och Folkhälsomyndigheten har identifierat och som redan påverkar många platser i Sverige. Hälsomässigt kan höga dagstemperaturer under en längre tid utgöra en risk. Folkhälsomyndigheten (2022) påpekar dock att negativa hälsoeffekter av värme kan uppstå även på kort tid, ofta redan samma dag eller efter 1–2 dagar. Hälsorisker som är kopplade till värmeböljor inkluderar utmattning, vätskebrist och hjärt- och lungsjukdomar (Folkhälsomyndigheten, 2015).

2.1.2 Sårbara grupper i staden

För att arbeta förebyggande mot värmeproblematik är det viktigast att fokusera på områden där samhällets sårbara grupper bor och vistas. Sårbara grupper inkluderar personer som är 65 år eller äldre, kroniskt sjuka, fysiskt och psykiskt funktionsnedsatta, gravida, små barn samt yrkesverksamma med tungt fysiskt arbete (Folkhälsomyndigheten, 2019). Folkhälsomyndigheten menar att detta är människor med begränsad förmåga att reglera sin kroppstemperatur eller en minskad kapacitet att uppfatta och reagera på risker. Dessa grupper löper större risk att drabbas av *värmestress*, vilket är ett tillstånd när kroppen inte längre kan reglera sin kroppstemperatur.

Internationellt beskrivs värme som "the silent killer" eftersom värmeböljor globalt sett orsakar flest dödsfall till följd av väderfenomen (SMHI, 2022). En studie visar att under den kraftiga värmeböljan sommaren 2018 i Sverige ledde överdödlighet orsakade av värmestress, med cirka 600–750 dödsfall (MSB och SMHI, 2020).

2.1.3 Framtida utsläppsscenarioer

För att kunna förutsäga det framtida klimatet behöver man göra antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser. SMHI har modellerat det framtida klimatet utifrån olika utsläppsscenarioer kallade "Representative Concentration Pathways" (RCP) på engelska. RCP-scenarierna uttrycks utifrån strålningsdrivning (W/m²) som förväntas uppnås år 2100. Inom forskning har främst scenarierna RCP 4,5 och RCP 8,5 studerats. RCP 4,5 motsvarar ökning av utsläpp fram till 2040 för att sedan minska, medan RCP 8,5 motsvarar framtida utsläpp som fortsätter att öka i likhet med

dagens situation (ett så kallat "business as usual"-scenario). De två scenarierna täcker en stor variationsbredd vad gäller framtida koncentrationer av växthusgaser i atmosfären och båda dessa scenarier visar att det blir fler dagar med höga temperaturer i framtiden. Värmeböljor bedöms därmed bli allt vanligare i Sverige de kommande decennierna.

2.2 Urbana värmeöar och mikroklimat

Mikroklimat avser de lokala klimatförhållandena inom ett specifikt område, som kan skilja sig från det omgivande klimatet. Dessa förhållanden påverkas av faktorer som vegetation, topografi, byggnader och mänsklig aktivitet. I urbana miljöer kan mikroklimat ha betydande effekter på temperatur, luftfuktighet och vindmönster.

Ett särskilt fenomen relaterat till mikroklimat är urbana värmeöar. Detta fenomen uppstår när städer blir varmare än de omgivande landsbygdsområdena, främst på grund av mänskliga aktiviteter och den omfattande användningen av byggmaterial som absorberar och lagrar värme, såsom betong och asfalt. Urbanisering förändrar den befintliga markanvändningen, vilket minskar grönytor och vattenytor som annars skulle bidra till att kyla ned området. Som ett resultat kan temperaturerna i staden bli upp till flera grader högre, vilket påverkar både livet i staden och den övergripande energiförbrukningen.

Att förstå och hantera dessa mikroklimat och urbana värmeöar är avgörande för att skapa hållbara och hälsosamma städer i framtiden. Dagtid finns de varmaste platserna i vindskyddade och solbelysta områden nära bebyggelse med ingen eller lite vegetation. Nattetid finns de varmaste platserna i tätbebyggda centralt belägna områdena med lite eller ingen vegetation.

2.2.1 Värmefaktorer i planering och gestaltning

Folkhälsomyndigheten har sammanställt följande faktorer som styr värmeutvecklingen i ett område, kopplat till planering av stadens kvartersstruktur, grönstruktur, markanvändning, ytmaterial och vattenförekomster:

- Hårdgjorda, icke genomsläppliga ytor såsom asfalt och markbetong - absorberar värme
- Mörka ytor tex. svarta tak, mörk plåt, asfalt och mörka fasader. – kan inte reflektera solens strålar utan absorberar värmen
- Grönområden med låg vegetation – såsom gräs och lägre buskar, anses vara neutral
- Grönområden med hög vegetation – har nedkylande effekt
- Träd – har nedkylande effekt, framför allt genom skuggbildning men utöver detta genom evapotranspiration (avdunstning och transpiration). Så länge trädens rötter har tillgång till vatten transpirerar de ut vätska via klyvöppningarna som sedan avdunstar och sänker den omgivande lufttemperaturen. Vid längre torra och varma perioder håller dock träden sina klyvöppningar stängda för att hushålla med sitt vatten. Olika typer av träd har också olika stor skuggningsförmåga.
- Närhet till vatten – kan beroende på plats och årstid ha antingen en nedkylande eller värmande effekt

- Byggnader – ger skugga som nedkylande effekt, men byggnader kan också avge värme från ventilationsaggregat och absorberad värme i material. Tätheten i stadsstrukturen och avstånd mellan byggnaderna såväl som gaturummens utformning och riktning påverkar också mängden vind.

Det är genom att arbeta med dessa faktorer inom Malmö stad och andra kommuner, som det kan skapas förutsättningar för ett hälsosamt utomhus- och inomhusklimat. Under planeringsprocessen och vid utformning av mark kan arbete med dessa förutsättningar skapa bättre utformade ytor för att motstå urban uppvärmning och för de som bor och vistas inom kommunen. Se avsnitt 2.4 för mer detaljer.

2.3 Värmestress

Värmestress uppstår när kroppen förlorar förmågan att reglera sin temperatur, vilket kan leda till ökad ohälsa och dödlighet. Värmestressen påverkas av den upplevda temperaturen genom en mängd faktorer såsom bristen på skugga och lokala vindförutsättningar. Den urbana befolkningen är särskilt sårbar under värmeböljor, på grund av det lokala mikroklimatet som skapas i städer och deras byggnader. En av de mest effektiva metoderna för att motverka värmestress, både på dagen och natten, är att öka mängden vegetation. Detta kan förbättra hälsan och välbefinnandet för de som bor i städer. För att dämpa värmestressen är det därför viktigt att ha stora grönområden, parker och träd i närheten av byggnader där människor bor och arbetar, i kombination med relativt tät (skuggande) bebyggelse och ljusa (reflekterande) material med låg värmekapacitet. Detta blir alltmer avgörande i ljuset av den globala uppvärmningen (Folkhälsomyndigheten, 2018).

2.4 Meteorologi

Den temperatur som man upplever när man vistas utomhus påverkas av ett flertal meteorologiska faktorer. Lufttemperatur, luftfuktighet, vind, solens strålning och lufttryck påverkar upplevd temperatur vilket förklaras kortfattat nedan. Det är hur dessa olika faktorer samverkar på ett komplext sätt som påverkar hur vi upplever temperaturen i olika miljöer.

2.4.1 Lufttemperatur

Den faktiska temperaturen i luften är den mest uppenbara faktorn. Högre temperaturer leder ofta till en känsla av värme. Lufttemperaturen som redovisas av exempelvis SMHI mäts på ett standardiserat och kvalitetssäkrat sätt enligt tydliga riktlinjer från WMO (World Meteorological Organization). Vid mätningarna används noggrant kalibrerade termometrar som är placerade på en standardiserad höjd av 2 meter över marknivån och som skyddats mot direkt solljus eller andra strålningskällor mm. Detta medför att den temperatur som observeras av exempelvis SMHI inte är den som upplevs av människorna som vistas i närheten.

Två andra temperaturbegrepp som kommer att användas i rapporten är strålningstemperatur samt fysiologiskt upplevd temperatur (PET), vilka förklaras kortfattat nedan.

2.4.1.1 Strålningstemperatur

Strålningstemperatur är ett mått på den temperatur som en yta skulle ha om den strålade ut den mängd energi som den faktiskt avger i form av elektromagnetisk

strålning. Denna temperatur beräknas utifrån den infraröda strålningen som ytan avger och kan användas för att uppskatta hur varmt det känns i omgivningen.

2.4.1.2 Fysiologiskt upplevd temperatur (PET)

Fysiologiskt upplevd temperatur ((Physiological Equivalent Temperature, förkortad PET) är en indikator på hur temperaturen upplevs av människor, med hänsyn till både temperatur och andra meteorologiska faktorer som luftfuktighet, vind och solstrålning. PET är utformad för att bättre reflektera människors komfortnivå och kan därför vara högre eller lägre än den faktiska lufttemperaturen. Den används ofta inom klimatologi och urban planering för att bedöma hur olika väderförhållanden påverkar människors välbefinnande och hälsa, särskilt under extremt väder som värmeböljor eller kalla perioder.

Tabell 2-1. Överblick av PET klasser med associerad upplevd och fysiologisk stressnivå. (Källa: Development of standard heat stress test).

PET (°C)	Upplevelse	Fysiologisk stressnivå
0–4	Mycket kallt	Extrem köldstress
4–8	Kallt	Kraftig köldstress
8–13	Svalt	Moderat köldstress
13–18	Friskt	Lätt köldstress
18–23	Komfortabelt	Ingen temperaturstress
23–29	Något varmt	Lätt värmestress
29–35	Varmt	Moderat värmestress
35–41	Hett	Hög värmestress
41–46	Mycket hett	Extrem värmestress (nivå 1)
46–51		Extrem värmestress (nivå 2)
51–56		Extrem värmestress (nivå 3)
>56		Extrem värmestress (nivå 4)

2.4.2 Luftfuktighet

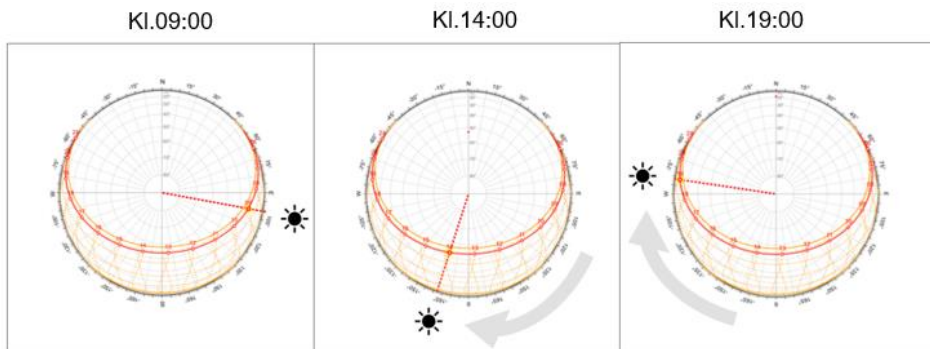
Hög luftfuktighet gör att det känns varmare än vad termometern visar, eftersom hög fuktighet hindrar svett från att avdunsta och därmed minskar kroppens förmåga att kyla sig. Vid måttliga lufttemperaturer påverkar inte luftfuktigheten de fysiologiska och sensoriska reaktionerna i kroppen nämnvärt, men hög luftfuktighet i samband med hög temperatur kan ge upphov till ökad värmestress och därmed ökade hälsoproblem (Folkhälsomyndigheten, 2018).

2.4.3 Vind

Vind kan ha en kylande effekt, vilket gör att det känns kallare än den faktiska temperaturen. Detta kallas "vindkyla". Vind kan på samma sätt minska den upplevda temperaturen i varma förhållanden och ge en viss lättnad. Mängden vind i ett mikroklimat kan också kopplas till bebyggelsens täthet respektive öppenhet.

2.4.4 Solstrålning

Direkt exponering för solens strålar kan öka den upplevda temperaturen, särskilt om man befinner sig i en öppen yta utan skugga. I Figur 2-1 beskrivs hur solen rör sig över jorden vid tre olika klockslag. Detta beror på att solens strålar träffar kroppen eller närliggande ytor som absorberar värmen från solen.



Figur 2-1. Solens rörelse över jorden vid tre olika klockslag.

2.4.5 Lufttryck

Även om dess effekt på upplevd temperatur är mindre direkt, kan lufttryck påverka vädermönster och därmed de andra faktorerna.

2.4.6 Klimatförändringar

Klimatförändringarna förväntas öka både frekvensen och magnituden av värmeböljor i Sverige. Med en ökning av genomsnittliga temperaturer, särskilt under sommarmånaderna, kommer värmeböljor att bli vanligare. Under klimatscenarier som medför högre nivå av växthusgasutsläpp, kan värmeböljor bli mer intensiva och varaktiga. Detta innebär att perioder av extrem värme kan leda till ökad värmestress för människor, djur och ekosystem, samt påverka vattenresurser och energiförbrukning i landet.

I denna studie har fokus legat på att beskriva inverkan av ett förändrat klimat utifrån klimatscenarierna RCP4,5 och RCP8,5.

Vid klimatscenario RCP4,5, som representerar en moderat ökning av växthusgaser, förväntas temperaturerna i Malmö under sommarmånaderna öka på medellång och lång sikt. På medellång sikt, fram till 2050-talet, kan sommartemperaturerna förväntas stiga med ungefär 2,5–3,0°C jämfört med nuvarande nivåer. På lång sikt, fram till slutet av seklet, kan ökningen vara omkring 3,0–3,5°C.

Vid klimatscenario RCP8,5, som representerar ett högre utsläpp av växthusgaser, förväntas temperaturerna i Malmö under sommarmånaderna öka markant på både medellång och lång sikt. På medellång sikt, fram till 2050-talet, kan sommartemperaturerna förväntas stiga med omkring 3,0–3,5°C jämfört med nuvarande nivåer. På lång sikt, fram till slutet av seklet, kan ökningen vara så mycket som 4,5–5,0°C eller mer.

2.5 Ytanvändningen

Olika typer av mark- och yt-användningen har en betydande inverkan på utvecklingen av urbana värmeöar. Städer med stor andel hårda ytor, såsom asfalt och betong, tenderar att absorbera och lagra mer värme än områden med mer vegetation och naturliga ytor. Genom att planera och utforma städer med mer grön och blå infrastruktur kan man minska effekterna av urbana värmeöar och skapa mer hållbara och behagliga livsmiljöer. Se avsnitt 2.1 för översikt av påverkande aspekter.

Nedan finns beskrivet mer i detalj kring centrala aspekter av hur markanvändning och planering av olika ytor påverkar urbana värmeöar.

2.5.1 Grön infrastruktur

Vegetation har en kylande effekt genom transpirering och skugga. Brist på grönområden, som parker och träd, kan förvärra effekterna av urbana värmeöar. Träd har flera temperaturreglerande egenskaper som bidrar till att skapa ett mer stabilt och behagligt mikroklimat i deras omgivning. Några av dessa egenskaper inkluderar:

- **Skuggning:** Träd ger skugga, vilket minskar direkt solljus som når marken och sänker den omgivande temperaturen. Stora, breda trädkronor ger mer skugga jämfört med mindre trädkronor.
- **Transpiration:** Genom en process som kallas transpiration avger träd vattenånga från sina blad. Denna avdunstning har en kylande effekt på luften omkring trädet, vilket kan bidra till att sänka temperaturen i urbana områden.
- **Luftcirkulation:** Träd kan påverka luftflödet i ett område. De fungerar som barriärer mot vinden, vilket kan leda till en minskning av vindens hastighet och därmed skapa en mer stabil och behaglig temperatur.

Variationerna i dessa temperaturreglerande egenskaper kan variera mellan olika träddarter på flera sätt:

- **Kronans form och storlek:** Träd med breda och täta kronor, som ekar och lindar, kan ge mer skugga jämfört med träd med smalare eller glesare kronor, som tallar.
- **Bladtyp och storlek:** Träd med stora, breda blad (som lövträd) kan ha högre transpiration och därmed en större kylande effekt än barrträd, som har mindre och mer nålaktiga blad som minskar vattenförlusten.
- **Växtsätt och höjd:** Höga träd kan ge skugga på större ytor, medan buskar och mindre träd kanske inte har samma påverkan på temperaturen.
- **Anpassning till klimat:** Olika träddarter har anpassat sig till olika klimat och jordar, vilket kan påverka deras tillväxt och därmed deras temperaturreglerande förmåga. Till exempel är vissa arter mer tåliga mot torka och kan därför ha mer effektiva mekanismer för att hantera värme.

Sammanfattningsvis spelar träd en viktig roll i temperaturreglering, och deras effekt kan variera kraftigt beroende på art, vilket gör det viktigt att välja rätt träd för att maximera dessa fördelar i urbana miljöer. I denna analys kommer fokus främst att ligga på trädens skuggande förmåga.

2.5.2 Blå infrastruktur

Med begreppet blå infrastruktur så menar man öppna vattenytor, såsom hav, sjöar, dammar och vattendrag. Dessa har betydande temperaturreglerande egenskaper som påverkar det lokala klimatet, exempelvis i en stad. Några av de viktigaste aspekterna är:

1. Hög värmekapacitet: Vatten har en hög värmekapacitet, vilket innebär att det kan lagra och frigöra stora mängder värme utan att temperaturen förändras dramatiskt. Detta gör att vattenytor kan fungera som en termoregulator, vilket bidrar till att mildra temperaturvariationer i omgivningen.
2. Uppvärmning och avkylning: Under dagen kan vattenytor absorbera värme från solen, vilket leder till en uppvärmning av vattnet. På natten, när temperaturen sjunker, avger vattnet värme tillbaka till luften, vilket hjälper till att hålla omgivningen varmare än den skulle vara utan vattenytor.
3. Kylningseffekt: Vattenytor kan ha en kylande effekt på omgivningen, särskilt under varma perioder. När vatten avdunstar, kräver denna process energi, vilket resulterar i en sänkning av temperaturen i närheten. Detta fenomen är särskilt tydligt vid hav, sjöar och dammar.
4. Reglering av nederbörd: Vattenytor kan också påverka nederbördsmönster genom att öka luftfuktigheten i området. Detta kan leda till mer lokal nederbörd, vilket ytterligare bidrar till att reglera temperaturen.
5. Variation mellan vattenytor: De temperaturreglerande egenskaperna kan variera beroende på vattenytans storlek, djup, och omgivande vegetation. Större vattenytor och djupare vattenkroppar kan ha en mer stabil temperatur och bättre förmåga att reglera klimatet jämfört med mindre och grundare vattenytor.

Dessa faktorer gör öppna vattenytor viktiga komponenter i ekosystemet och bidrar till att skapa ett mer stabilt och behagligt mikroklimat i deras omgivning. Öppna vattenytor leder också till ökad luftfuktighet, vilket kan ha en negativ effekt på hälsan vid höga lufttemperaturer.

2.5.3 Bebyggelsens täthet

Densiteten i en stadsdel samt typ av byggnadsstrukturer påverkar också luftflödet och kan skapa "kanaleffekter" där värme fångas mellan höga byggnader. Tätheten i stadsstrukturen, kvartersstruktur och avstånd mellan byggnaderna påverkar mängden vind och därmed förmågan att ta nytta av vindens nedkylande effekt. Även bredd och orientering av gaturum med eller mot områdets prevalenta vindriktning samt placering av öppningar i fasad kan påverka vindflödet och därmed medföra att varm luft stannar inom en värmeö eller inte. På liknande sätt kan bebyggelsen skapa förutsättningar för ljusinsläpp alternativt skuggbildning på ytor kring en byggnad såsom en innegård eller entréfasad.

2.5.4 Hårdgjorda ytor och materialval

Byggnader, vägar och andra hårda ytor reflekterar inte bara mindre solenergi utan lagrar också värme, vilket bidrar till högre temperaturer i städer jämfört med omgivande landsbygd. Genom att välja ljusare ytor i stadsmiljöer kan man genom "Albedoeffekten" använda olika materials förmåga att reflektera ljus från solen, i stället för att absorbera dess värme och därmed öka den upplevda temperaturen.

Det samma gäller genomsläppliga ytor jämfört med hårdgjorda ytor. Generellt påverkas markens förmåga att lagra strålad värme till sämre, ju mer genomsläpplig den är. Är marken genomsläpplig kan vatten dessutom stanna och dunsta för att kyla marken vid varmare förhållanden.

GRANSKNINGSVERSION

3 Metodbeskrivning

I följande kapitel kommer metoden för de två modellerna som har använts i denna analys, samt den indata som har applicerats, att beskrivas. Det första avsnittet behandlar meteorologiska data, följt av en beskrivning av grönstrukturerna vid Smörkajen och Lorensborgsgatan, uppbyggnaden av PET-modellen och SOLWEIG-modellen, samt det använda underlaget.

3.1 Meteorologi

För att genomföra analysen krävs det 1-timmesupplösning för de parametrar som ingår i respektive modell, vilket begränsade utsökningsperioden till mellan 1990–2024. Detta innebär att vi inte kunde använda oss av dagen där Malmö hade sitt värmererekord då det skedde 1947 (30 juni). Den högsta observationen var 34,0 °C under den dagen. För att representera en extremvarmdag användes i stället en dag under 1994.

I analysen har två meteorologiska typdagar applicerats;

- Extremvarm högsommardag, 1994-07-26
- Högsommardag, 2022-06-24

Extremvarm högsommardag är den varmaste sommardagen som har blivit uppmätt där det fanns komplett data för. För högsommardag så motsvarar det en varm sommardag, med maxtemperatur som överstiger 25°C (SMHI, 2025) och i detta fall hade en hög solinstrålning. Det underlag som inhämtades och användes som indata för modellerna listas nedan och samtliga observationer har en upplösning på 1-timme.

- Lufttemperatur
- Relativ fuktighet, RH
- Vindstyrka och vindriktning
- Globalstrålning.

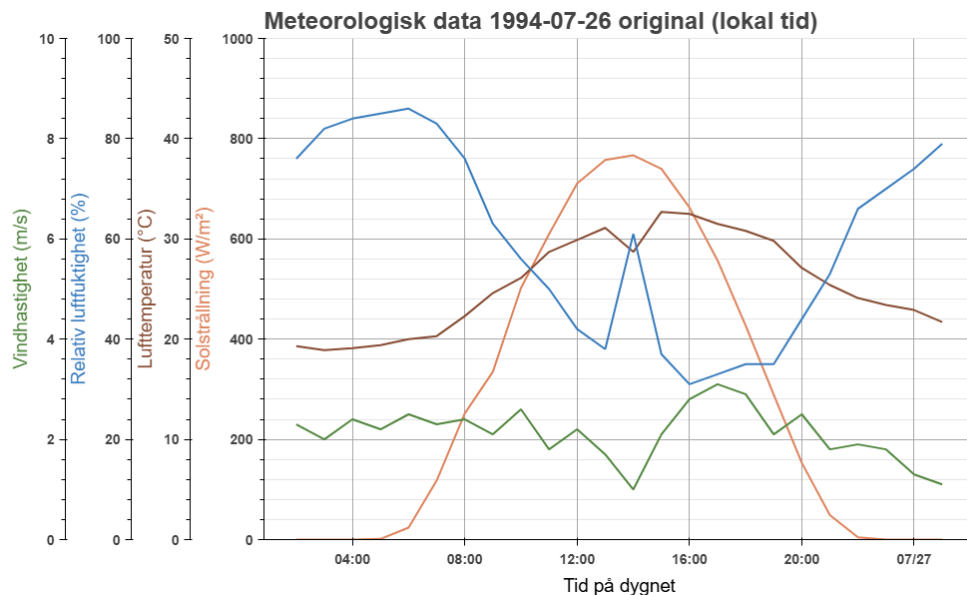
3.1.1 Extremdag

Extremdagen som har applicerats i analysen är inhämtad från den 26 juli 1994. Under den dagen skedde toptemperaturen kl.15:00, där temperaturen observerades vara 32,7 °C. Denna dag är den varmaste dagen sedan 8 juli 1989 (33°C) (SMHI, Väderobservationer, 2025).

Under sommaren 1994 uppmättes också 7 tropiska nätter, vilket innebär att lufttemperaturen aldrig understiger 20°C någon gång under dygnet. Detta är många jämfört med en typisk sommar, på en andra plats av flest uppmätta tropiska nätter är åren 1997 och 2021 med endast 2 observerade tropiska nätter. I Figur 3-1 presenteras den meteorologiska data inhämtad från 1994-07-26. Under dygnet som vi valt ut som studiens extremdag varierade den relativa luftfuktigheten mellan som lägst dryga 30% under eftermiddagens varmaste timmar och som högst över 80% på natten och tidig morgon.

Den globala solinstrålningen hämtades från SMHI:s solmätningsstation i Lund och indikerar en molnfri himmel under dagen och vinden var svag från övervägande sydostlig riktning, i snitt 2 m/s. För Malmö stad betyder detta generaliserat att

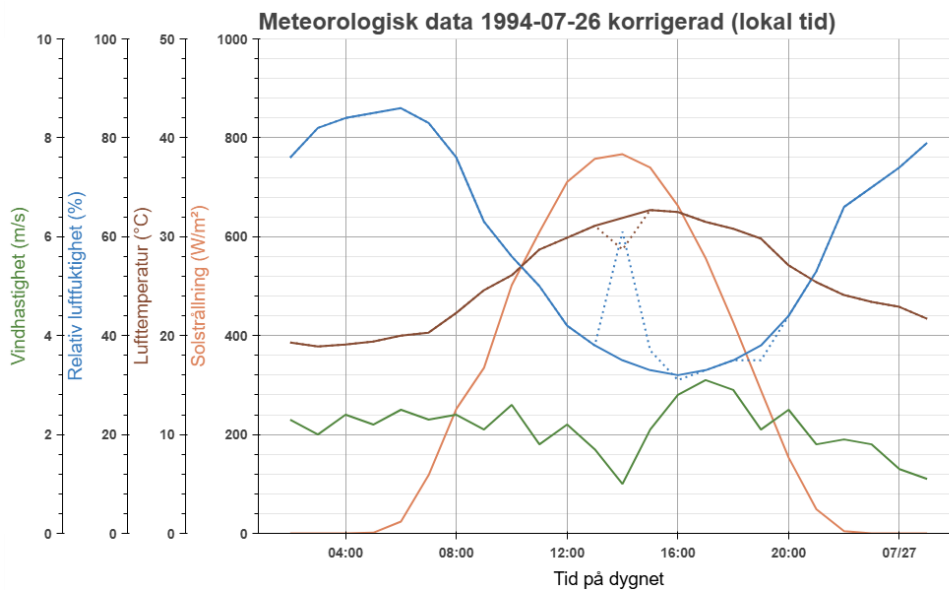
sommarluften rör sig in från sydost, värms upp över land när den passerar över södra Skåne och ofta ger varma dagar när den slutligen når in över Malmö.



Figur 3-1. Meteorologiska data (vindhastighet, relativ luftfuktighet, lufttemperatur, solstrålning) under 1994-07-26.

3.1.1.1 Bearbetning av data

I observationsdata för extremdagen så upptäcktes en sänka i temperatur omkring kl. 14:00 som tillsammans med snabb ökning i relativ fuktighet bedömdes kunna indikera på att en lokal, kortvarig regnskur passerade den stationen (se prickad-linje i Figur 3-2). Detta har inte kunnat verifieras då ingen nederbörd har registrerats på andra stationer, varken i Malmö stad eller i Malmö Sturup. Efter kl. 14:00 steg temperaturen kraftigt och maxvärdet för dagen observerades strax därefter. För att kunna använda underlaget för ändamålet att representera en extremdag har därför data vid kl.14:00 korrigerats, både temperaturen och den skarpa stigningen i fuktighet, och jämna kurvor har i stället använts, se Figur 3-2.

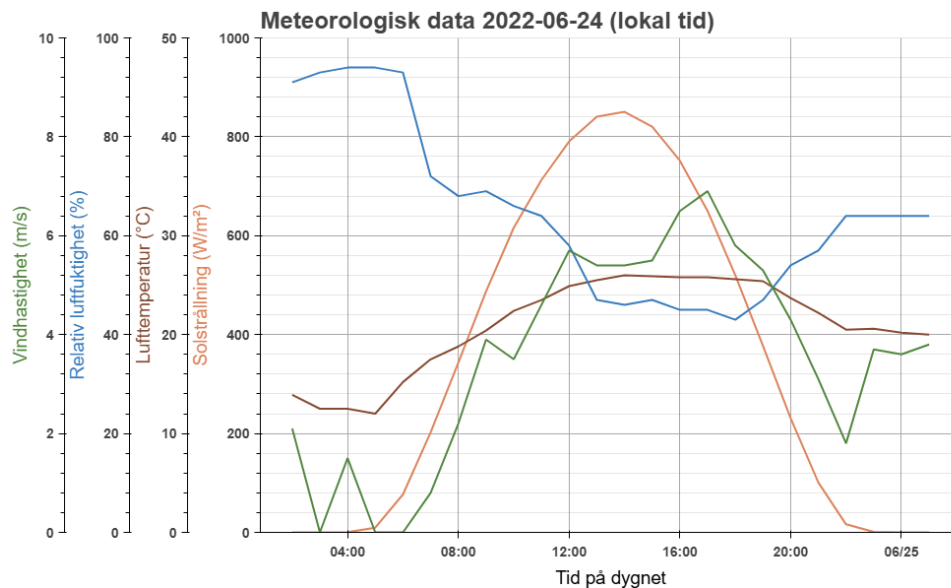


Figur 3-2. Korrigerat meteorologiska data som har använts i värmemodellen, prickade linjer visar original data.

3.1.2 Högsommardag

Högsommardagen som har applicerats i analysen är inhämtad från 24 juni 2022. Under denna dag nådde maxtemperaturen 26,0 grader kl.14:00. Se metrologiska data i Figur 3-3.

Högsommardagen var en solig och molnfri dag med sydostliga vindar. Snittvindhastigheten på 4 m/s och luftfuktigheten föll under eftermiddagen som lägst till 43%. Högsommardagen som valts har den högsta observerade globalinstrålningen i Malmö för en högsommardag, med 850,4 W/m². Detta kan, utöver den molnfria himlen, bland annat förklaras med att dagen inträffade bara tre dagar efter sommarsolståndet den 21 juni 2022, den dag då solen står som högst på himlen.



Figur 3-3. Original meteorologiska data under 2022-06-24.

3.2 Alternativ för grönstruktur

3.2.1 Förutsättningar för träd

Det underlag som har använts för träd vid framtagandet av grönstrukturerna är för befintliga träd LIDAR mätningar (se beskrivning i Bilaga 1) och för framtida träd enligt Tabell 3-1. Utöver nutidsscenarioet finns två framtida scenarier "efter 30 år" och "efter 70 år", där en tillväxtfaktor har applicerats på de befintliga träden inom analysområdet.

Tillväxtfaktorn är densamma för båda scenarierna, med en ökning på +2,32 meter för trädhöjden och +6 meter för krondiametern, baserat på historiska data från Malmö Stad. De träd som använts i denna analys är av typen plataner.

Tabell 3-1. Nya träddimensioner (m) ut efter ålder. De redovisade dimensionerna omfattar trädets höjd, kronans bredd och total höjd.

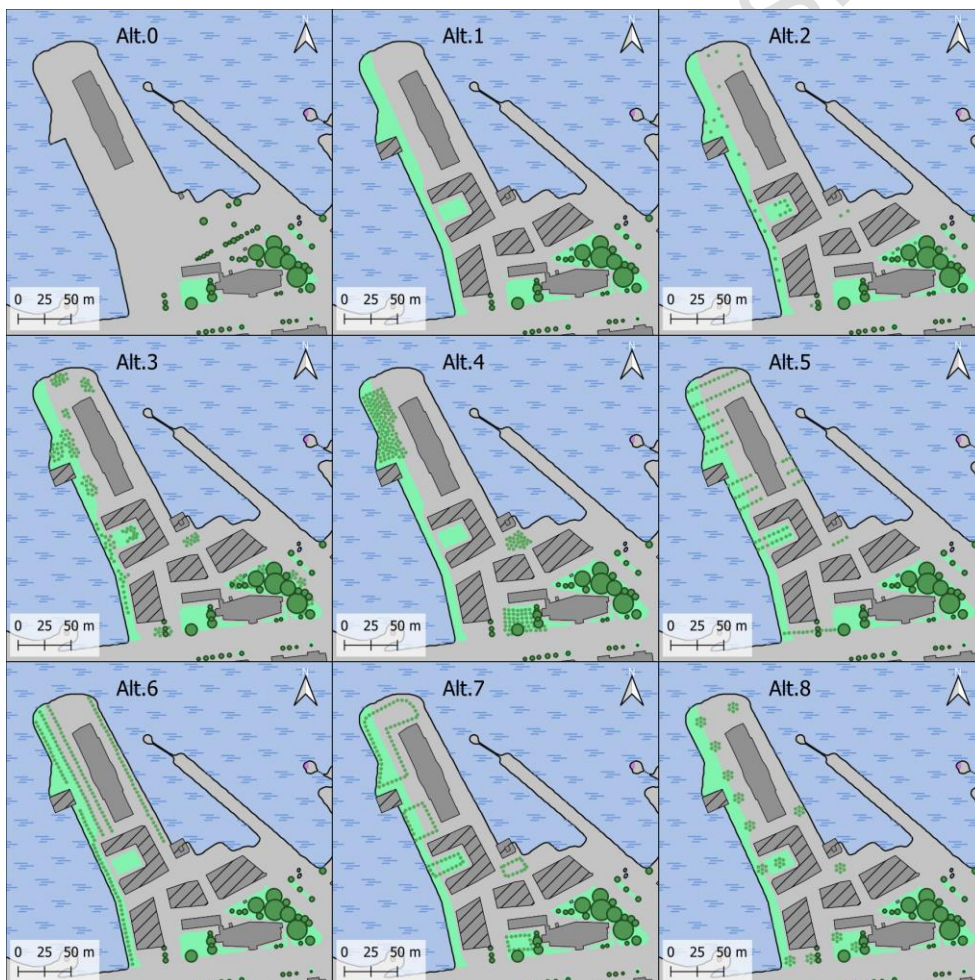
Nya träddimensioner (m)			
Ålder	Trädhöjd	Kronansbred	Stamhöjd
nutid	6	3,5	3
efter 30 år	15	15	3
efter 70 år	23	23	3

Grönstruktur har i allmänhet och träd i synnerhet stor betydelse för den upplevda temperaturen i ett område. För att studera inte bara trädets skuggande/svalkande egenskaper utan också göra en ansats till att analysera hur placeringen, grupperingen och orienteringen av träd påverkar den upplevda temperaturen under olika delar av dagen. Följande frågeställningar har undersökts vid valen av grönstruktur:

- Vilken skillnad gör det om träden står ett och ett, i klungor eller i rader och bildar alléer?
- Spelar det någon roll i vilken riktning alléerna går och därmed vilken skuggande effekt som området erhåller under olika delar av dagen beroende på solens läge på himlen?
- Kan man ersätta ett större träd med ett flertal mindre och erhålla motsvarande svalkande effekt?
- Hur skiljer sig trädens skuggande/svalkande effekt mellan när det är nyetablerat mot när det hunnit växa till sig ytterligare 30 respektive 70 år?

3.2.2 Området Smörkajen

Detta är några av de frågeställningar som har ingått i arbetet med att ta fram de åtta olika gestaltungsalternativ för studieområdet Smörkajen som illustreras i Figur 3-4 och beskrivs kort i Tabell 3-2 (i Bilaga 4 återfinns större figurer). För att se beskrivningen på hur träden i modellen är framtagna så återfinns det i Bilaga 2 och teckenförklaringen i Bilaga 3.



Figur 3-4. Grönstruktur för respektive alternativ, gräs visas i ljusgrönt. Befintliga träd visas i mörkgrönt med kantlinje, medan förslag på tillkommande träd i mellangrönt utan kantlinje. Befintliga byggnader visas i mörkgrått och nya byggnader visas i mörkgrått med svart skraffering. Övriga hårdgjorda ytor visas i ljusgrått. En fullstor version av varje enskild delfigur återfinns i Bilaga 4.

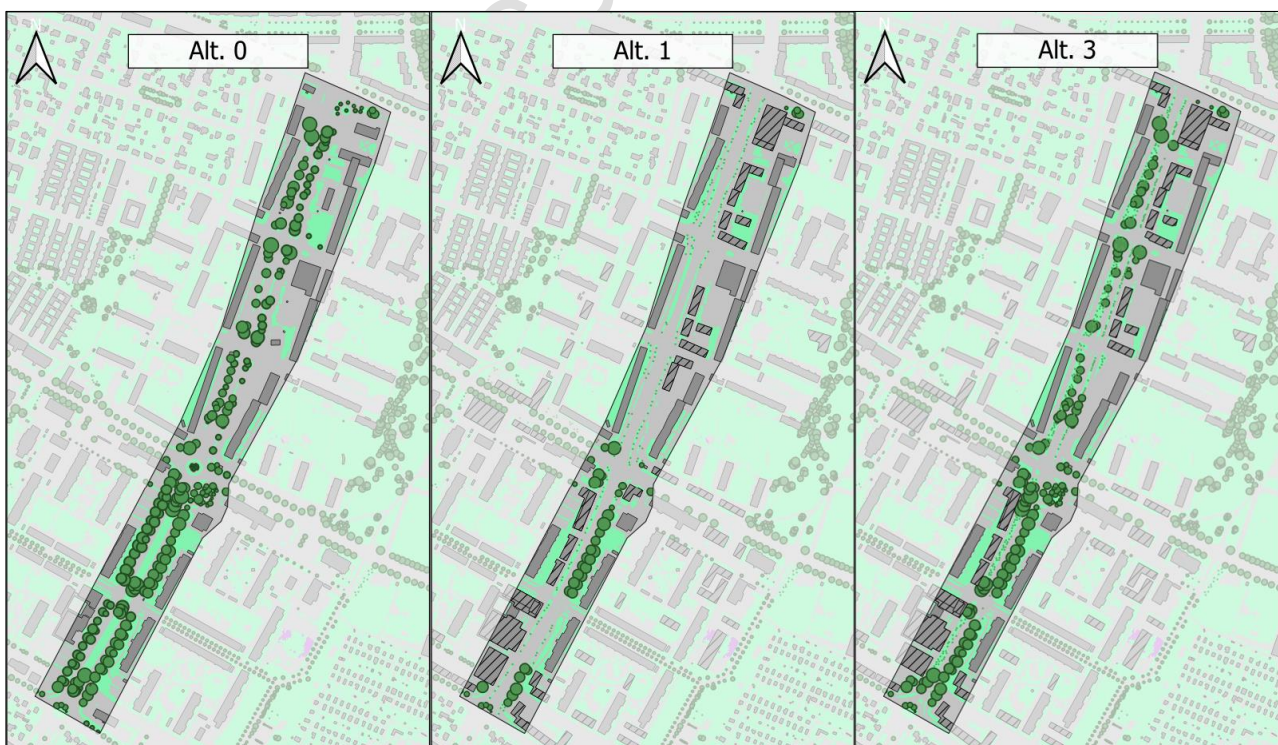
Tabell 3-2. Beskrivning av gestaltungsalternativ av grönstruktur för Smörkajen

Gestaltungsalternativ	Beskrivning	Antal nya träd
0 – Referensalternativ	Befintlig bebyggelse, markanvändning och trädplacering inom detaljplaneområdet.	0
<i>Samtliga alternativ 1-8 nedan har befintlig plus planerad bebyggelse enligt detaljplaneförslaget.</i>		
1 – Inga tillkommande träd	Förändrad grönstruktur med tillkommande gräs utmed kajens västra sida, samt i en innergård för planerad byggnad. Inga tillkommande träd.	0
2 – Planförslag enkelträd	Förändrad grönstruktur med tillkommande gräs utmed kajens västra sida samt i en innergård för en planerad byggnad Enstaka tillkommande standardträd i enlighet med planförslag från kommunen. Här finns variant A, B och C för nyetablerade samt 30 år respektive 70 år etablerade träd.	103
3 – Planförslag maxat	Förändrad grönstruktur med tillkommande gräs utmed kajens västra sida samt i en innergård för planerad byggnad. Inom den illustrerade cirkeln för träd i planförslaget placeras det maximalt antal standardträd som rymms.	244
4 – Tre parker med tätt placerade träd	Förändrad grönstruktur med tillkommande gräs utmed kajens västra sida samt i en innergård för en planerad byggnad. Tre nya skuggande parker etableras inom området.	182
5 – Vinkelräta alléer	Förändrad grönstruktur med tillkommande gräs utmed kajens västra sida samt i en innergård för en planerad byggnad. Trädalléer placeras vinkelräta mot kajens sträckning etableras..	105
6 – Parallella alléer	Förändrad grönstruktur med tillkommande gräs utmed kajens västra sida samt i en innergård med gräs för en planerad byggnad. Trädalléer som placeras parallellt med kajens sträckning etableras.	163
7 – Trädinramade parker och torg	Förändrad grönstruktur med tillkommande gräs utmed kajens västra sida samt i en innergård för planerad byggnad. Gröna parker, torg och andra hårdgjorda ytor, inramade av träd, på fem platser inom området.	130
8 – Träd i klungor och grupper	Förändrad grönstruktur med gräs utmed kajens västra sida samt med gräs i en innergård för en planerad byggnad. Ett större antal träd etableras i grupp om ca 7 träd inom detaljplaneområdet.	98

3.2.3 Området Lorensbergsgatan

Studieområdet Lorensbergsgatan med sin befintliga bebyggelse och etablerade grönstruktur med fullvuxna träd (för stora delar av gatan) skiljer sig tydligt från Smörkajen då gaturummet ska inrymma trafikåtgärder. Frågeställningarna kopplade till grönstrukturen blir därför andra för Lorensbergsgatan, för att analysera pågående samhällsutveckling i form av tillkommande bebyggelse och förändrad väginfrastruktur för att möta stadens behov. I detta studieområde agerar referensalternativet i stora delar som ett "status quo" som staden på kort inte vill försämrare i samband med föreslagna gestaltningsalternativ och på lång sikt förbättra utifrån ett värmestressperspektiv. Nedan presenteras frågeställningarna som har ingått i arbetet med att ta fram de olika gestaltningsalternativ för studieområdet Lorensbergsgatan som tagits fram av Malmö stad, och alternativen illustreras i Figur 3-5 och beskrivs kort i Tabell 3-4.

- Hur påverkas den upplevda temperaturen utmed olika delar av gatan beroende på gestaltningsalternativ?
- Hur lång tid tar det innan kompensatoriska åtgärder i form av nyetablerade träd kompenserar för nedtagandet av fullvuxna befintliga träd?
- I vilken mån kan tillkommande bebyggelse, genom en skuggande effekt från byggnadens höjd, ersätta befintliga träd som behöver fällas?
- Hur kan ett gestaltningsalternativ se ut, som möter stadens krav på en förbättrad trafiksituation och förtätning, men även fokuserar på bevarandet av befintlig grönstruktur?



Figur 3-5. Grönstruktur för de tre olika alternativen, gräs visas i ljusgrön. Befintliga träd visas i mörkgrön med kantlinje medan förslag på tillkommande träd i mellangrön. Befintliga byggnader visas i mörkgrå och nya byggnader visas i mörkgrå med svart skraffering. En fullstor version av varje enskild delfigur återfinns i Bilaga 5.

Tabell 3-3 Beskrivning av gestaltningsalternativ av grönstruktur för Lorensborgsgatan

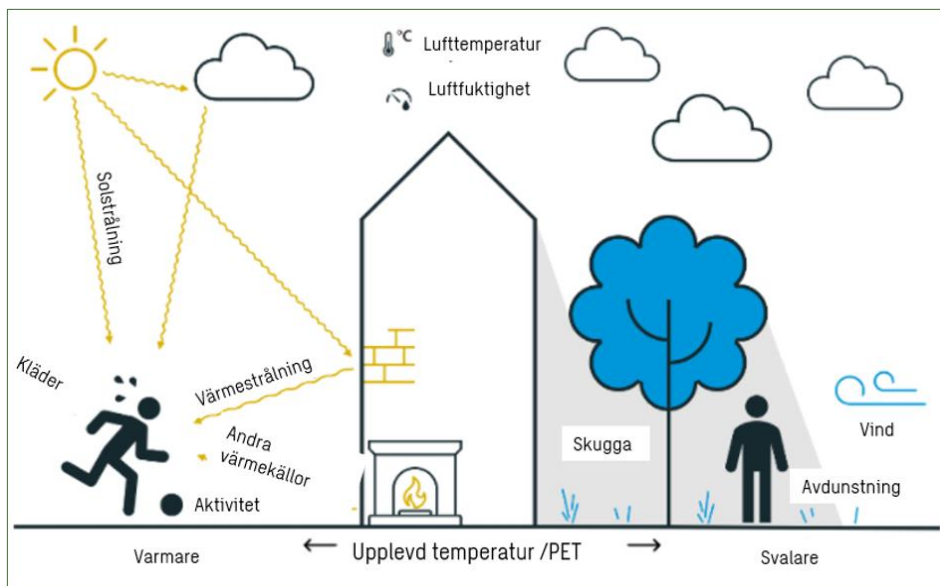
Gestaltningsförslag	Beskrivning	Antal nya träd
Alternativ 0	Alternativ 0 är referensalternativ för studieområdet. Och utgår ifrån befintlig bebyggelse, markanvändning, grönstruktur och trädplacering inom studieområdet.	0
Alternativ 1	Gestaltningsförslag baserat på gestaltningsalternativ 1. Stort fokus på förbättrad trafiksituation och bebyggelseutveckling. Mindre fokus på bevarande av befintlig grönstruktur och träd. Kompensatoriska åtgärder för att på längre sikt inte försämra grönstrukturen.	205
Alternativ 3	Gestaltningsförslag baserat på gestaltningsalternativ 3. Stort fokus på bevarande av befintlig trädinfrastruktur. Möter stadens krav på förbättrade trafiksituation. Möter stadens krav på förtätning.	353

3.3 PET – en metod för att analysera värmestress

PET-modellen (Physiological Equivalent Temperature) togs fram av Swecos medarbetare i Nederländerna och följer den standardiserade metod för bedömning av värmestress (upplevda temperaturen) hos människor som Nederländernas nationella institut för folkhälsa och miljö (Rijksinstituut voor Volksgezondheid (RIVM)) tagit fram i samarbete med bland andra KNMI (Nederländernas motsvarighet till SMHI). PET-modellen beräknar den upplevda temperaturen genom att ta hänsyn till flera olika faktorer:

- Lufttemperatur
- Vindhastighet
- Global strålning (direkt och indirekt solljus)
- Luftfuktighet

Dessa faktorer påverkar tillsammans med mark- och ytanvändningen (andel vegetation, hårdgörandegrad etc.) samt placeringen av byggnader och träd, hur värme utvecklas i ett område och risken för att människor ska uppleva värmestress (Se Figur 3-6). PET-modellen använder en energi-balansmodell som baseras på RayMan-modellen för att beskriva mikroklimatet och översätts sedan till olika grader av värmestress. För en mer ingående beskrivning av modellen hänvisas till rapporten "Ontwikkeling Standaard Stresstest Hitte" (de Nijs, o.a., 2019). Definitionerna för respektive faktor ses under avsnitt 2.4.



Figur 3-6. Illustration över olika faktorer som kan påverka hur den upplevda temperaturen utvecklas i ett område. Källa: Ontwikkeling Standaard Stresstest Hitte (RIVM Briefrapport 2019–0008. T. de Nijs et al.).

Resultatet från PET-modellen är underlag för den upplevda temperaturen vid olika tidpunkter och över dagen. I analysen har det även ingått att analysera ett framtida klimat enligt RCP4,5 och RCP8,5 till slutet av seklet (2100).

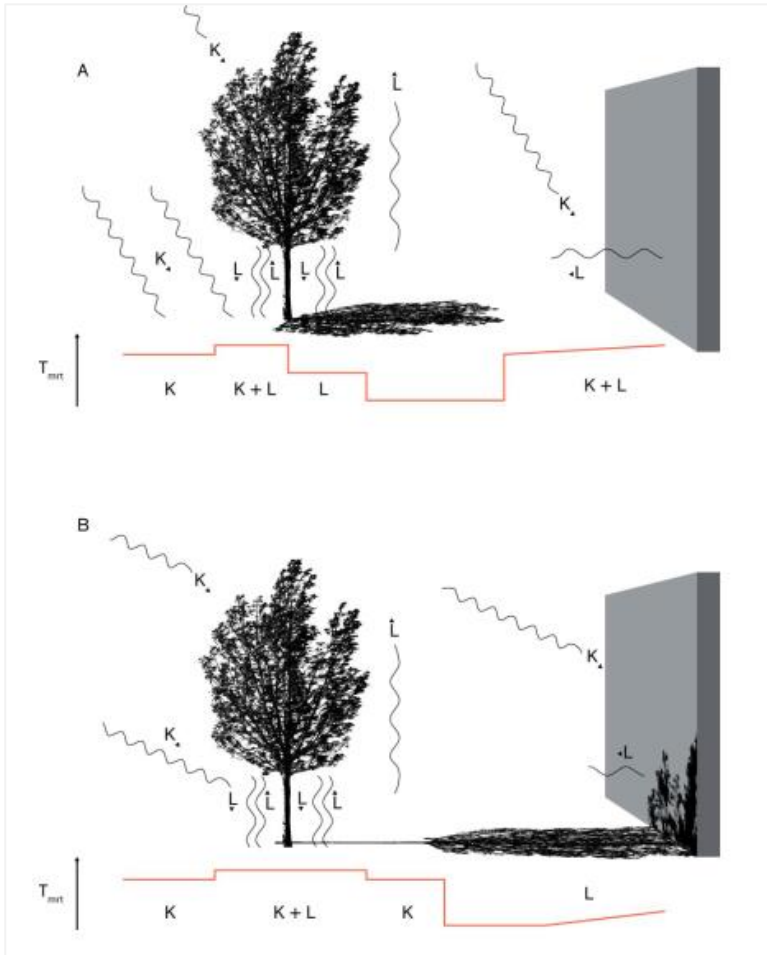
3.4 SOLWEIG – en metod för att analysera solstrålning och skuggning

SOLWEIG (Solar and Longwave Environmental Irradiance Geometry) är en strålningsmodell som används för att beräkna sol- och långvågstrålning i urbana och naturliga miljöer. Modellen tar hänsyn till faktorer som solens position, skuggning från byggnader och vegetation, samt ytors reflektion och absorption av solstrålning. SOLWEIG kan användas för att analysera hur solens strålning påverkar mikroklimat, temperaturförhållanden och energibalansen i olika miljöer. Resultatet ger beräkningar av strålningsförhållanden inom analysområdet.

I Figur 3-7 som är inhämtat från rapporten "Rumslig variation av strålningstemperatur i Hjorthagen och på Östermalm" (Johansson, et al. n.d.) och beskriver faktorerna i Solweig modellen och visar schematiskt hur strålningstemperaturen påverkas av ett träd och en byggnad. På följande sätt beskrivs figuren i rapporten:

"Till vänster om trädet i figuren når den direkta kortvågiga strålningen (K) marken och ger hög strålningstemperatur. På grund av solvinkeln når den kortvågiga strålningen även in under trädet, men här höjs temperaturen något på grund av att långvågig strålning (L) emitterad från marken fångas upp av trädet och strålar tillbaka. Till höger om trädstammen skuggar trädet marken och strålningstemperaturen sjunker eftersom den kortvågiga strålningen är blockerad. När trädet inte längre skymmer himlen försvinner den långvågiga strålningen ut i atmosfären, och strålningstemperaturen är här som lägst om marken samtidigt är i skugga. Närmare byggnaden längst till höger i figuren ökar strålningstemperaturen på grund av att långvågig strålning emitteras från byggnaden. I B står solen lägre vilket motsvarar morgon eller kväll sommartid eller mitt på dagen vintertid. Här når

den kortvågiga strålningen in under hela trädet och skuggan kastas så pass långt att den kortvågiga strålningen kan nå marken innan strålningstemperaturen sjunker till den lägsta nivån i skuggan. När solen står lågt faller en större del av väggar i skugga vilka generellt sett får en lägre yttemperatur och inflytandet från emitterad långvågig strålning är mindre jämfört med situationen i A”



Figur 3-7. Schematisk variation av strålningstemperaturens variation och dominerande energiflöden i närheten av ett träd och en vägg vid a) hög solvinkel 58° och b) låg solvinkel 25°. Källa: "RUMSLIG VARIATION AV STRÅLNINGSTEMPERATUR I HJORTHAGEN OCH PÅ ÖSTERMALM" (Johansson, et al. n.d.).

3.5 Underlag

I Tabell 3-4 redovisas vilka underlag som Sweco har använt sig av för att bygga upp de presenterade modellerna. Beskrivning av LIDAR-data ses i Bilaga 1.

Tabell 3-4. Underlag till värmestressanalyserna.

Underlag, parametrar	Källa
Studieområdet	Malmö stad
DSM	Malmö stad (framtagen från LIDAR)
DTM	Malmö stad (framtagen från LIDAR)
Byggnader	Malmö stad
Mark- och yt-användning	Malmö stad
Träddata*	Malmö stad (framtagen från LIDAR)
Global strålning	SMHI, Lund sol, stations ID 55345
Vindhastighet	SMHI, Malmö A, stations ID 52350
Relativ luftfuktighet	SMHI, Malmö A, stations ID 52350
Lufttemperatur	SMHI, Malmö A, stations ID 52350
Solberäkning	NOAA

*Träddata för befintlig vegetation har tagit hänsyn till höjd och omfång

Andra faktorer såsom typer av lägre vegetation annat än träd, samt ytors material och reflektivitet har inte studerats eller dokumenterats och nämns under begränsningar i kapitel 6.

4 Resultat

I detta kapitel redovisas ett urval av resultat av de beräkningar av upplevd temperatur (PET) som har modellerats för de två studieområden; Smörkajen (avsnitt 4.1) och Lorensborgsgatan (avsnitt 4.2). Det som redovisas är ett urval av resultat som valts för att illustrera viktiga aspekter av de mekanismer som påverkar och förstärker eller mildrar den värmestress som människor skulle uppleva utomhus i något av de två studieområdena under en normal högsommardag eller en extremvarm högsommardag. De rörliga parametrar som studerats är solens riktning och höjd på himlen (som påverkar övriga meteorologiska värden) samt grönstrukturens gestaltning i olika presenterade alternativ. Vindriktning, vindstyrka och luftfuktighet är olika mellan de två olika dagarna (normal högsommardag hämtat från 2022-06-24 och extremvarm högsommardag hämtat från 1994-07-26) som har studerats.

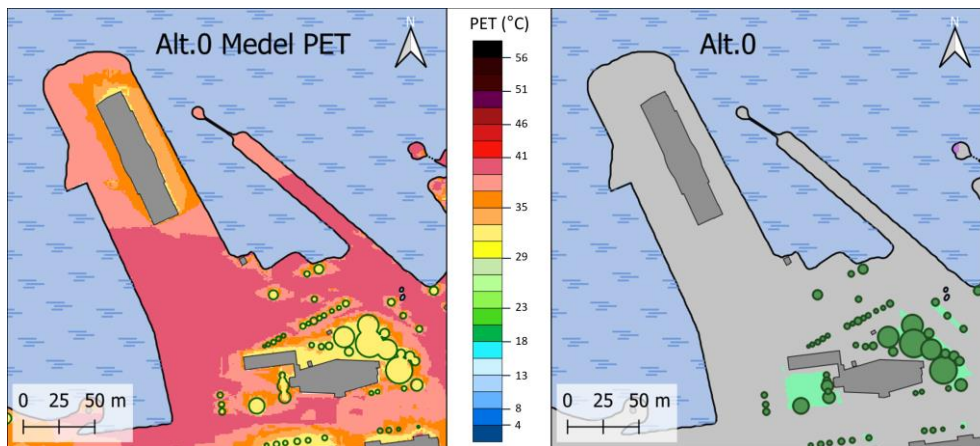
En mer omfattande sammanställning av resultatet för respektive alternativ återfinns i Bilaga 6 (Smörkajen) och Bilaga 7 (Lorensborgsgatan). Resultatet redovisas i kartbilder från PET-modellen. Resultatet som helhet har levererats till kommunen i form av GIS-skikt.

Temperaturintervallen som ligger till grund för den färgskala som används i visualiseringen av resultaten för värmestress bygger på de temperaturintervall för olika nivåer av värmestress som RIVM, den nederländska folkhälsomyndigheten tagit fram i en omfattande studie för framtagande av en standardiserad metod för beräkning av upplevd värmestress hos människor (de Nijs, o.a., 2019), se även beskrivningen avsnitt 3.3. I några enstaka fall har detta lett till visuella effekter som kan ge ett intryck av att precisionen är större än den faktiskt är (falsk noggrannhet). Till exempel kan en temperaturändring från 37,9 till 38,0 grader se ut att vara en mer dramatisk förändring i figurerna än den egentligen är, eftersom färgen ändras tydligt just där.

4.1 Smörkajen

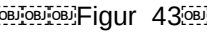
I detta avsnitt redovisas ett urval av beräkningsresultat med avseende på olika aspekter av värmestress för studieområdet Smörkajen. För mer detaljer kring det specifika studieområdet se avsnitt 1.2.1 och för de olika gestaltningsförslag för tillkommande grönstruktur se avsnitt 3.2.

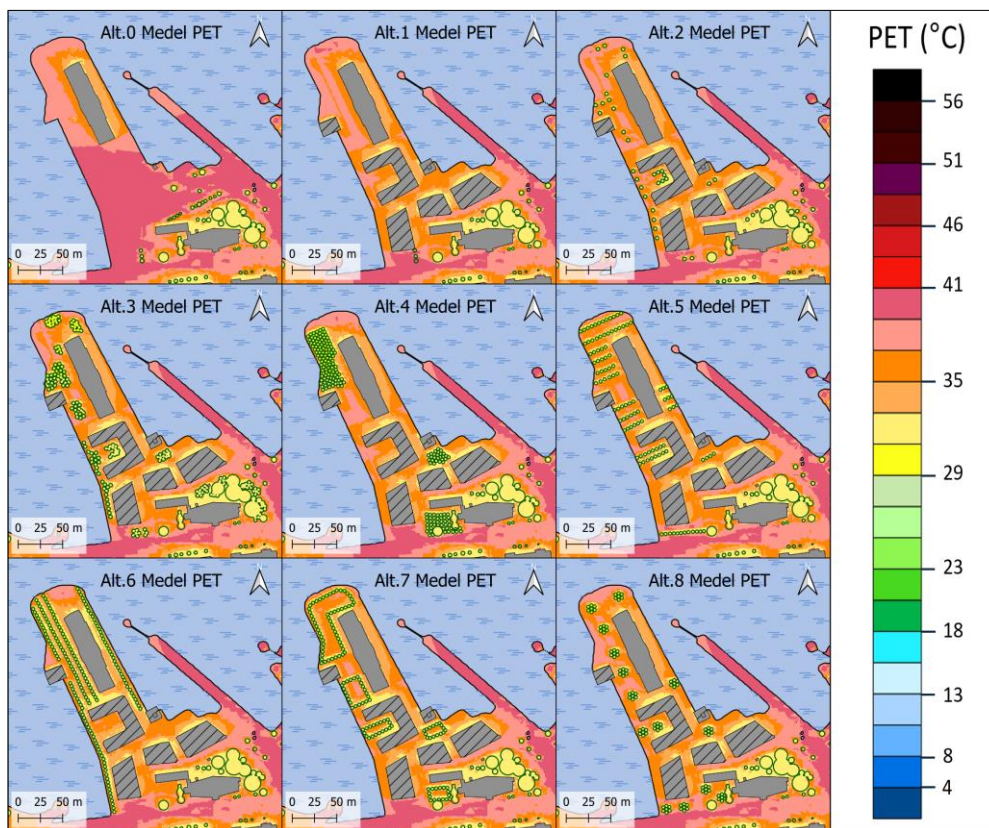
I Figur 4-1 redovisas beräknad upplevd medeltemperatur (PET) för detaljplaneområdet så som det är utformat idag. Den nuvarande utformningen av området kommer att agera som referensfall (Alternativ 0) i senare analyser. Till vänster (t.v.) i figuren redovisas den beräknade upplevda medeltemperaturen (PET) mellan kl. 08:00 på morgonen och kl. 20:00 på kvällen lokal tid. I de sammantaget mest solbelysta delarna av detaljplaneområdet uppgår den upplevda medeltemperaturen till ungefär 40 grader eller strax däröver, vilket motsvarar hög värmestress. I de områden som skuggas av befintliga träd återfinns de platser med lägst upplevd medeltemperatur. Här uppgår den (PET) till 31–32 grader, vilket motsvarar medelhög värmestress.



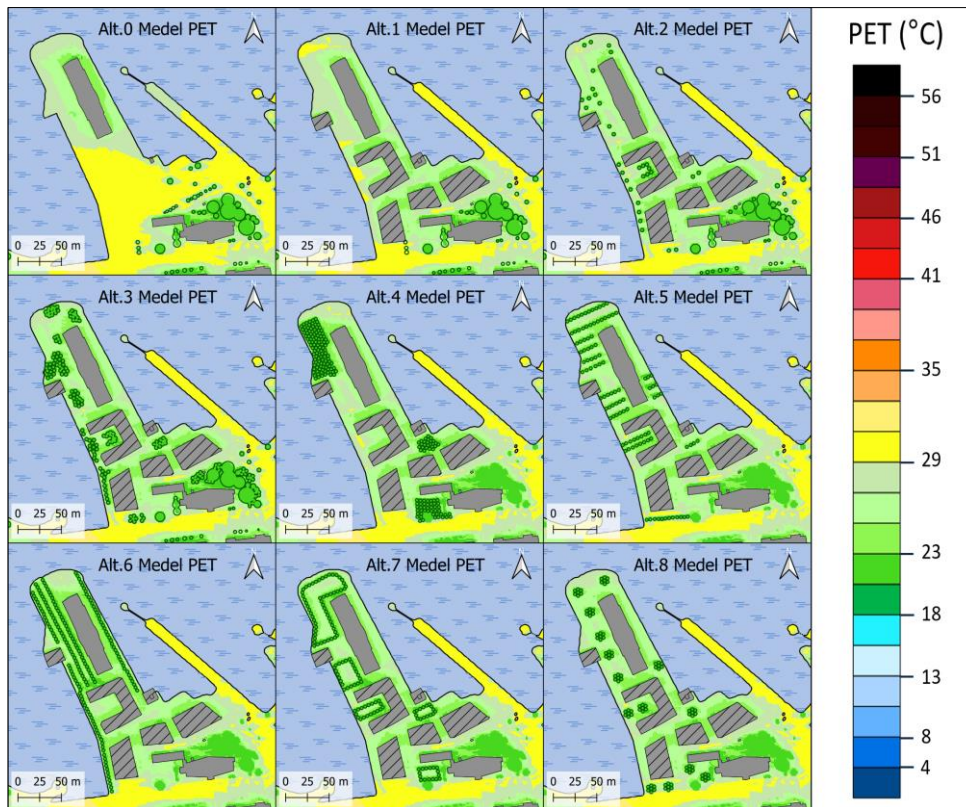
Figur 4-1. Beräknad upplevd medeltemperatur (kl. 08:00 - 20:00) (t.v.) för detaljplaneområdet i samband med en extremvarm högsommardag i nuvarande klimat och gestaltning för alternativ 0 (t.h.).

4.1.1 Medeltemperatur nutid PET

Den upplevda temperaturen (PET) inom detaljplaneområdet skiljer sig avsevärt beroende på vilken plats man befinner sig samt på gestaltningen av såväl byggnader som grön infrastruktur (gräsklädd mark, buskar och framför allt träd). I Figur 4-2 och Figur 4-3 redovisas resultatet för beräknad upplevd medeltemperatur (kl. 08:00 - 20:00) i detaljplaneområdet för totalt nio olika gestaltungsfor-slag (se 3.2). Figur 4-2 redovisas upplevd medeltemperatur i samband med en *extremvarm högsommardag* och  redovisas upplevd medeltemperatur i samband med en *normalvarm högsommardag*. För mer detaljer hur den upplevda temperaturen förändras inom olika delar av detaljplaneområdet för de olika gestaltungsfor-slagen se analysen i avsnitt 5.2 eller Bilaga 6.



Figur 4-2. Extremvarm högsommardag återges i figuren för de olika alternativen. Medelvärde (kl. 08:00 - 20:00) för upplevd temperatur (PET) i samband med en extremvarm sommardag. Översta raden visar från vänster till höger alternativ 0, 1 och 2. Mellersta raden visar alternativ 3, 4 och 5. Nedersta raden visar alternativ 6, 7 och 8. En fullstor version av varje enskild delfigur återfinns i Bilaga 6.

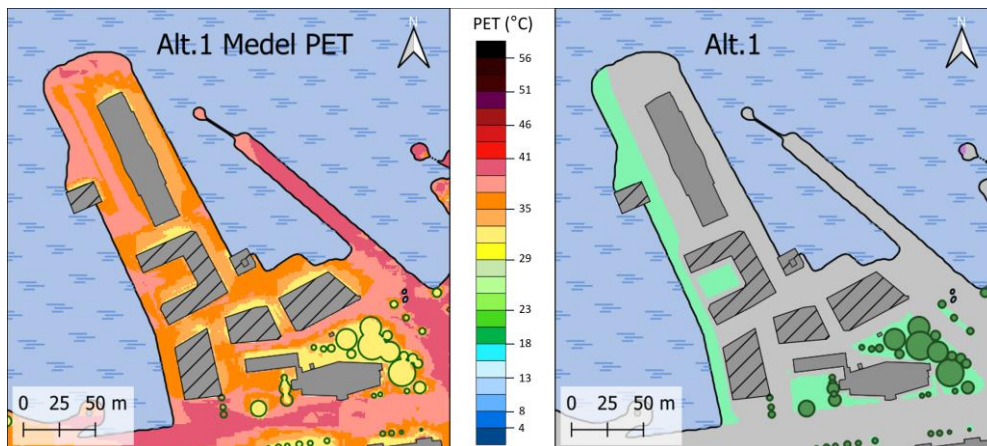


Figur 4-3. Normalvarm högsommardag återges i figuren för de olika alternativen. Medelvärde (kl. 08:00 - 20:00) för upplevd temperatur (PET) i samband med en normalvarm högsommardag. Översta raden visar från vänster till höger alternativ 0, 1 och 2. Mellersta raden visar alternativ 3, 4 och 5. Nedersta raden visar alternativ 6, 7 och 8. En fullstor version av varje enskild delfigur återfinns i Bilaga 6.

Nedan redovisas ett urval av de modellberäkningar som genomförts. Övriga resultat finns i Bilaga 6. Gestaltungsalternativen som valts ut är Alternativ 1, Alternativ 2 (träd 30 år) samt Alternativ 3 (träd nyetablerade). Vid analysen av dessa gestaltungsalternativ i avsnitt 5.2 kommer urvalet att motiveras. Där kommer även övriga gestaltungsalternativ för olika trädformationer att analyseras.

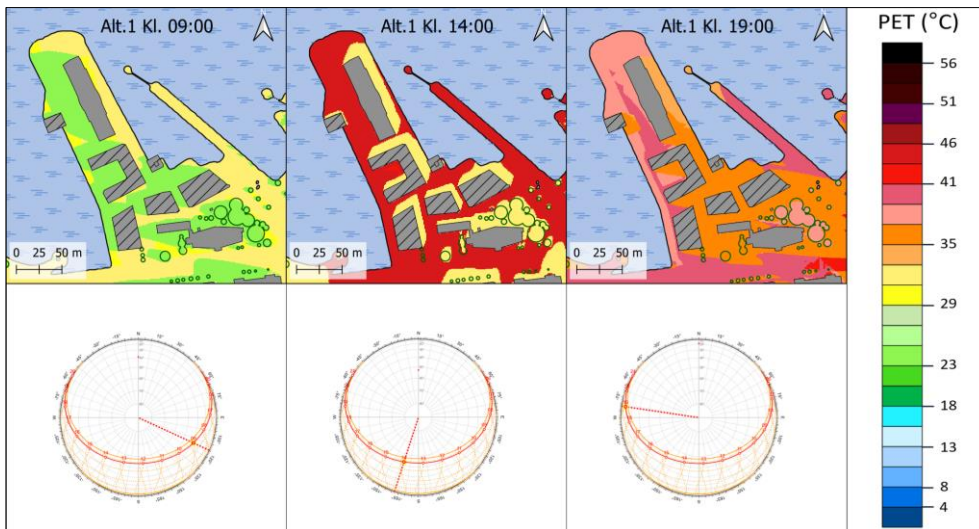
4.1.2 Gestaltungsalternativ 1

I Figur 4-4 redovisas den planerade markanvändningen inom detaljplaneområdet vid en gestaltning i enlighet med gestaltungsalternativ 1 (t.h.). Detta alternativ innehåller inga träd utöver de befintliga träd som finns inom området och som inte påverkas av planerad tillkommande bebyggelse. Planerad förändring av markanvändningen med gräs utmed pirens västra sida samt inom en planerad innergård redovisas i ljusgrönt för ytterligare detaljer kring grönsstrukturen samt hur de olika gestaltungsalternativen skiljer sig åt se avsnitt 3.2. Till vänster i figuren redovisas den beräknade upplevda medeltemperaturen (PET) mellan kl. 08:00 på morgonen och kl. 20:00 på kvällen lokal tid. I de sammantaget mest solbelysta delarna av detaljplaneområdet uppgår den upplevda medeltemperaturen till närmare 39–40 grader, vilket motsvarar hög värmestress. I de områden som skuggas av befintliga träd återfinns de platser med lägst upplevd medeltemperatur. Här uppgår den (PET) till 31–32 grader, vilket motsvarar medelhög värmestress.



Figur 4-4. Medelvärde (kl. 08:00 - 20:00) för upplevd temperatur (PET) i samband med en extremvarm högsommar dag (t.v.). Övergripande visualisering av detaljplaneområdets markanvändning till höger, med en gestaltning i enlighet med alternativ 1 med avseende på befintliga (mörkgrå) och planerade (mörkgrå svart-streckad) byggnader, marktäckning i form av asfalt/sten (ljusgrå) och gräs (ljusgrön) samt träd (olika nyanser av mörkare grön) och angränsande vatten (blå) (t.h.).

I och med solens uppgång i öster på morgonen skapas svalkande skugga väster om byggnaderna inom detaljplaneområdet samt under de befintliga träderna i detaljplaneområdets sydöstra del (se Figur 4-5, tidpunkt kl. 09:00). I takt med att solen stiger så minskar områdena som byggnaderna skuggar och dessa områden vandrar norr om byggnaderna mitt på dagen. I takt med solen gång över himlen mot väster vandrar de områden som byggnaderna skuggar åt öster där skuggorna förlängs alltmer när solen sjunker mot horisonten. De delar av detaljplaneområdet som är gräsbevuxna i stället för hårdgjorda framträder som något svalare. Den upplevda temperaturen är generellt svalare under befintliga träd än i omgivande område, i paritet med den svalka som återfinns i skuggan av byggnader. På kvällen kan man dock observera att trädens krona håller kvar den varma luften längre än omgivande områden som ligger i skugga från byggnader där man har öppen himmel ovanför.



Figur 4-5. Upplevd temperatur (PET) vid olika klockslag under en extremvarm högsommardag vid en gestaltning av detaljplaneområdet i enlighet med Alternativ 1. Från vänster till höger redovisas beräknad upplevd temperatur kl.09:00, kl.14:00 respektive kl.19:00. Under respektive figur för beräknad PET illustreras höjd på himlen vid respektive klockslag.

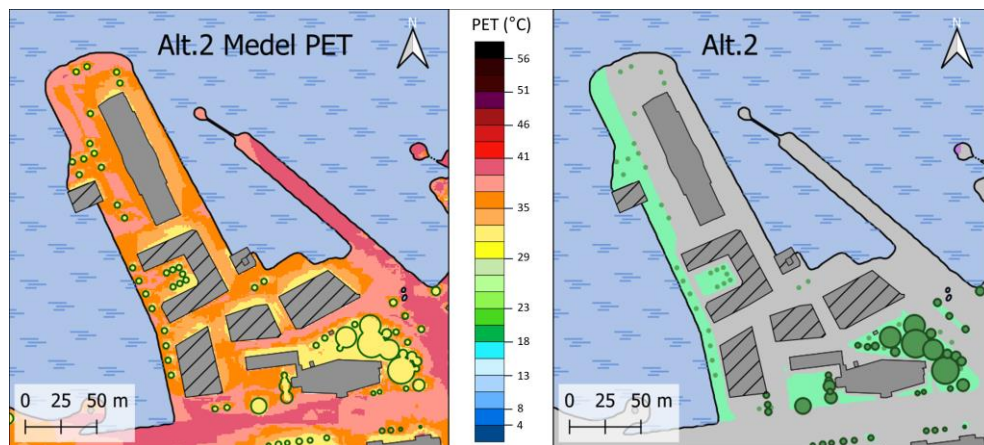
Sammanfattning av den upplevda temperaturen för respektive klockslag i Figur 4-5:

- **Kl. 09:00:** Under tidig förmiddag uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till drygt 31 grader vilket motsvarar medelhög värmestress. I de områden som skuggas av byggnader eller träd uppgår den upplevda temperaturen samtidigt till drygt 24 grader, vilket motsvarar låg värmestress.
- **Kl. 14:00:** Under tidig eftermiddag uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till närmare 45 grader eller strax däröver, vilket motsvarar extrem värmestress för de personer som vistas där. I de områden som skuggas av byggnader eller träd uppgår den upplevda temperaturen drygt 32 grader, vilket motsvarar medelhög värmestress.
- **Kl. 19:00:** Under kvällen uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till 38–40 grader, vilket motsvarar hög värmestress. I de områden som skuggas av byggnader uppgår den upplevda temperaturen till 34–36 grader medan den under träden uppgår till ungefär 37 grader, vilket motsvarar hög värmestress.

4.1.3 Gestaltningalternativ 2

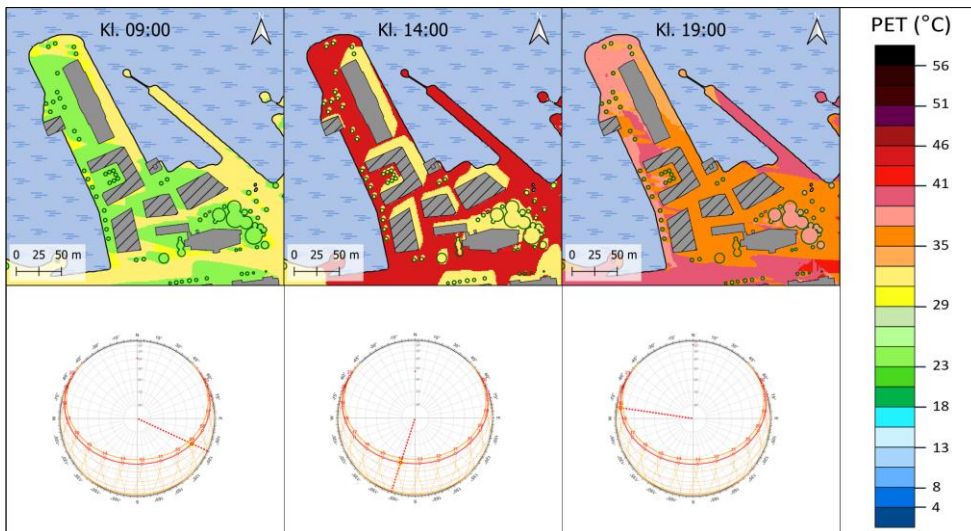
I Figur 4-6 redovisas den planerade markanvändningen inom detaljplaneområdet vid en gestaltning i enlighet med Alternativ 2 (t.h.). Utöver de befintliga träd som finns inom området etableras nya träd i enlighet med stadens planförslag och som inte påverkas av planerad tillkommande bebyggelse. Planerad förändring av markanvändningen med gräs utmed piren västra sida samt inom en planerad innergård redovisas i ljusgrönt för ytterligare detaljer kring grönstrukturen samt hur de olika gestaltningalternativen skiljer sig åt se avsnitt 3.2. Till vänster (t.v.) i figuren redovisas den beräknade upplevda medeltemperaturen (PET) mellan kl. 08:00 på morgonen och kl. 20:00 på kvällen lokal tid. I de sammantaget mest solbelysta

delarna av detaljplaneområdet uppgår den upplevda medeltemperaturen till närmare 38–40 grader, vilket motsvarar hög värmestress. I de områden som skuggas av befintliga träd återfinns de platser med lägst upplevd medeltemperatur. Här uppgår den (PET) till 30–32 grader, vilket motsvarar medelhög värmestress.



Figur 4-6. Medelvärde (kl. 08:00 - 20:00) för upplevd temperatur (PET) i samband med en extrem varm högsommardag (t.v.). Övergripande visualisering av detaljplaneområdets markanvändning vid en gestaltning i enlighet med Alternativ 2 - tillkommande nyetablerade träd med avseende på befintliga (mörkgrå) och planerade (vita) byggnader, marktäckning i form av asfalt/sten (grå) och gräs (ljusgrön) samt träd (olika nyanser av mörkare grön) och angränsande vatten (blå) (t.h.).

I och med solens uppgång i öster på morgonen skapas svalkande skugga väster om byggnaderna och de större träd som finns inom detaljplaneområdet (se Figur 4-7, tidpunkt kl. 09:00). I takt med att solen stiger så minskar områdena som byggnaderna och de större träden skuggar och dessa områden vandrar norr om byggnaderna mitt på dagen. I takt med solen gång över himlen mot väster vandrar de områden som byggnaderna och de större träden skuggar åt öster där skuggorna förlängs alltmer när solen sjunker mot horisonten. De delar av detaljplaneområdet som är gräsbevuxna i stället för hårdgjorda framträder som något svalare. Den upplevda temperaturen är generellt svalare under befintliga träd än i omgivande område, i paritet med den svalka som återfinns i skuggan av byggnader. På kvällen kan man dock observera att trädens krona håller kvar den varma luften längre än omgivande områden som ligger i skugga från byggnader där man har öppen himmel ovanför.



Figur 4-7. Upplevd temperatur (PET) vid olika klockslag under en extremvarm högsommardag vid en gestaltning av detaljplaneområdet i enlighet med *Alternativ 2 - tillkommande nyetablerade*. Från vänster till höger redovisas beräknad upplevd temperatur kl. 09:00, kl.14:00 respektive kl.19:00. Under respektive figur för beräknad PET illustreras höjd på himlen vid respektive klockslag.

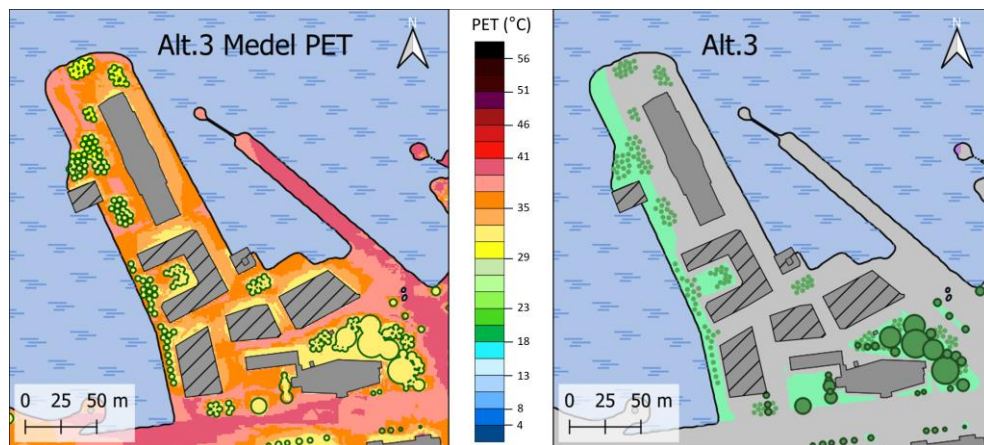
Sammanfattning av den upplevda temperaturen för respektive klockslag i Figur 4-7:

- **Kl. 09:00:** Under tidig förmiddag uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till 30–32 grader vilket motsvarar medelhög värmestress. I de områden som skuggas av byggnader eller träd uppgår den upplevda temperaturen samtidigt till 24–25 grader, vilket motsvarar låg värmestress.
- **Kl. 14:00:** Under tidig eftermiddag uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till 43–45 grader eller strax däröver, vilket motsvarar extrem värmestress för de personer som vistas där. I de områden som skuggas av byggnader eller träd uppgår den upplevda temperaturen till 32–33 grader, vilket motsvarar medelhög värmestress.
- **Kl. 19:00:** Under kvällen uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till 38–40 grader, vilket motsvarar hög värmestress. I de områden som skuggas av byggnader uppgår den upplevda temperaturen till 34–36 grader medan den under träden uppgår till ungefär 35–37 grader, vilket motsvarar hög värmestress.

4.1.4 Gestaltungsalternativ 3

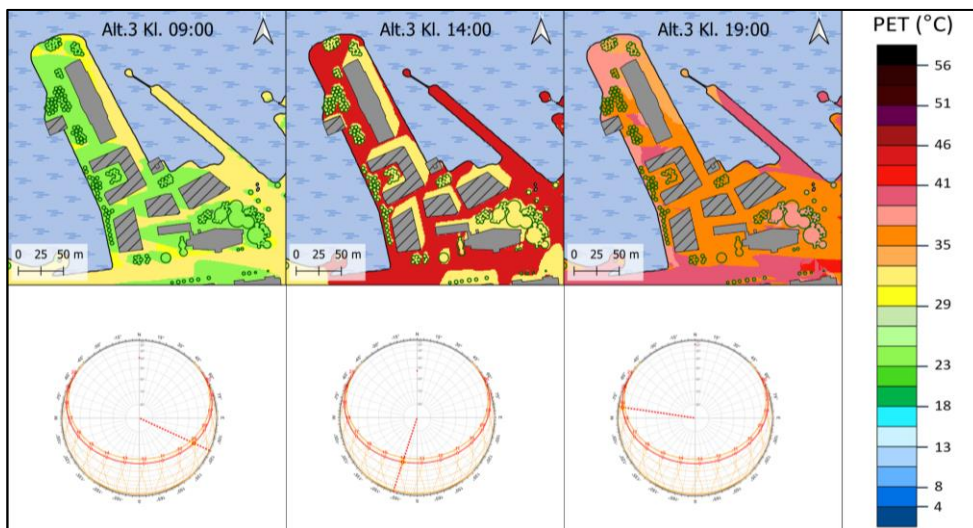
I Figur 4-22 redovisas den planerade markanvändningen inom detaljplaneområdet vid en gestaltning i enlighet med Alternativ 3 (t.h.). Utöver de befintliga träd som finns inom området etableras nya träd i enlighet med stadens planförslag och som inte påverkas av planerad tillkommande bebyggelse. Planerad förändring av markanvändningen med gräs utmed pirens västra sida samt inom en planerad innergård redovisas i ljusgrönt för ytterligare detaljer kring grönstrukturen samt hur de olika gestaltungsalternativen skiljer sig åt se avsnitt 3.2. Till vänster (t.v.) i figuren redovisas den beräknade upplevda medeltemperaturen (PET) mellan kl. 08:00 på morgonen och kl. 20:00 på kvällen lokal tid. I de sammantaget mest solbelysta

delarna av detaljplaneområdet uppgår den upplevda medeltemperaturen till närmare 39–40 grader, vilket motsvarar hög värmestress. I de områden som skuggas av befintliga träd återfinns de platser med lägst upplevd medeltemperatur. Här uppgår den (PET) till 30–32 grader, vilket motsvarar medelhög värmestress.



Figur 4-8. Medelvärde (kl. 08:00 - 20:00) för upplevd temperatur (PET) i samband med en extremvarm högsommar dag (t.v.). Övergripande visualisering av detaljplaneområdets markanvändning vid en gestaltning i enlighet med Alternativ 3 med avseende på befintliga (mörkgrå) och planerade (vita) byggnader, marktäckning i form av asfalt/sten (grå) och gräs (ljusgrön) samt träd (olika nyanser av mörkare grön) och angränsande vatten (blå) (t.h.).

I och med solens uppgång i öster på morgonen skapas svalkande skugga väster om byggnaderna och de områden med träd som finns inom detaljplaneområdet (se Figur 4-9 tidpunkt kl. 09:00). I takt med att solen stiger så minskar områdena som byggnaderna och träden skuggar och dessa områden vandrar norr om byggnaderna mitt på dagen. I takt med solen gång över himlen mot väster vandrar de områden som byggnaderna och träden skuggar åt öster där skuggorna förlängs alltmer när solen sjunker mot horisonten. De delar av detaljplaneområdet som är gräsbevuxna i stället för hårdgjorda framträder som något svalare. Den upplevda temperaturen är generellt svalare under träden än i omgivande område, i paritet med den svalka som återfinns i skuggan av byggnader. På kvällen kan man dock observera att trädens krona håller kvar den varma luften längre än omgivande områden som ligger i skugga från byggnader där man har öppen himmel ovanför.



Figur 4-9. Upplevd temperatur (PET) vid olika klockslag under en extremvarm högsommardag vid en gestaltning av detaljplaneområdet i enlighet med Alternativ 3. Från vänster till höger redovisas beräknad upplevd temperatur kl. 09:00, kl.14:00 respektive kl.19:00. Under respektive figur för beräknad PET illustreras höjd på himlen vid respektive klockslag.

Sammanfattning av den upplevda temperaturen för respektive klockslag i Figur 4-9:

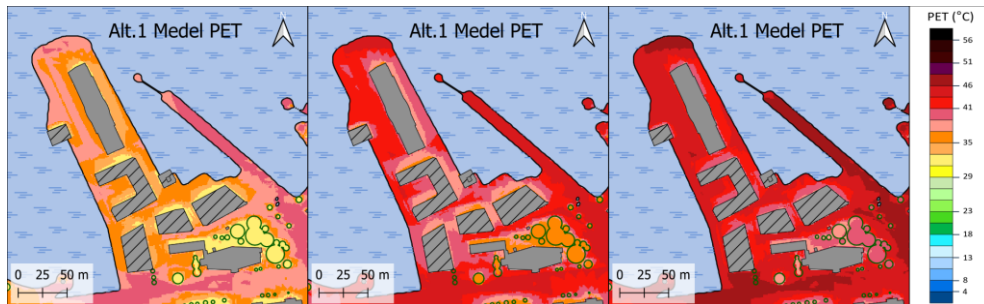
- **Kl. 09:00:** Under tidig förmiddag uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till 30–32 grader vilket motsvarar medelhög värmestress. I de områden som skuggas av byggnader eller träd uppgår den upplevda temperaturen samtidigt till 24–25 grader, vilket motsvarar låg värmestress.
- **Kl.14:00:** Under tidig eftermiddag uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till 43–45 grader eller strax däröver, vilket motsvarar extrem värmestress för de personer som vistas där. I de områden som skuggas av byggnader eller träd uppgår den upplevda temperaturen till 32–33 grader, vilket motsvarar medelhög värmestress.
- **Kl.19:00:** Under kvällen uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till 38–40 grader, vilket motsvarar hög värmestress. I de områden som skuggas av byggnader uppgår den upplevda temperaturen till 34–36 grader medan den under träden uppgår till ungefär 35–37 grader, vilket motsvarar hög värmestress.

4.1.5 Inverkan av ett förändrat klimat vid slutet av seklet

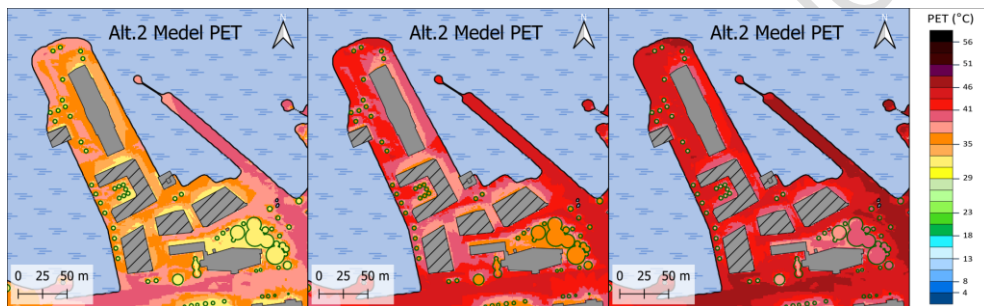
I detta avsnitt redovisas resultatet för hur den upplevda temperaturen kan komma att förändras till följd av de pågående klimatförändringarna. Tidshorisonten för denna framtidsytande utblick är slutet av innevarande sekel (tidsperiod 2070–2100) och de två klimatscenarier som studerats är RCP4,5 och RCP8,5. Mer information om valda klimatscenarier återfinns under avsnitt 2.4.6.

Den övergripande bilden av vilka områden som är relativt svalare respektive hetare inom detaljplaneområdet förblir de samma även i ett framtida klimat. Det som tydligt skiljer sig är vilka upplevda temperaturer som man kan förvänta sig i ett varmare

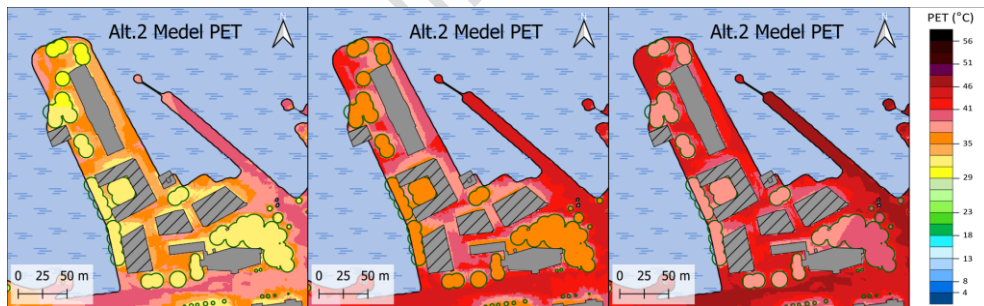
klimat. I Figur 4-10 till Figur 4-13 redovisas medeltemperaturen för de olika gestaltungsalternativen för nu tid, klimatscenarioet RCP4,5 respektive RCP8,5.



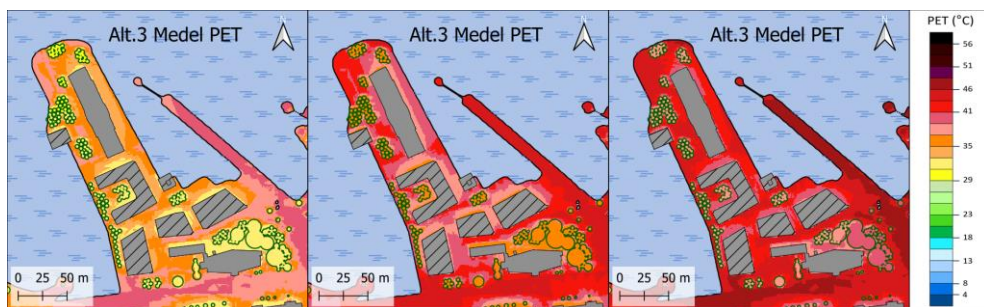
Figur 4-10. Upplevd temperatur (PET) för alternativ 1: nutid, RCP4,5 och RCP8,5.



Figur 4-11. Upplevd temperatur (PET) för alternativ 2 (år 0): nutid, RCP4,5 och RCP8,5.



Figur 4-12. Upplevd temperatur (PET) för alternativ 2 (30 år): nutid, RCP4,5 och RCP8,5.



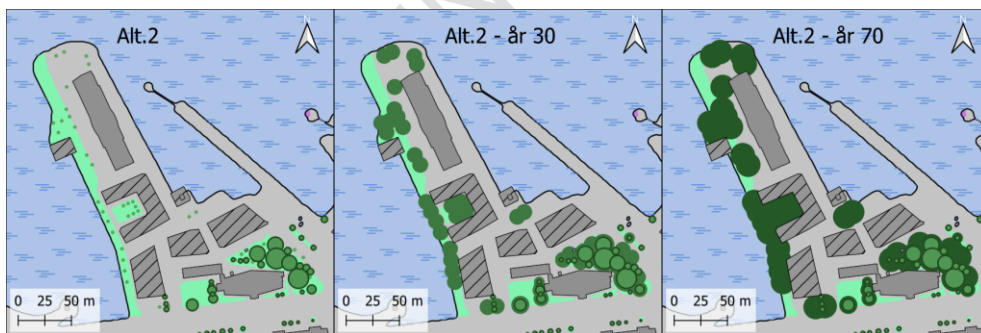
Figur 4-13. Upplevd temperatur (PET) för alternativ 3 (år 0): nutid, RCP4,5 och RCP8,5.

I den mest solutsatta områdena inom detaljplaneområdet uppgår den upplevda medeltemperaturen till 38–40 grader i dagens klimat, vilket motsvarar hög värmestress. I samma områden beräknas den upplevda medeltemperaturen uppgå till 43–45 grader (RCP4,5) eller 46–47 grader (RCP8,5) vid slutet av seklet i samband med en extremvarm högsommardag, beroende på hur kraftig klimatförändringen blir till dess. Detta motsvarar extrem värmestress, och i fallet med RCP8,5 till och med extrem värmestress, nivå 2 (se avsnitt 2.3.1.2).

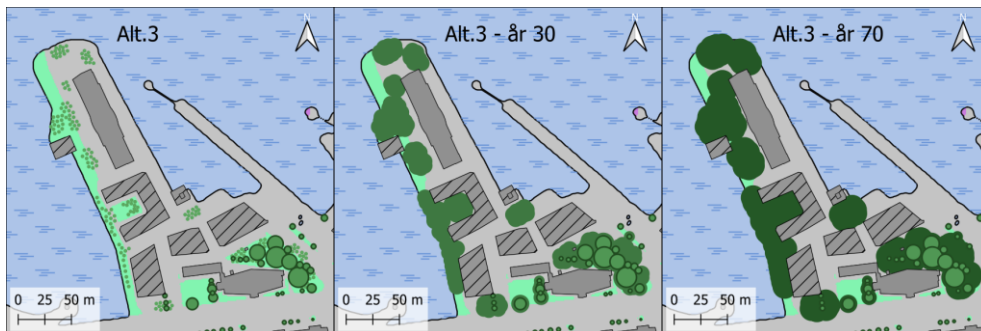
I de svalaste områdena inom detaljplaneområdet uppgår den upplevda medeltemperaturen till 31–32 grader i dagens klimat, vilket motsvarar medelhög värmestress. I samma områden beräknas den upplevda medeltemperaturen uppgå till 35–36 grader (RCP4,5) eller 38–39 grader (RCP8,5) vid slutet av seklet i samband med en extremvarm högsommardag, beroende på hur kraftig klimatförändringen blir till dess. Detta motsvarar hög värmestress.

Trädens etablering över tid i följande avsnitt redovisas resultat för hur den upplevda temperaturen påverkas av storleken på enskilda träd, deras höjd och kronstorlek. Dessa resultat ger en inblick i hur den upplevda temperaturen i ett område kan komma att förändras över tid i takt med att träden växer till sig, förutsatt att de ges rätt förutsättningar för detta och inte skadas eller dör under tiden. För mer information kring grönstruktur generellt läs gärna kapitel 2.5.1 och för den träddata som gått in i denna studie specifikt återges den i Bilaga 2.

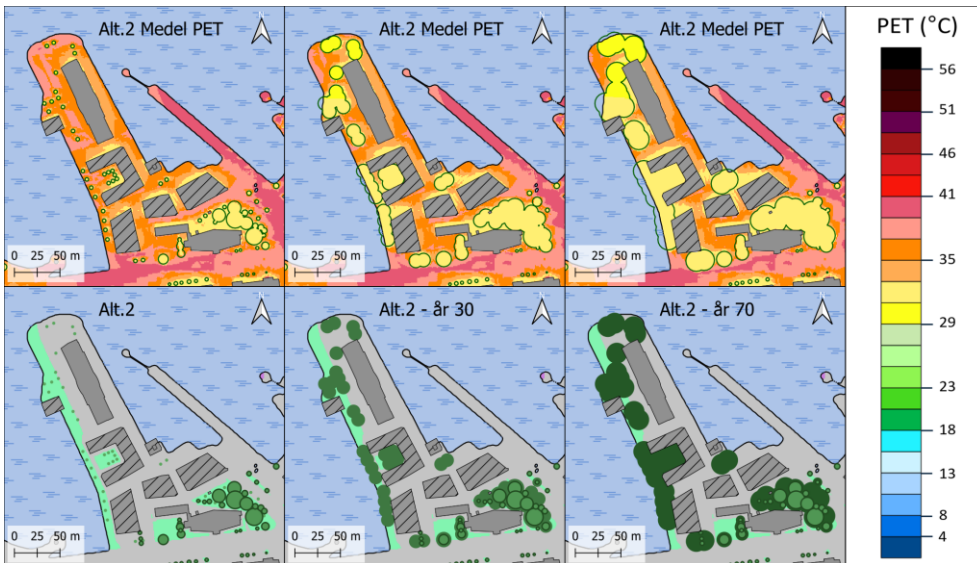
I Figur 4-14 och Figur 4-15 redovisas från vänster till höger, trädens och trädkronornas storlek vid nyetablering, storlek efter 30 respektive efter 70 år inom detaljplaneområdet för gestaltningsalternativ 2, samt gestaltningsalternativ 3.



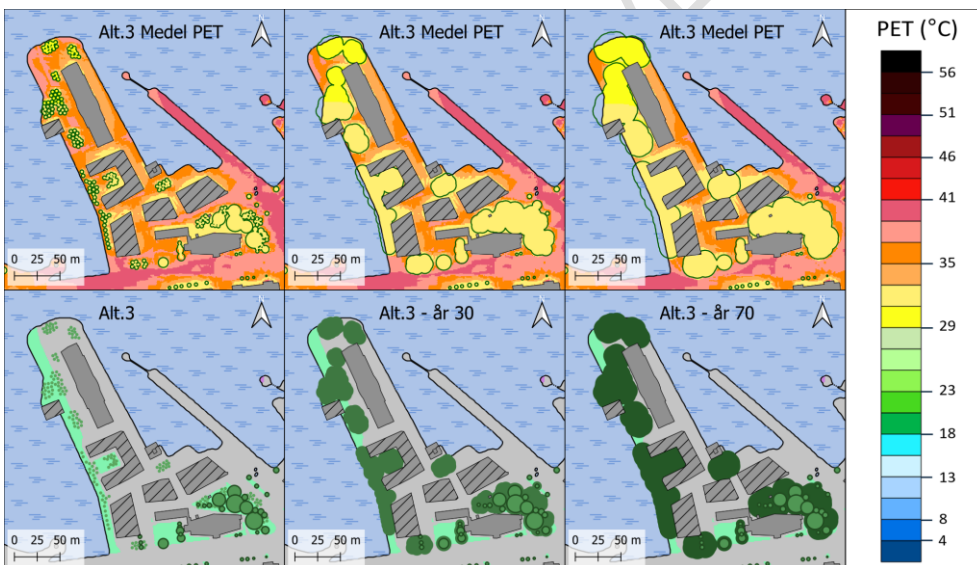
Figur 4-14. Alternativ 2; nutid nyetablerade träd, etablerade träd 30 år och etablerade träd 70 år.



Figur 4-15. Alternativ 3; nutid nyetablerade träd, etablerade träd 30 år och etablerade träd 70 år.



Figur 4-16. Alt. 2; nutid nyetablerade träd, etablerade träd 30 år och etablerade träd 70 år.



Figur 4-17. Alt.3; nutid nyetablerade träd, etablerade träd 30 år och etablerade träd 70 år.

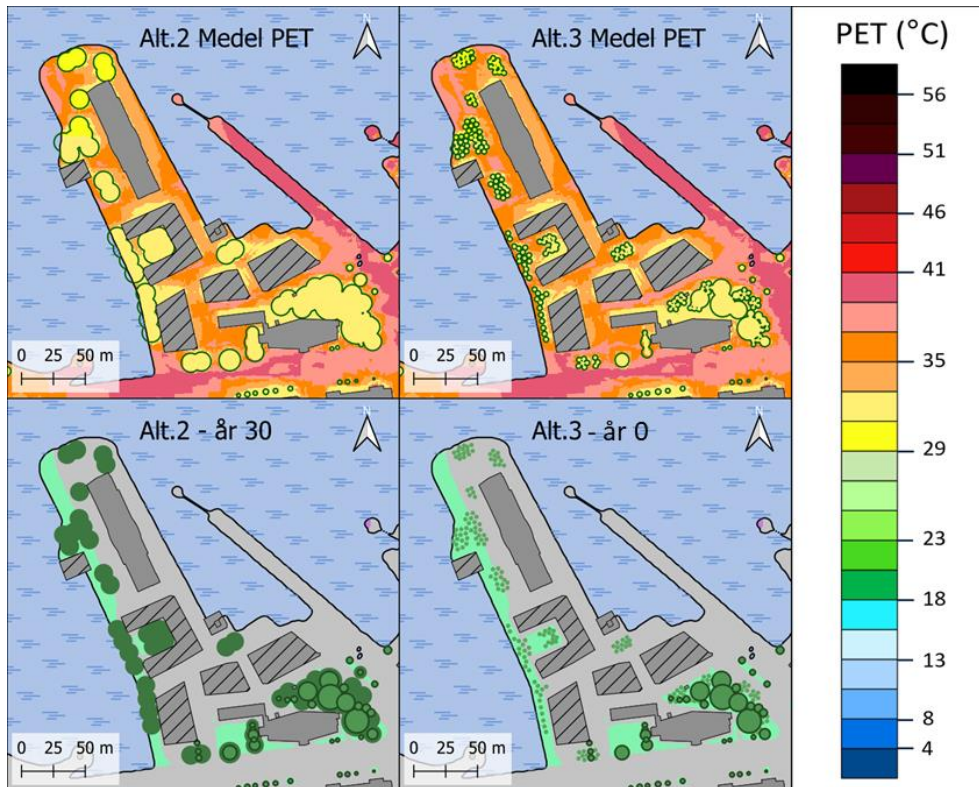
I Figur 4-16 samt Figur 4-17 redovisas hur den beräknade upplevda medeltemperaturen (kl. 08:00 - 20:00) påverkas av trädens storlek (ålder). Längst till vänster är de nyetablerade trädens svalkande förmåga begränsad. I mitten har den svalkande förmågan hos de då 30 åriga träden utökats och i bilden längst till höger illustreras trädens svalkade förmåga när de är i stort sett fullvuxna (70 år).

4.1.6 Trädens etablering över tid

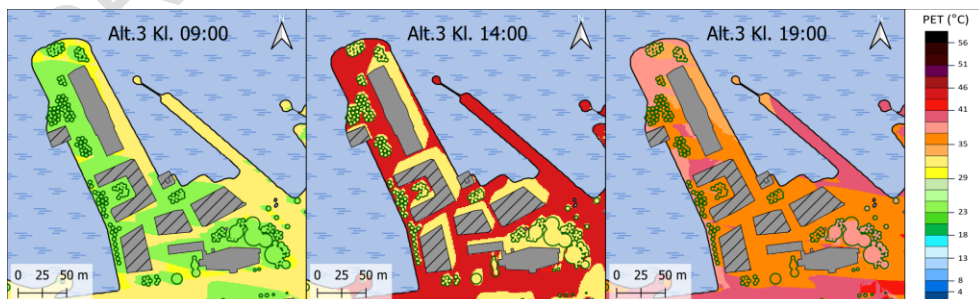
I Figur 4-18 redovisas den beräknade upplevda medeltemperaturen (kl. 08:00-20:00) skiljer sig mellan 30 år gamla träd eller att ersätta dem med klungor av nyetablerade träd med en så likartad total krontäckning som möjligt.

I Figur 4-19 (Alternativ 2 (träd 30 år)) och Figur 4-20 (Alternativ 3 (nyetablerade träd)) redovisas hur den upplevda temperaturen varierar under olika delar av dagen inom detaljplaneområdet beroende på de två olika gestaltungsalternativen.

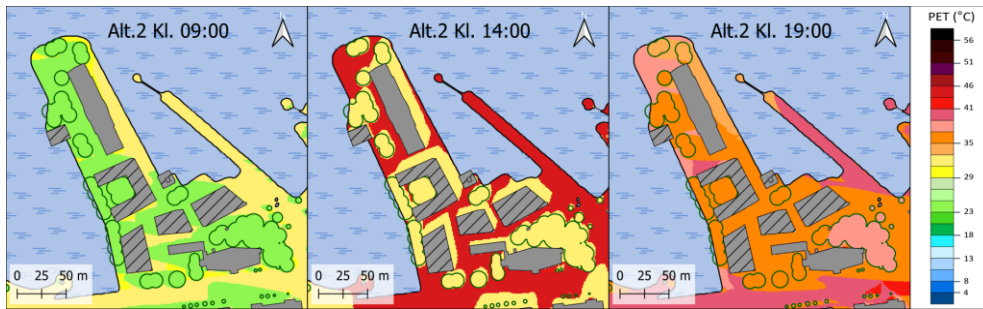
Nedan figurer visar att PET är lägre kring färre etablerade träd än kring fler nya träd. Resultaten ger en tydlig bild av att det tar tid innan träden ger den svalkande effekt som man kanske eftersöker, samt vikten av att bevara större befintliga träd i urbana miljöer.



Figur 4-18. Trädens inverkan på upplevd medeltemperatur inom detaljplaneområdet efter 30 år för gestaltungsalternativ 2 (u.t.v.) samt vid nyetablering för gestaltungsalternativ 3 (u.t.h.). Markanvändningen och trädens placering och storlek inom detaljplaneområdet efter 30 år för gestaltungsalternativ 2 (n.t.v.) samt vid nyetablering för gestaltungsalternativ 3 (n.t.h.).



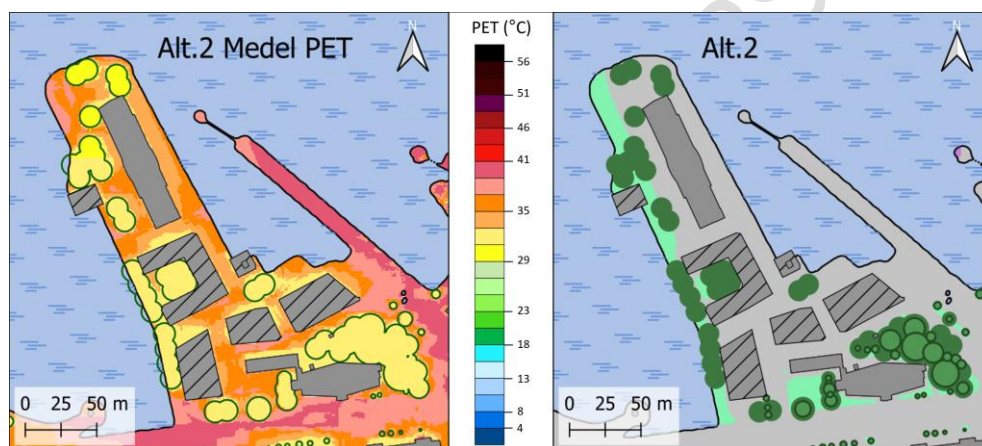
Figur 4-19. Trädens inverkan på upplevd temperatur (PET) kl. 09:00 (t.v.), kl. 14:00 (mitten) samt kl. 19:00 (t.h.) inom området för nyetablerade träd enligt gestaltungsalternativ 3, år 0.



Figur 4-20. Upplevd temperatur (PET) kl. 09:00 (t.v.), kl. 14:00 (mitten) samt kl. 19:00 (t.h) inom området efter 30 år för gestaltningsalternativ 2.

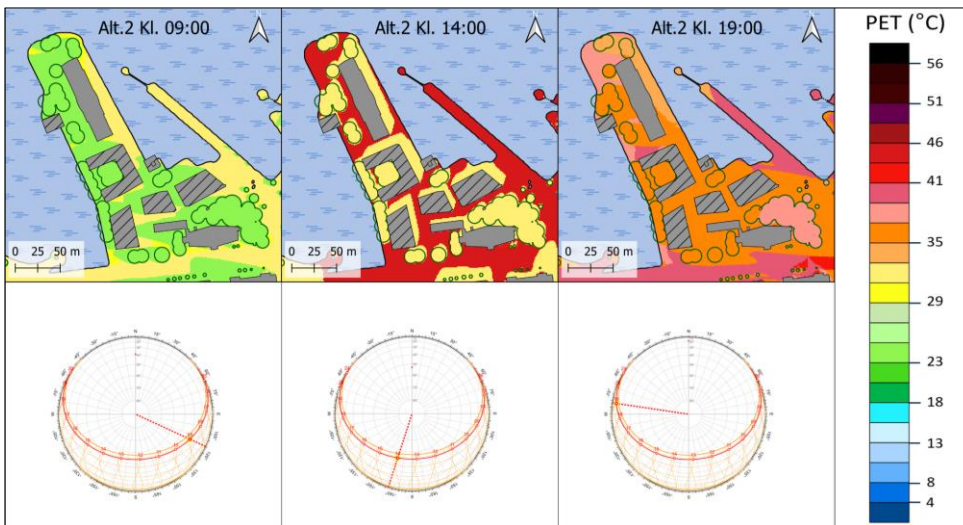
4.1.6.1 Gestaltungsalternativ 2– tillkommande etablerade träd efter 30 år

I Figur 4-21 redovisas den planerade markanvändningen inom detaljplaneområdet vid en gestaltning i enlighet med Alternativ 2 (t.h.). Utöver de befintliga träd som finns inom området har nya träd etablerats i enlighet med stadens planförslag samt fått växa under 30 år och som inte påverkas av planerad tillkommande bebyggelse. Planerad förändring av markanvändningen med gräs utmed pirens västra sida samt inom en planerad innergård redovisas i ljusgrönt för ytterligare detaljer kring grönstrukturen samt hur de olika gestaltungsalternativen skiljer sig åt se avsnitt 3.2. Till vänster (t.v.) i figuren redovisas den beräknade upplevda medeltemperaturen (PET) mellan kl. 08:00 på morgonen och kl. 20:00 på kvällen lokal tid. I de sammantaget mest solbelysta delarna av detaljplaneområdet uppgår den upplevda medeltemperaturen till närmare 38–40 grader, vilket motsvarar hög värmestress. I de områden som skuggas av befintliga träd återfinns de platser med lägst upplevd medeltemperatur. Här uppgår den (PET) till 30–32 grader, vilket motsvarar medelhög värmestress.



Figur 4-21. Medelvärde (kl. 08:00 - 20:00) för upplevd temperatur (PET) i samband med en extremvarm högsommar dag (t.v.). Övergripande visualisering av detaljplaneområdets markanvändning vid en gestaltning i enlighet med Alternativ 2 - etablerade träd 30 år, med avseende på befintliga (mörkgrå) och planerade (streckade) byggnader, marktäckning i form av asfalt/sten (grå) och gräs (ljusgrön) samt träd (olika nyanser av mörkare grön) och angränsande vatten (blå) (t.h.).

När solen går upp i öster på morgonen skapas svalkande skugga väster om byggnaderna och de större träd som finns inom detaljplaneområdet (se Figur 4-22, tidpunkt kl. 09:00). I takt med att solen stiger så minskar områdena som byggnaderna och de större träden skuggar och dessa områden vandrar norr om byggnaderna mitt på dagen. I takt med solen gång över himlen mot väster vandrar de områden som byggnaderna och de större träden skuggar åt öster där skuggorna förlängs allt mer när solen sjunker mot horisonten. De delar av detaljplaneområdet som är gräsbevuxna i stället för hårdgjorda framträder som något svalare. Den upplevda temperaturen är generellt svalare under befintliga träd än i omgivande område, i paritet med den svalka som återfinns i skuggan av byggnader. På kvällen kan man dock observera att trädens krona håller kvar den varma luften längre än omgivande områden som ligger i skugga från byggnader där man har öppen himmel ovanför.



Figur 4-22. Upplevd temperatur (PET) vid olika klockslag under en extremvarm högsommardag vid en gestaltning av detaljplaneområdet i enlighet med *Alternativ 2 - etablerade träd 30 år*. Från vänster till höger redovisas beräknad upplevd temperatur kl. 09:00, kl.14:00 respektive kl.19:00. Under respektive figur för beräknad PET illustreras höjd på himlen vid respektive klockslag.

Sammanfattning av den upplevda temperaturen för respektive klockslag i Figur 4-22:

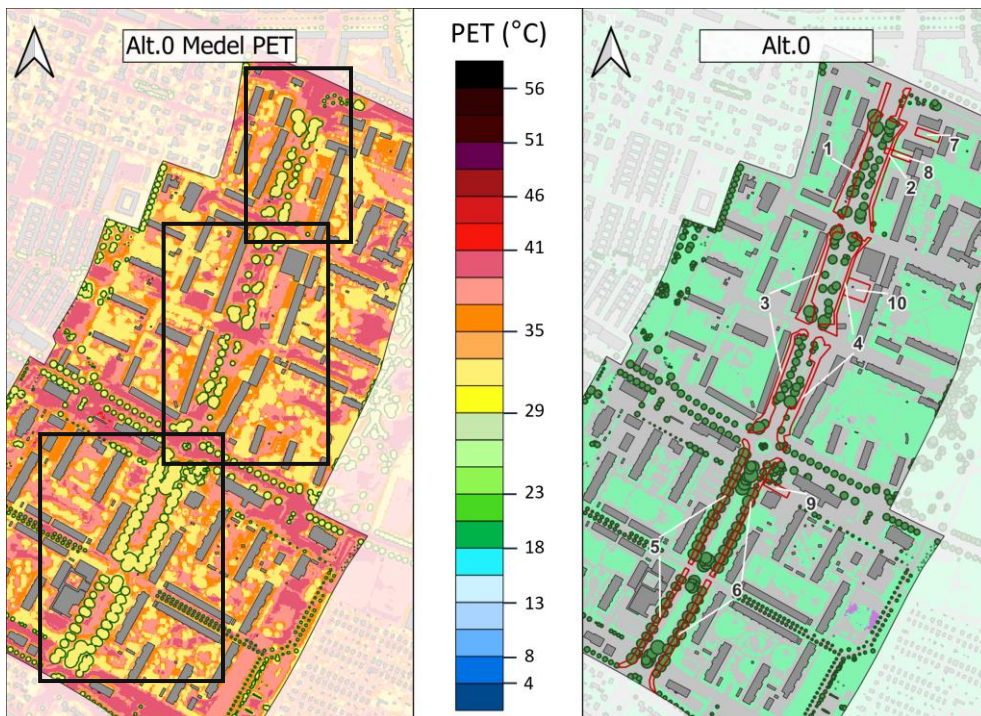
- **Kl. 09:00:** Under tidig förmiddag uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till 30–32 grader vilket motsvarar medelhög värmestress. I de områden som skuggas av byggnader eller träd uppgår den upplevda temperaturen samtidigt till 24–25 grader, vilket motsvarar låg värmestress.
- **Kl. 14:00:** Under tidig eftermiddag uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till 43–45 grader eller strax däröver, vilket motsvarar extrem värmestress för de personer som vistas där. I de områden som skuggas av byggnader eller träd uppgår den upplevda temperaturen till 32–33 grader, vilket motsvarar medelhög värmestress.
- **Kl. 19:00:** Under kvällen uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till 38–40 grader, vilket motsvarar hög värmestress. I de områden som skuggas av byggnader uppgår den upplevda temperaturen till 34–36 grader medan den under träden uppgår till ungefär 35–37 grader, vilket motsvarar hög värmestress.

4.2 Lorensborgsgatan

I detta avsnitt redovisas ett urval av beräkningsresultat med avseende på olika aspekter av värmestress för studieområdet Lorensborgsgatan. För mer detaljer kring det specifika studieområdet se avsnitt 1.2.2 och för de olika gestaltungs-förslag för tillkommande grönstruktur se avsnitt 3.2.

I Figur 4-23 redovisas beräknad upplevd medeltemperatur (PET) för Lorensborgsgatan så som det är utformat idag. Den nuvarande utformningen av området kommer att agera som referensfall (Alternativ 0) i senare analyser. Till vänster (t.v.) i figuren redovisas den beräknade upplevda medeltemperaturen (PET) mellan kl. 08:00 på morgonen och kl. 20:00 på kvällen lokal tid. I de sammantaget mest solbelysta delarna av Lorensborgsgatan uppgår den upplevda medeltemperaturen till ungefär 39–40 grader, vilket motsvarar hög värmestress. I de områden som skuggas av befintliga träd återfinns de platser med lägst upplevd medeltemperatur. Här uppgår den (PET) till 32 grader eller strax däröver, vilket motsvarar medelhög värmestress.

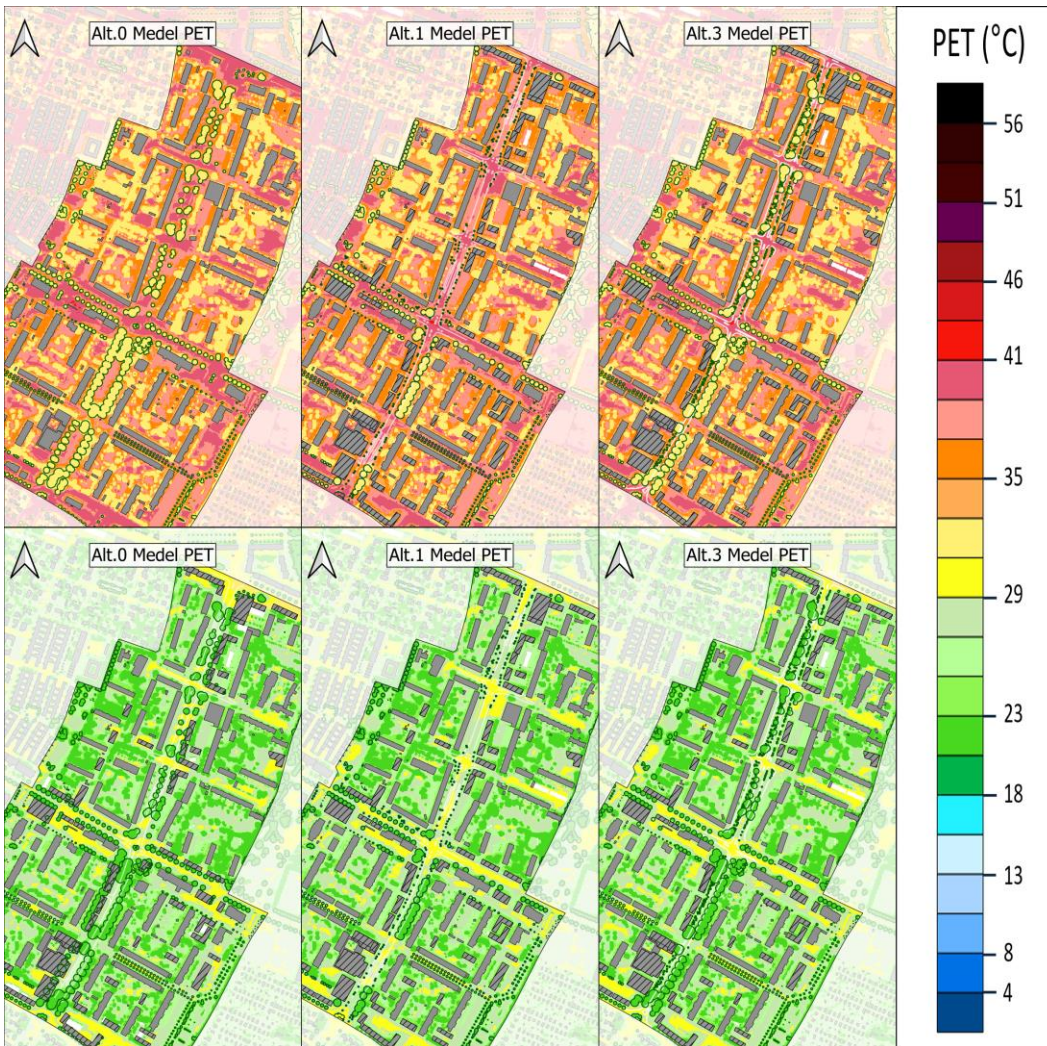
Eftersom Lorensborgsgatan är så pass avlång, presenteras resultatet utifrån tre delar av gatan: den norra delen, mitten och södra delen.



Figur 4-23. Beräknad upplevd medeltemperatur (PET) (kl. 08:00- 20:00) för hela studieområdet Lorensborgsgatan så som det är utformat idag) i samband med en extremvarm högsommardag.

4.2.1 Medeltemperatur nutid

Den upplevda temperaturen (PET) inom detaljplaneområdet skiljer sig avsevärt beroende på vilken plats man befinner sig samt på gestaltningen av såväl byggnader som grön infrastruktur (gräsklädd mark, buskar och framför allt träd). I Figur 4-24 redovisas resultatet för beräknad upplevd medeltemperatur (kl. 08:00 - 20:00) i detaljplaneområdet för totalt tre gestaltningsförslag (se avsnitt 3.2). Figur 4-24 redovisar upplevd medeltemperatur i samband med en extremvarm högsommardag och upplevd medeltemperatur i samband med en normalvarm högsommardag. För mer detaljer hur den upplevda temperaturen förändras inom olika delar av detaljplaneområdet för de olika gestaltningsförslagen se analysen i avsnitt 5.1.2.



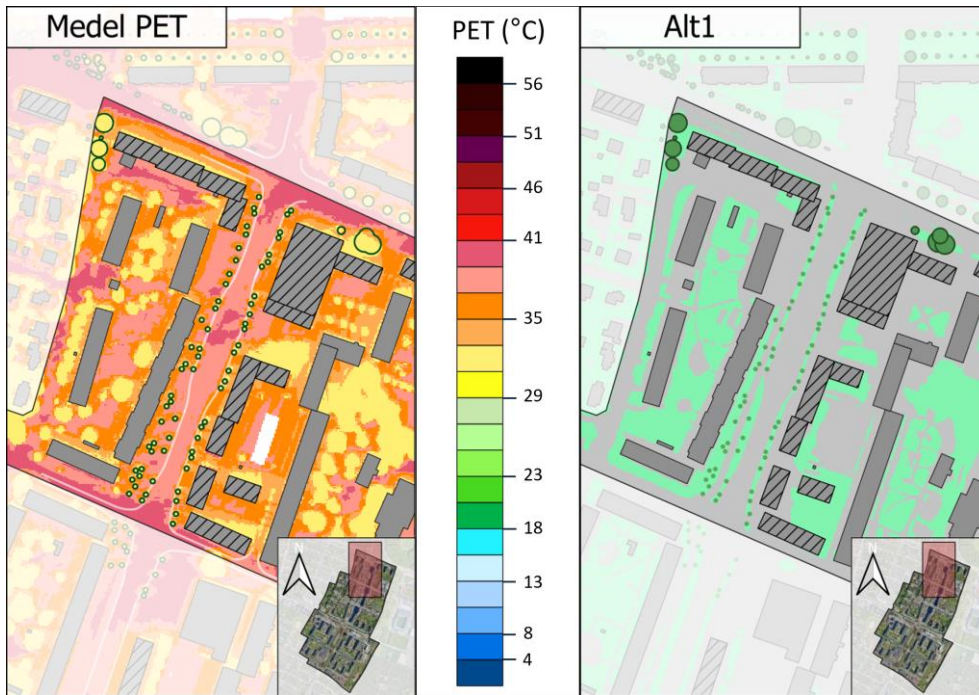
Figur 4-24. Översikt över hela studieområdet. Medelvärde (kl. 08:00 - 20:00) för upplevd temperatur (PET) i samband med en extremvarm högsommardag (översta raden) och högsommardag (nedersta raden). En fullstor version av varje enskild delfigur återfinns i Bilaga 7.

4.2.2 Gestaltningförslag 1

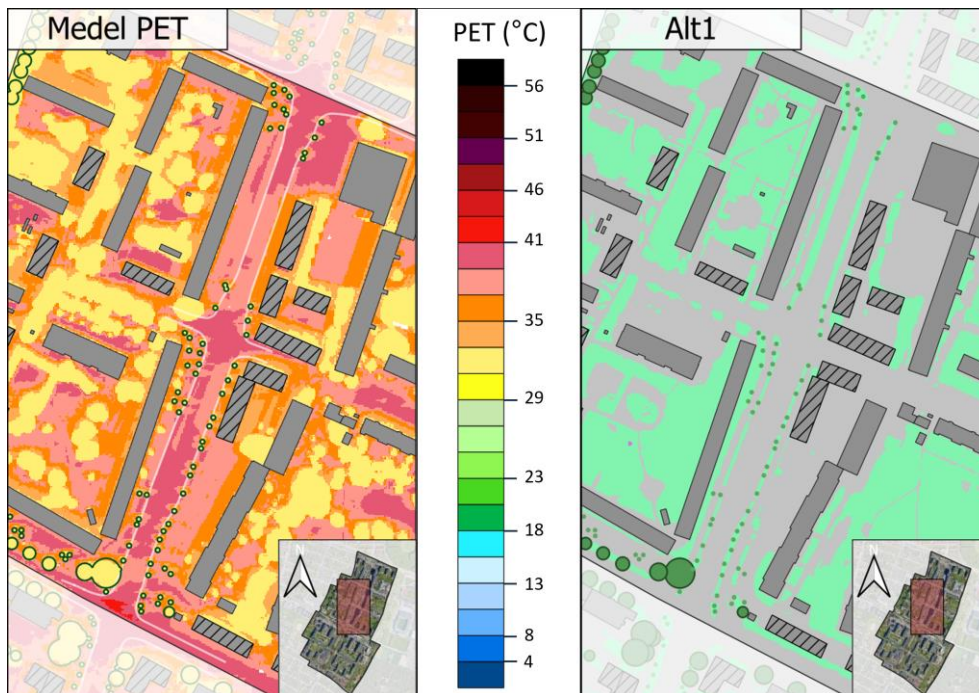
I Figur 4-25 (norra delen), Figur 4-26 (mitten), och Figur 4-27 (södra delen) redovisas den planerade markanvändningen inom detaljplaneområdet efter stadsomvandling och förtätning, i enlighet med gestaltningförslaget 1 (t.h. i respektive figur).

I detta gestaltningförslag innebär det stort fokus på förbättrad trafiksituation och bebyggelseutveckling och mindre fokus på bevarande av befintlig trädinfrastruktur. I gestaltningförslaget föreslås kompensatoriska åtgärder i form av nyplanterade träd för att på längre sikt inte försämrare grönstrukturen. Till vänster i respektive figur redovisas den beräknade upplevda medeltemperaturen (PET) mellan kl. 08:00 på morgonen och kl. 20:00 på kvällen lokal tid. I de sammantaget mest solbelysta delarna av detaljplaneområdet uppgår den upplevda medeltemperaturen till närmare 40 grader på delområdena norra och mitten, vilket motsvarar hög värmestress. Medeltemperaturen är som högst vid rondellen som är mellan mitten och södra området, där medeltemperaturen uppnår 41 grader vilket motsvarar extrem värmestress (nivå 1). På det södra området av gatan har flertal av de befintliga

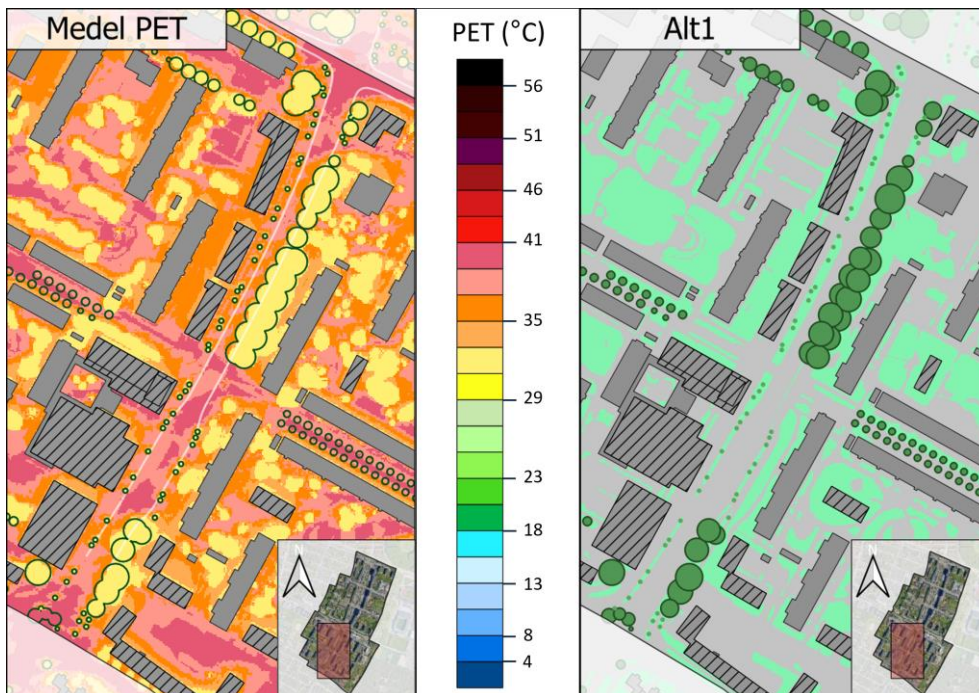
träden bevarats vilket bidrar till skugga och där återfinns de platser med lägst upplevd medeltemperatur. Här uppgår den (PET) till 32 grader, vilket motsvarar medelhög värmestress.



Figur 4-25. Norra delen av studieområdet. Medelvärde (kl. 08:00 - 20:00) för upplevd temperatur (PET) i samband med en extremvarm högsommardag (t.v.). Övergripande visualisering av detaljplaneområdets markanvändning vid gestaltungsforstag i enlighet med alternativ 1 med avseende på befintliga (mörkgrå) och planerade (mörkgrå svart-streckad) byggnader, marktäckning i form av asfalt/sten (ljusgrå) och gräs (ljusgrön) samt träd (olika nyanser av mörkare grön) (t.h.).



Figur 4-26. Mittendelen av studieområdet. Medelvärde (kl. 08:00 - 20:00) för upplevd temperatur (PET) i samband med en extremvarm högsommardag (t.v.). Övergripande visualisering av detalplaneområdets markanvändning vid gestaltungsförslag i enlighet med alternativ 1 med avseende på befintliga (mörkgrå) och planerade (mörkgrå svart-streckad) byggnader, marktäckning i form av asfalt/sten (ljusgrå) och gräs (ljusgrön) samt träd (olika nyanser av mörkare grön) (t.h.).

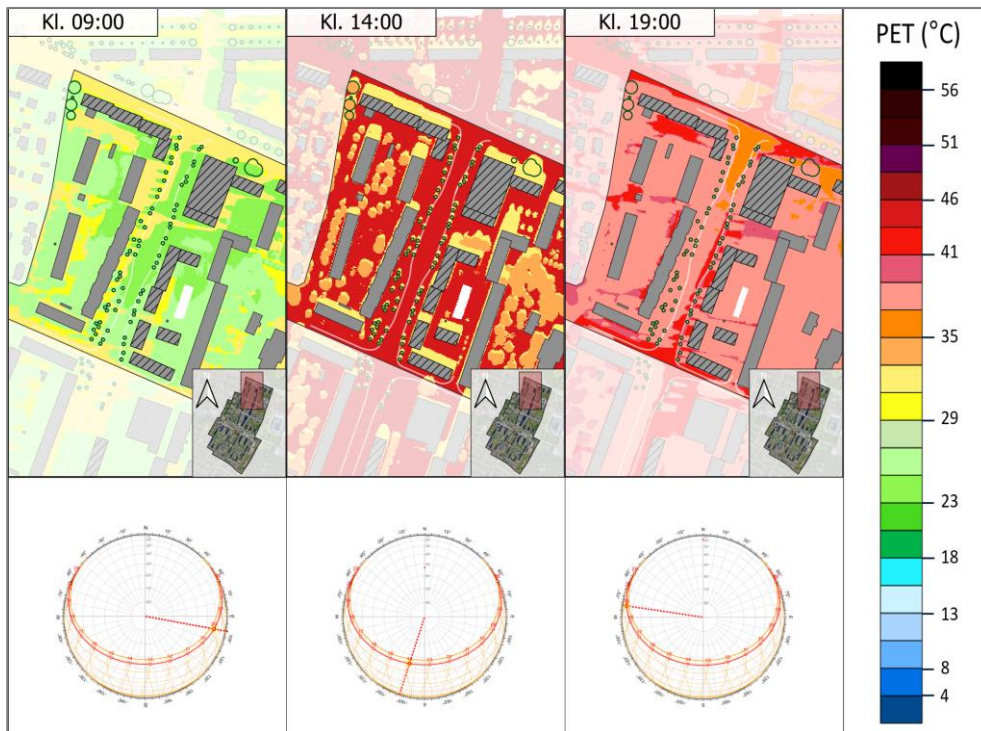


Figur 4-27. Södra delen av studieområdet. Medelvärde (kl. 08:00 - 20:00) för upplevd temperatur (PET) i samband med en extrem varm högsommardag (t.v.). Övergripande visualisering av detaljplaneområdets markanvändning vid gestaltungs-förslag i enlighet med alternativ 1 med avseende på befintliga (mörkgrå) och planerade (mörkgrå svart-streckad) byggnader, marktäckning i form av asfalt/sten (ljusgrå) och gräs (ljusgrön) samt träd (olika nyanser av mörkare grön) (t.h.).

4.2.2.1 Norra delen av Lorensborgsgatan

På morgonen, när solen går upp i öster, skapas svalkande skugga väster om byggnaderna i den norra delen av detaljplaneområdet. En stor del av gatan är då skuggad, vilket bidrar till lägre temperaturer. I Figur 4-28 som redovisar temperaturen (PET) kl. 09:00 syns tydligt att områden som inte nås av skuggan från byggnaderna har en temperatur på upp till 32 grader jämfört med i skuggan där det är runt 25 grader. När solen stiger och når högre, minskar områdena som byggnaderna skuggar, och dessa skuggade områden vandrar norrut mitt på dagen. När solen rör sig mot väster, förlängs skuggorna österut alltmer. Detta medför betydligt högre temperaturer på gatan och vid kl. 15:00 är temperaturerna som högst, uppemot 46 grader, vilket motsvarar extrem värmestress (nivå 2).

I detta gestaltungs-förslag för den norra delen finns det inga befintliga träd kvar längst gatan, endast nyplanterade träd. Resultatet visar att de nyplanterade träden visserligen bidrar med skugga, men i begränsad omfattning då de inte har tillräcklig höjd och kronbredd. Vid de nyplanterade träden uppgår den (PET) till nästan 35 grader, vilket motsvarar hög värmestress. I resultatet kan det observeras att trädens krona håller kvar den varma luften längre än omgivande områden som ligger i skugga från byggnader där man har öppen himmel ovanför.



Figur 4-28. Upplevd temperatur (PET) vid olika klockslag under en extremvarm högsommardag vid en gestaltning av detaljplaneområdet i enlighet med alternativ 1. Från vänster till höger redovisas beräknad upplevd temperatur kl.09:00, kl.14:00 respektive kl.19:00.

Sammanfattning av den upplevda temperaturen för respektive klockslag:

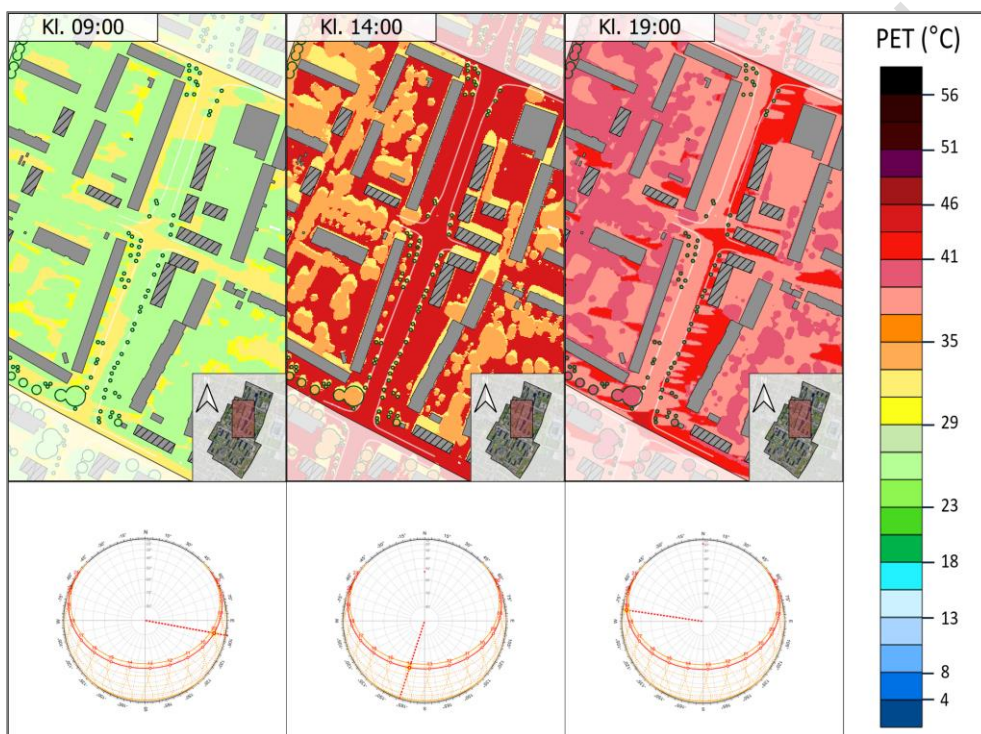
- **Kl. 09:00** – På morgonen syns det tydligt att områden som inte nås av skuggan från byggnaderna har en temperatur på upp till 32 grader jämfört med i skuggan där det är runt 25 grader.
- **Kl. 14:00** - Under eftermiddagen uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till närmare 45 grader eller strax däröver, vilket motsvarar extrem värmestress för de personer som vistas där. I de områden som skuggas av byggnader eller träd (begränsad omfattning) uppgår den upplevda temperaturen drygt 33 grader, vilket motsvarar medelhög värmestress.
- **Kl. 19:00** – Under kvällen uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till 39–42 grader, vilket motsvarar hög värmestress. I de områden under träden uppgår till ungefär 38 grader, vilket motsvarar hög värmestress.

4.2.2.2 Mitten av Lorensborgsgatan

På morgonen, när solen går upp i öster, skapas svalkande skugga väster om byggnaderna i den norra delen av detaljplaneområdet. En stor del av gatan är då skuggad, vilket bidrar till lägre temperaturer. I Figur 4-29 som redovisar temperaturen (PET) kl. 09:00 syns tydligt att områden som inte nås av skuggan från byggnaderna har en temperatur på upp till 32–33 grader jämfört med i skuggan där det är strax över 25 grader. När solen stiger och når högre, minskar områdena som byggnaderna skuggar, och dessa skuggade områden vandrar norrut mitt på dagen. När solen rör sig mot väster, förlängs skuggorna österut alltmer. Detta medför

betydligt högre temperaturer på gatan och vid kl. 15:00 är temperaturerna som högst, uppemot strax över 45 grader, vilket motsvarar extrem värmestress (nivå 2).

I detta gestaltungsförslag för mittenområdet (liksom för den norra området) finns det inga befintliga träd kvar längst gatan, endast nyplanterade träd. Resultatet visar att de nyplanterade träden visserligen bidrar med skugga, men i begränsad omfattning då de inte har tillräcklig höjd och kronbredd. Vid de nyplanterade träden uppgår den (PET) till nästan 33 grader eller strax över, vilket motsvarar medelhög värmestress. I resultatet kan det observeras att trädens krona håller kvar den varma luften längre än omgivande områden som ligger i skugga från byggnader där man har öppen himmel ovanför.



Figur 4-29. Upplevd temperatur (PET) vid olika klockslag under en extremvarm högsommardag vid en gestaltning av detaljplaneområdet i enlighet med alternativ 1. Från vänster till höger redovisas beräknad upplevd temperatur kl.09:00, kl.14:00 respektive kl.19:00.

Sammanfattning av den upplevda temperaturen för respektive klockslag:

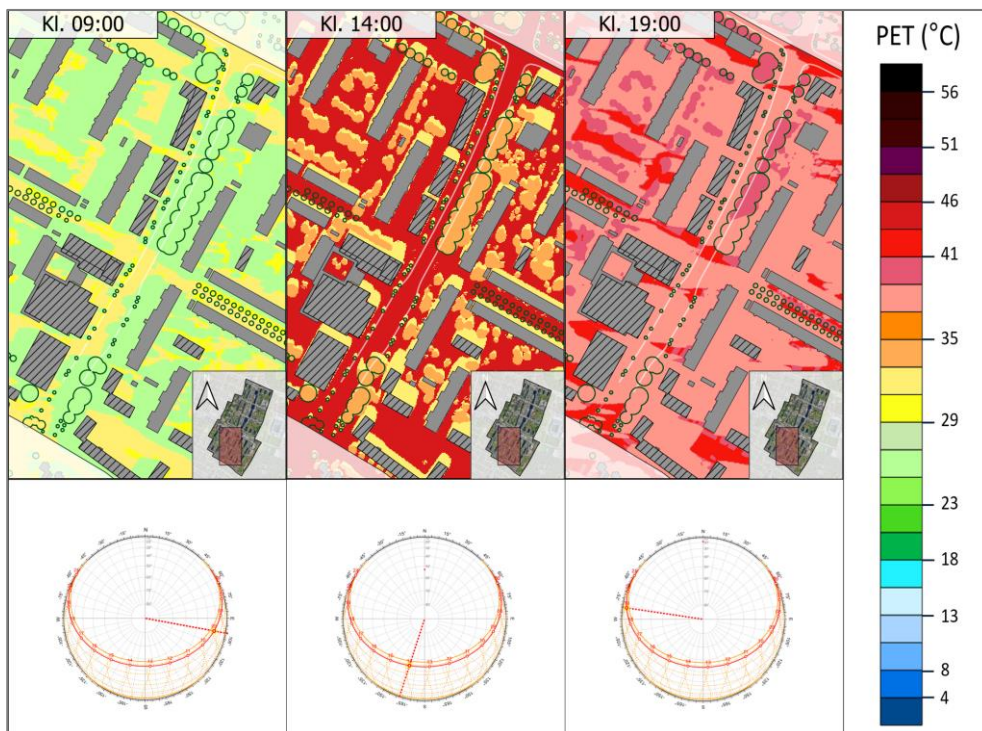
- **Kl. 09:00:** På morgonen syns det tydligt att områden som inte nås av skuggor från byggnaderna har en temperatur på upp till 32–33 grader jämfört med i skuggan där det är strax över 25 grader.
- **Kl. 14:00:** Under eftermiddagen uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till närmare 45 grader eller strax däröver, vilket motsvarar extrem värmestress för de personer som vistas där. I de områden som skuggas av byggnader eller träd (begränsad omfattning) uppgår den upplevda temperaturen drygt 33 grader, vilket motsvarar medelhög värmestress.
- **Kl. 19:00:** Under kvällen uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till 38–43 grader, vilket motsvarar hög värmestress. I de områden under träden uppgår till strax över 39 grader, vilket motsvarar hög värmestress.

4.2.2.3 Södra delen av Lorensborgsgatan

På morgonen, när solen går upp i öster, skapas svalkande skugga väster om byggnaderna i den södra delen av detaljplaneområdet. En stor del av gatan är då skuggad, av både befintliga träd och av byggnader vilket bidrar till lägre temperaturer.

I Figur 4-30 som redovisar temperaturen (PET) kl. 09:00 och det syns att större delen av gatan nås av skugga. De begränsade området som inte nås av skugga är temperaturen strax över 32 grader. I det större skuggade området är det runt 25 grader. När solen stiger och når högre, minskar områdena som byggnaderna skuggar, och dessa skuggade områden vandrar norrut mitt på dagen. När solen rör sig mot väster, förlängs skuggorna österut alltmer. Detta medför betydligt högre temperaturer på gatan och vid kl. 15:00 är temperaturerna som högst, uppemot 46 grader, vilket motsvarar extrem värmestress (nivå 2). Vid de befintliga träden syns det dock att det bidrar fortsatt med skugga och där är det betydligt lägre temperaturer, uppemot nästan 35 grader eller strax där över.

Resultatet visar att de befintliga träden bidrar med betydligt lägre temperaturer under morgonen och tidig eftermiddag jämfört med de nyplanterade träden (se beskrivning för norra delen och mitten av området). Detta beror på att de befintliga träden har en tillräcklig höjd och kronbredd för att täcka delar av gatan. Vid de nyplanterade träden på södra området (västra sidan av gatan) så är det endast vid trädet som det är lägre temperaturer. I resultatet kan det observeras att trädens krona håller kvar den varma luften längre än omgivande områden som ligger i skugga från byggnader där man har öppen himmel ovanför. Det syns tydligare på södra området då det finns befintliga träd med en större kronbredd.



Figur 4-30. Upplevd temperatur (PET) vid olika klockslag under en extremvarm högsommardag vid en gestaltning av detaljplaneområdet i enlighet med alternativ 1. Från vänster till höger redovisas beräknad upplevd temperatur kl.09:00, kl.14:00 respektive kl.19:00.

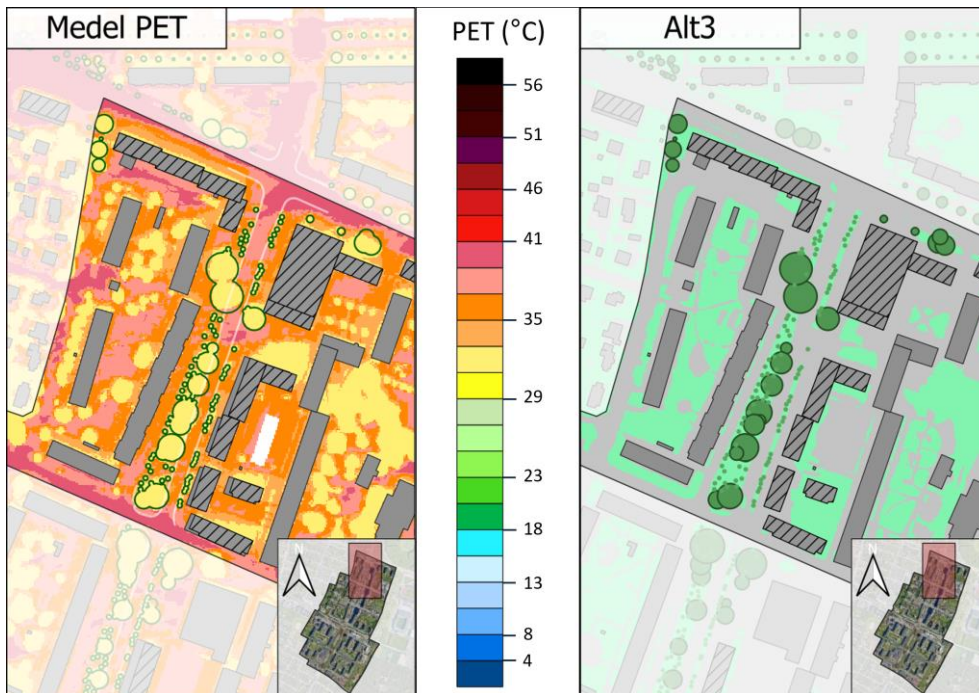
Sammanfattning av den upplevda temperaturen för respektive klockslag:

- **Kl. 09:00:** På morgonen syns det att gatan är skuggad, av både befintliga träd och av byggnader vilket bidrar till lägre temperaturer. De begränsade områden som inte nås av skugga, där är temperaturen strax över 32 grader. I det större skuggade området är det runt 25 grader.
- **Kl. 14:00:** Under tidig eftermiddag uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till närmare 45 grader eller strax däröver, vilket motsvarar extrem värmestress för de personer som vistas där. I de områden som skuggas av byggnader eller träd uppgår den upplevda temperaturen drygt 33 grader, vilket motsvarar medelhög värmestress.
- **Kl. 19:00:** Under kvällen uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till strax över 38, vilket motsvarar hög värmestress. Under träden uppgår till ungefär 40–41 grader, vilket motsvarar hög värmestress.

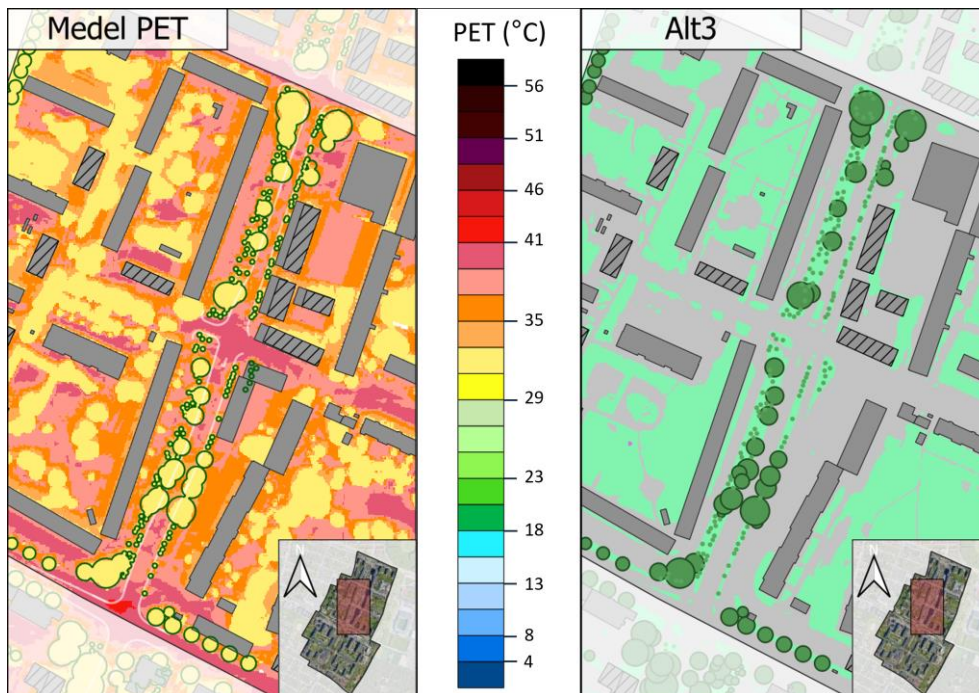
4.2.3 Gestaltningförslag 3

I Figur 4-31 (norra), Figur 4-32 (mitten), och Figur 4-33 (södra) redovisas den planerade markanvändningen inom detaljplaneområdet efter stadsomvandling och förtätning, i enlighet med gestaltningförslaget 1 (t.h. i respektive figur). I detta gestaltningförslag innebär det stort fokus på bevarande av befintlig trädinfrastruktur och samtidigt möta stadens krav på förbättrade trafiksituation och förtätning. Det är några färre planerade byggnader i gestaltningalternativ 3 jämfört med 1. Till vänster

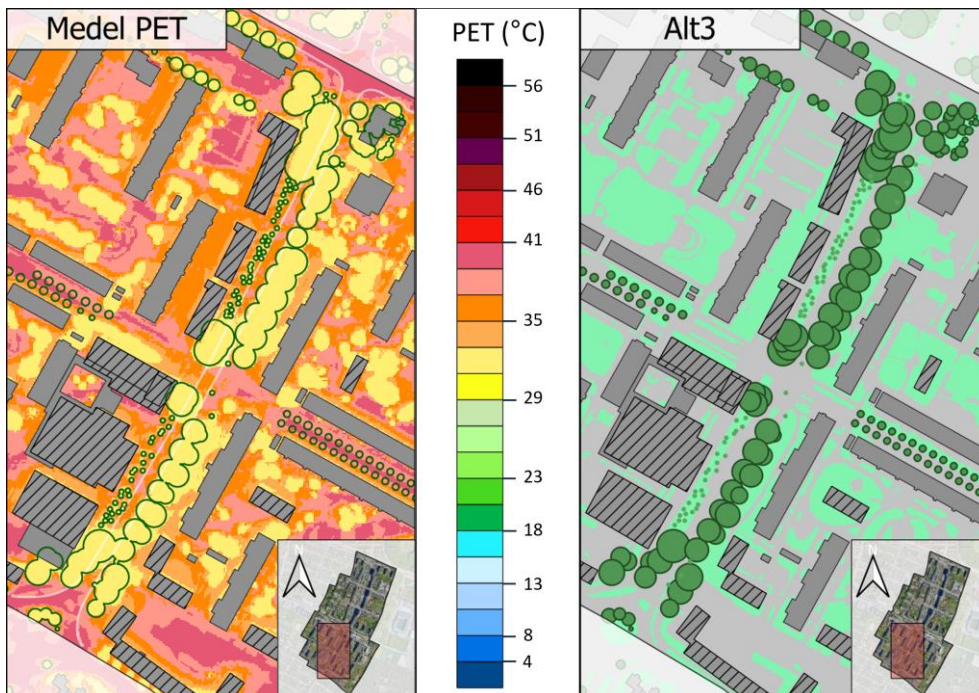
i respektive figur redovisas den beräknade upplevda medeltemperaturen (PET) mellan kl. 08:00 på morgonen och kl. 20:00 på kvällen lokal tid. I de sammantaget mest solbelysta delarna av detaljplaneområdet uppgår den upplevda medeltemperaturen till närmare 41 grader, vilket motsvarar extrem värmestress (nivå 1). I de områden som skuggas av befintliga träd, vilket är längst större delen av gatan, återfinns de platser med lägst upplevd medeltemperatur. Här uppgår den (PET) till strax över 32 grader, vilket motsvarar medelhög värmestress.



Figur 4-31. Alternativ 3, norra delen av studieområdet. Medelvärde (kl. 08:00 - 20:00) för upplevd temperatur (PET) i samband med en extremvarm högsommardag (t.v.). Övergripande visualisering av detaljplaneområdets markanvändning vid gestaltningsförslag i enlighet med alternativ 3 med avseende på befintliga (mörkgrå) och planerade (mörkgrå svart-streckad) byggnader, marktäckning i form av asfalt/sten (ljusgrå) och gräs (ljusgrön) samt träd (olika nyanser av mörkare grön) (t.h.).



Figur 4-32. Alternativ 3, mitten av studieområdet. Medelvärde (kl. 08:00 - 20:00) för upplevd temperatur (PET) i samband med en extrem varm högsommardag (t.v.). Övergripande visualisering av detaljplaneområdets markanvändning vid gestaltungsforstag i enlighet med alternativ 3 med avseende på befintliga (mörkgrå) och planerade (mörkgrå svart-streckad) byggnader, marktäckning i form av asfalt/sten (ljusgrå) och gräs (ljusgrön) samt träd (olika nyanser av mörkare grön) (t.h.).

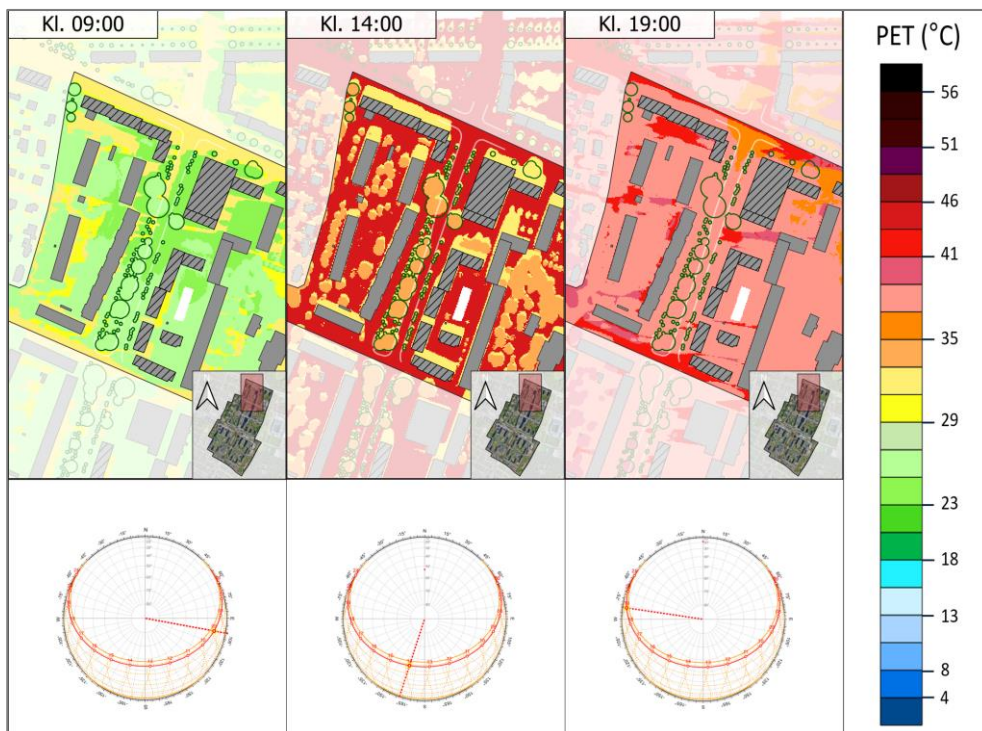


Figur 4-33. Alternativ 3, södra delen av studieområdet. Medelvärde (kl. 08:00 - 20:00) för upplevd temperatur (PET) i samband med en extrem varm högsommardag (t.v.). Övergripande visualisering av detaljplaneområdets markanvändning vid gestaltningsförslag i enlighet med alternativ 3 med avseende på befintliga (mörkgrå) och planerade (mörkgrå svart-streckad) byggnader, marktäckning i form av asfalt/sten (ljusgrå) och gräs (ljusgrön) samt träd (olika nyanser av mörkare grön) (t.h.).

4.2.3.1 Norra delen av Lorensborgsgatan

På morgonen, när solen går upp i öster, skapas svalkande skugga väster om byggnaderna i den norra delen av detaljplaneområdet. Även de befintliga träderna på västra sidan om gatan bidrar till betydande svalka. En stor del av gatan är då skuggad, vilket bidrar till lägre temperaturer. I Figur 4-34 som redovisar temperaturen (PET) kl. 09:00 syns tydligt att områden som inte nås av skuggan från byggnaderna har en temperatur på upp till 32 grader jämfört med i skuggan där det är runt 25 grader. När solen stiger och når högre, minskar områdena som byggnaderna skuggar, och dessa skuggade områden vandrar norrut mitt på dagen. När solen rör sig mot väster, förlängs skuggorna österut alltmer. Detta medför betydligt högre temperaturer på gatan och vid kl. 15:00 är temperaturerna som högst, runt 46 grader, vilket motsvarar extrem värmestress (nivå 2).

I detta gestaltningsförslag för den norra delen finns det befintliga träd kvar längs gatan och även nyplanterade träd på östra delen av gatan. Resultatet visar att de befintliga träderna bidrar med betydande skugga och svalka. Kl. 15:00 när det är som varmast är det runt 46 grader och jämfört med i skuggan, där det är runt 35 grader. I resultatet kan det observeras att trädens krona håller kvar den varma luften längre än omgivande områden som ligger i skugga från byggnader där man har öppen himmel ovanför.



Figur 4-34. Upplevd temperatur (PET) vid olika klockslag under en extremvarm högsommardag vid en gestaltning av detaljplaneområdet i enlighet med alternativ 3. Från vänster till höger redovisas beräknad upplevd temperatur kl.09:00, kl.14:00 respektive kl.19:00.

Sammanfattning av den upplevda temperaturen för respektive klockslag:

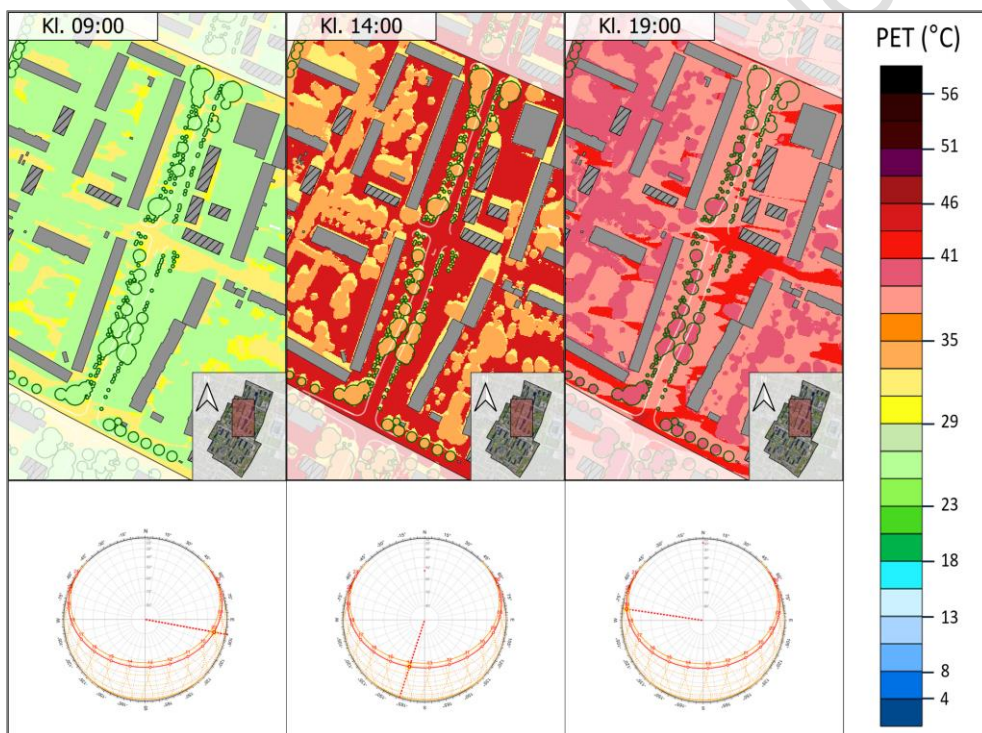
- **Kl. 09:00:** På morgonen syns det att gatan är skuggad, av både befintliga träd och av byggnader vilket bidrar till lägre temperaturer. De området som inte nås av skugga, där är temperaturen strax över 32 grader. I det större skuggade området är det runt 25 grader.
- **Kl. 14:00:** Under tidig eftermiddag uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till närmare 45 grader eller strax däröver, vilket motsvarar extrem värmestress för de personer som vistas där. I de områden som skuggas av byggnader eller träd uppgår den upplevda temperaturen drygt 33 grader, vilket motsvarar medelhög värmestress.
- **Kl. 19:00:** Under kvällen uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till strax över 38, vilket motsvarar hög värmestress. Under träden uppgår till ungefär 40–41 grader på den östra sidan, vilket motsvarar hög värmestress. På den västra sida är PET detsamma som för gatan.

4.2.3.2 Mitten av Lorensborgsgatan

På morgonen, när solen går upp i öster, skapas svalkande skugga väster om byggnaderna i den norra delen av detaljplaneområdet. Även de befintliga träden på västra sidan om gatan samt ett mindre antal bevarade träd på östra sidan bidrar till betydande svalka. En stor del av gatan är då skuggad, vilket bidrar till lägre temperaturer. I Figur 4-35 som redovisar temperaturen (PET) kl. 09:00 syns tydligt

att områden som inte nås av skuggan från byggnaderna har en temperatur på upp till strax över 32 grader jämfört med i skuggan där det är runt 25 grader. När solen stiger och når högre, minskar områdena som byggnaderna skuggar, och dessa skuggade områden vandrar norrut mitt på dagen. När solen rör sig mot väster, förlängs skuggorna österut alltmer. Detta medför betydligt högre temperaturer på gatan och vid kl. 15:00 är temperaturerna som högst, runt 46 grader, vilket motsvarar extrem värmestress (nivå 2).

I detta gestaltungsförslag för den mittenområdet finns det ett flertal befintliga träd kvar längst gatan och även befintliga och nyplanterade träd på östra delen av gatan. Resultatet visar att de befintliga träden bidrar med betydande skugga och svalka. Kl. 15:00 när det är som varmast är det runt 46 grader och jämfört med i skuggan, där det är runt 35 grader. I resultatet kan det observeras att trädens krona håller kvar den varma luften längre än omgivande områden som ligger i skugga från byggnader där man har öppen himmel ovanför.



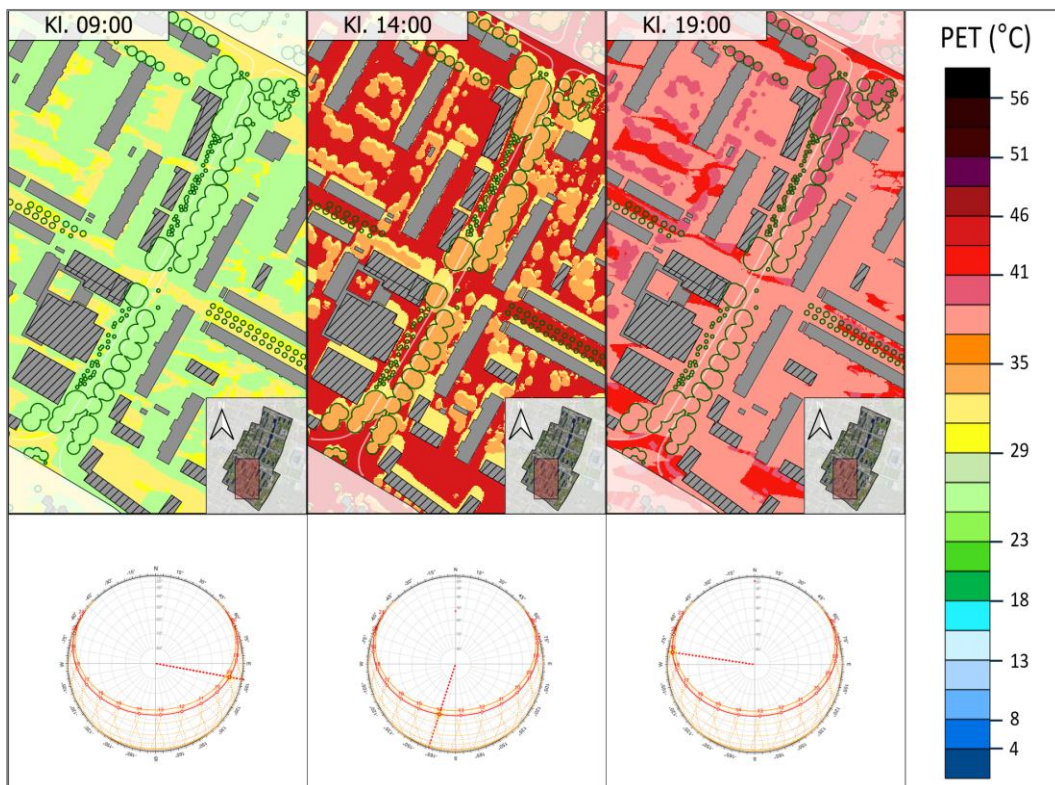
Figur 4-35. Upplevd temperatur (PET) vid olika klockslag under en extremvarm högsommardag vid en gestaltning av detaljplaneområdet i enlighet med alternativ 3. Från vänster till höger redovisas beräknad upplevd temperatur kl.09:00, kl.14:00 respektive kl.19:00.

Sammanfattning av den upplevda temperaturen för respektive klockslag:

- **Kl. 09:00:** På morgonen syns det att gatan är skuggad, av både befintliga träd och av byggnader vilket bidrar till lägre temperaturer. De området som inte nås av skugga, där är temperaturen strax över 32 grader. I det större skuggade området är det runt 25 grader.
- **Kl. 14:00:** Under tidig eftermiddag uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till närmare 45 grader eller strax däröver, vilket motsvarar extrem värmestress för de personer som vistas där. I de områden som skuggas av byggnader eller träd uppgår den upplevda temperaturen drygt 33 grader. Det motsvarar medelhög värmestress.
- **Kl. 19:00:** Under kvällen uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till strax över 38, vilket motsvarar hög värmestress. Under träden uppgår till ungefär 39 grader, vilket motsvarar hög värmestress. Det finns även områden som har högre PET, uppemot strax under 43 grader. Det motsvarar extrem värmestress, nivå 1.

4.2.3.3 Södra delen av Lorensborgsgatan

På morgonen, när solen går upp i öster, skapas svalkande skugga väster om byggnaderna i den södra delen av detaljplaneområdet. Befintliga träd på både västra och östra sidan av gatan bidrar till betydande svalka längs hela sträckan som tillhör södra området. I Figur 4-36, som redovisar temperaturen (PET) kl. 09:00, syns det att större delen av gatan har temperaturer strax över 25 grader. När solen stiger och når högre, minskar områdena som byggnaderna skuggar, och dessa skuggade områden vandrar norrut mitt på dagen. När solen rör sig mot väster, förlängs skuggorna österut alltmer. Med befintliga träd på båda sidor av gatan är temperaturerna i detta område lägre än i mitten och norra området vilket beror på att det finns ett flertal befintliga träd på båda sidorna av gatan. Vid kl. 15:00 är temperaturerna som högst, runt 46 grader, vilket motsvarar extrem värmestress (nivå 2). Att temperaturerna är så pass höga gäller dock betydligt mindre områden jämfört med de norra och mellersta områdena; större delen av gatan har en temperatur runt 35 grader. Resultatet visar att trädens krona håller kvar varm luft längre än omgivande områden som ligger i skugga från byggnader med öppen himmel ovanför.



Figur 4-36. Upplevd temperatur (PET) vid olika klockslag under en extremvarm högsommardag vid en gestaltning av detaljplaneområdet i enlighet med alternativ 3. Från vänster till höger redovisas beräknad upplevd temperatur kl.09:00, kl.14:00 respektive kl.19:00.

Sammanfattning av den upplevda temperaturen för respektive klockslag:

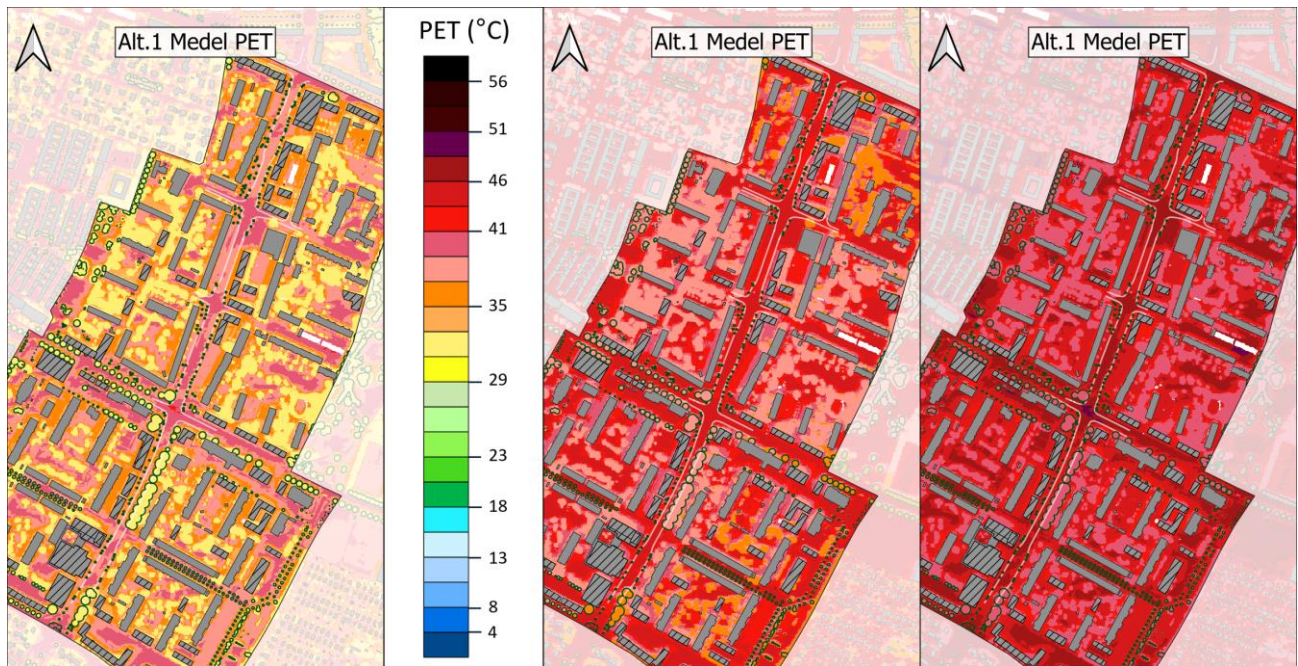
- **Kl. 09:00:** På morgonen syns det att gatan är skuggad, av både befintliga träd och av byggnader vilket bidrar till lägre temperaturer. Det syns tydligt att större delen av gatan har temperaturer strax över 25 grader då det finns flertal befintliga träd.
- **Kl. 14:00:** Under tidig eftermiddag uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till närmare 45 grader eller strax däröver, vilket motsvarar extrem värmestress för de personer som vistas där. En stor del av gatan skuggas av träd och därför uppgår den upplevda temperaturen till drygt 33 grader, vilket motsvarar medelhög värmestress.
- **Kl. 19:00:** Under kvällen uppgår den upplevda temperaturen i de solbelysta delarna av detaljplaneområdet till runt 38 eller strax över längst hela sträckan inom södra området, vilket motsvarar hög värmestress.

4.2.4 Inverkan av ett förändrat klimat vid slutet av seklet

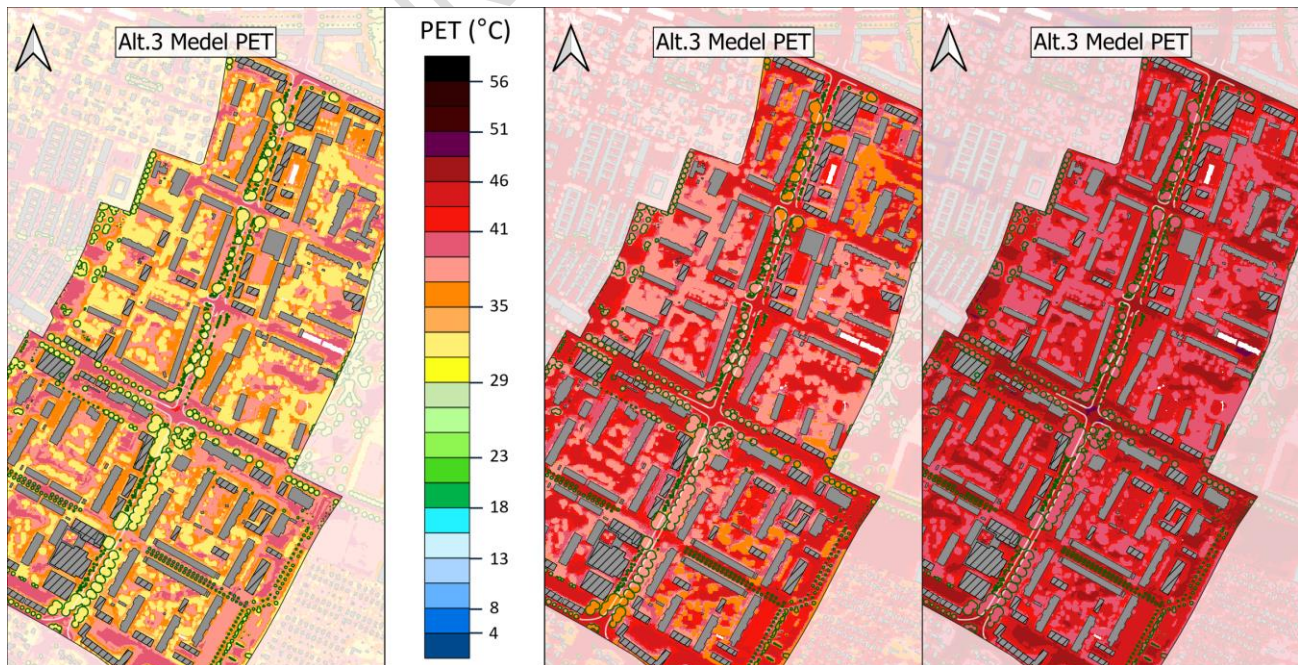
I detta avsnitt redovisas resultatet för hur den upplevda temperaturen kan komma att förändras till följd av de pågående klimatförändringarna. Tidshorisonten för denna framtidsytande utblick är slutet av innevarande sekel (år 2070–2100) och de två klimatscenarier som studerats är RCP4,5 och RCP8,5. Mer information om valda klimatscenarier återfinns under avsnitt 2.3.6.

Den övergripande bilden av vilka områden som är relativt svalare respektive hetare inom detaljplaneområdet förblir de samma även i ett framtida klimat. Det som tydligt

skiljer sig är vilka upplevda temperaturer som man kan förvänta sig i ett varmare klimat. I Figur 4-37 redovisas medeltemperaturen för Alternativ 1 med klimatscenariot RCP4,5 och RCP8,5. I Figur 4-38 redovisas medeltemperaturen för Alternativ 3 med klimatscenariot RCP4,5 och RCP8,5.



Figur 4-37: Alt 1 för RCP4,5 och RCP8,5.



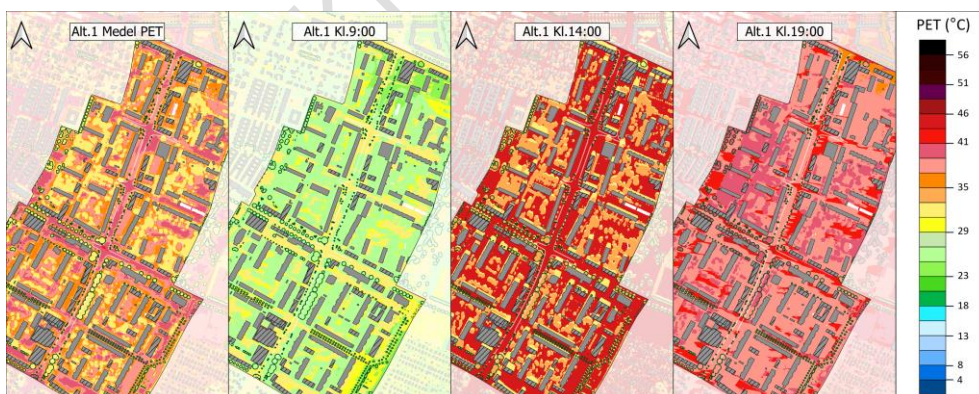
Figur 4-38: Alt 3 för RCP4,5 och RCP8,5.

4.2.5 Trädens etablering över tid

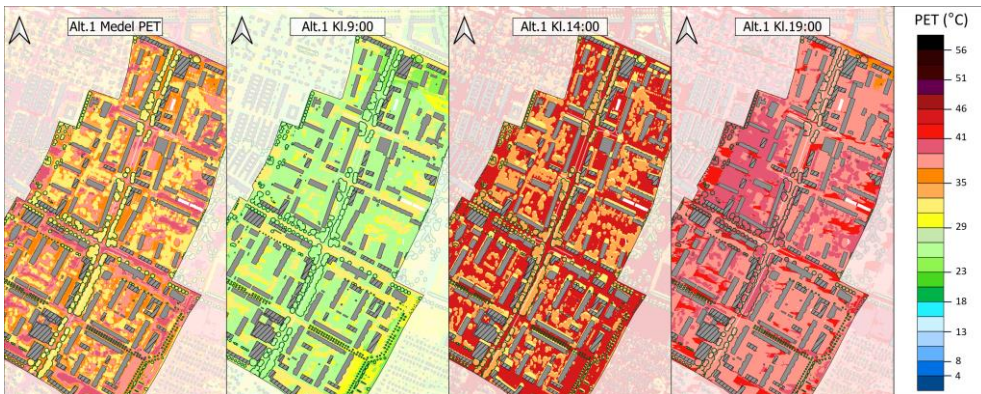
I följande avsnitt redovisas resultat för hur den upplevda temperaturen påverkas av storleken på enskilda träd, deras höjd och kronstorlek. Dessa resultat ger en inblick i hur den upplevda temperaturen i ett område kan komma att förändras över tid i takt med att träden växer till sig, förutsatt att de ges rätt förutsättningar för detta och inte skadas eller dör under tiden. Det ger därutöver en tydlig bild av hur lång tid det tar innan träden ger den svalkande effekt som man kanske eftersöker, samt vikten av att bevara större befintliga träd. Se Figur 4-39 till Figur 4-45 och för figurer med högre upplösning se Bilaga 7. För mer information kring grönstruktur generellt läs gärna avsnitt 2.4.1 och för den träddata som gått in i denna studie specifikt återges den i avsnitt 3.2.



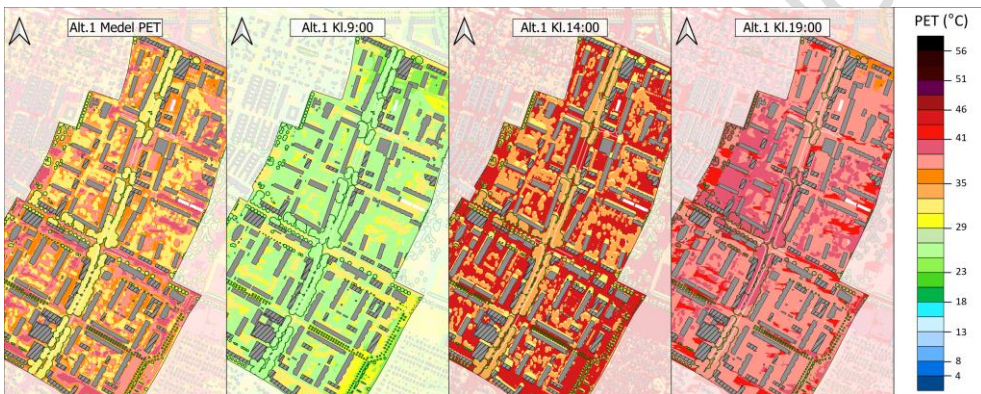
Figur 4-39. Alternativ 0. Från vänster till höger. Upplevd medeltemperatur under tidsperioden 08:00-20:00. Beräknad upplevs temperatur kl. 09:00, kl. 14:00 samt kl. 19:00.



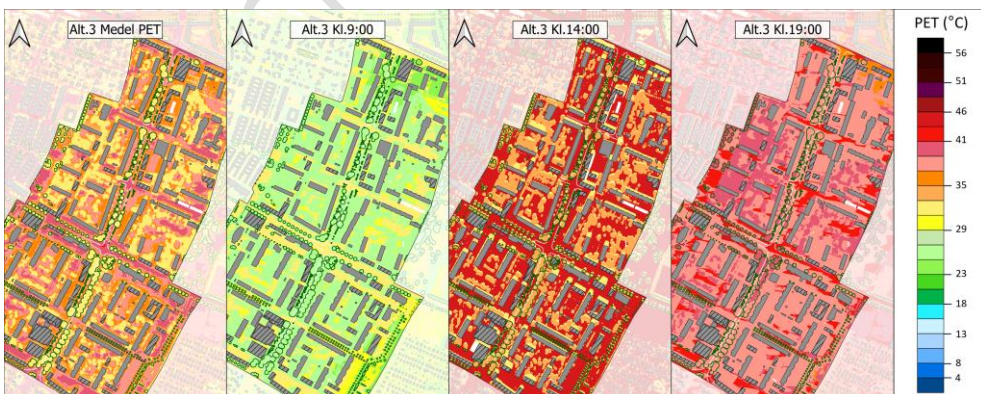
Figur 4-40. Alt 1 (trädutveckling nutid). Från vänster till höger. Upplevd medeltemperatur under tidsperioden 08:00-20:00. Beräknad upplevs temperatur kl. 09:00, kl. 14:00 samt kl. 19:00.



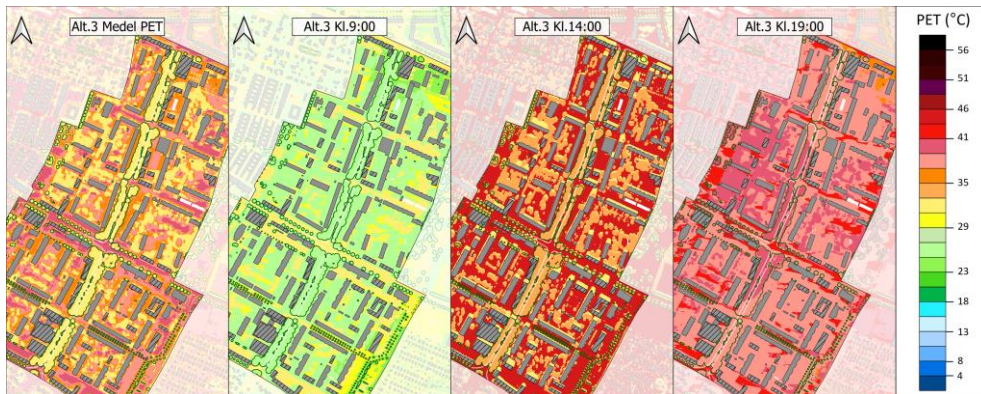
Figur 4-41. Alt 1 (trädutveckling 30 år). Från vänster till höger. Upplevd medeltemperatur under tidsperioden 08:00-20:00. Beräknad upplevs temperatur kl. 09:00, kl. 14:00 samt kl. 19:00.



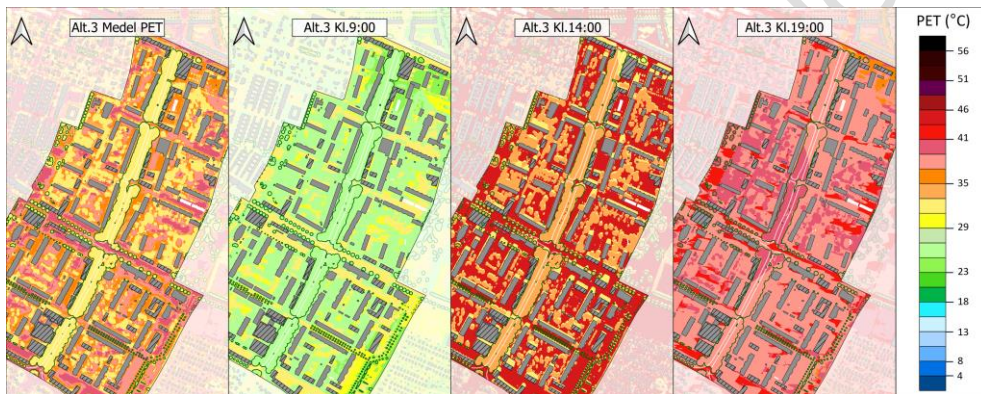
Figur 4-42. Alt 1 (trädutveckling 70 år). Från vänster till höger. Upplevd medeltemperatur under tidsperioden 08:00-20:00. Beräknad upplevs temperatur kl. 09:00, kl. 14:00 samt kl. 19:00.



Figur 4-43. Alt 3 (trädutveckling nutid). Från vänster till höger. Upplevd medeltemperatur under tidsperioden 08:00-20:00. Beräknad upplevs temperatur kl. 09:00, kl. 14:00 samt kl. 19:00.



Figur 4-44. Alt 3 (trädutveckling 30 år). Från vänster till höger. Upplevd medeltemperatur under tidsperioden 08:00-20:00. Beräknad upplevs temperatur kl. 09:00, kl. 14:00 samt kl. 19:00.



Figur 4-45. Alt 3 (trädutveckling 70 år). Från vänster till höger. Upplevd medeltemperatur under tidsperioden 08:00-20:00. Beräknad upplevs temperatur kl. 09:00, kl. 14:00 samt kl. 19:00.

5 Analys

I syfte att underlätta förståelsen av den upplevda värmestressen skiljer sig mellan olika platser, utvecklas under dagen samt påverkas av olika gestaltningar av grön infrastruktur, kommer analysen att fokusera på ett urval av platser eller stråk. De gestaltungsförslag som analyseras kan ses som alternativ på klimatanpassningsåtgärder där analysen kan ge en första indikation på respektive åtgärds effektivitet i att mildra uppkomsten av värmestress.

För att underlätta tolkningen av resultaten i de mer geografiskt omfattande stråken, där komplexiteten är högre, inleder vi med en analys av utvalda platser ("punkter") på Smörkajen för alternativ 0 (idag). Se exempel i avsnitt 5.1.

I avsnitt 5.2 respektive 5.3 presenteras analyser för specifika stråk för Smörkajen och Lorensborgsgatan.

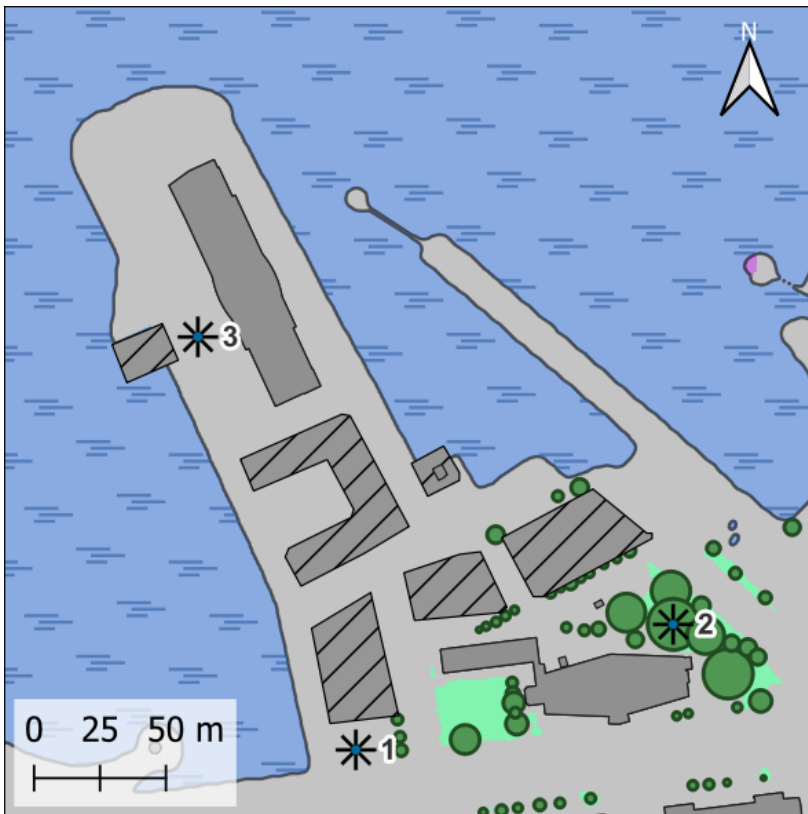
Avsnitt 5.5 innehåller en jämförelse mellan PET-modellen och SOLWEIG-modellen.

5.1 Förutsättningar för olika punkter

5.1.1 Smörkajen med planerad bebyggelse

För att illustrera olika platser förutsättningar valdes analysområdet Smörkajen med planerad bebyggelse (utan tillkommande gräs och träd) och tre specifika punkter ("platser") inom området, se Figur 5–1. Dessa tre punkter skiljer sig åt i fråga om värmestress, beroende på varierande lokala förhållanden som redovisats i föregående avsnitt. Förutsättningarna och dess modellerade resultat baseras på Smörkajen med planerad bebyggelse.

- **Punkt 1:** ligger i detaljplaneområdets sydvästra hörn. Här är marken hårdgjord och det saknas både träd och byggnader som kan ge skugga under hela eller delar av dagen.
- **Punkt 2:** ligger i sydöstra hörnet. Marken är gräsklädd och platsen skuggas av större befintliga träd under hela dagen.
- **Punkt 3:** ligger i nordvästra delen av området. Marken är hårdgjord och det finns inga träd, men platsen får viss skugga under dagen från närliggande byggnader.



Figur 5-1. Placering av analyspunkterna inom studieområdet Smörkajen.

5.1.2 Variationer över dygnet per plats för Smörkajen med planerad bebyggelse

I Figur 5-2 illustreras hur den upplevda temperaturen (PET), och därmed värmestressnivån, varierar under dagen för de tre punkterna – från kl. 08:00 på morgonen till kl. 20:00 på kvällen.

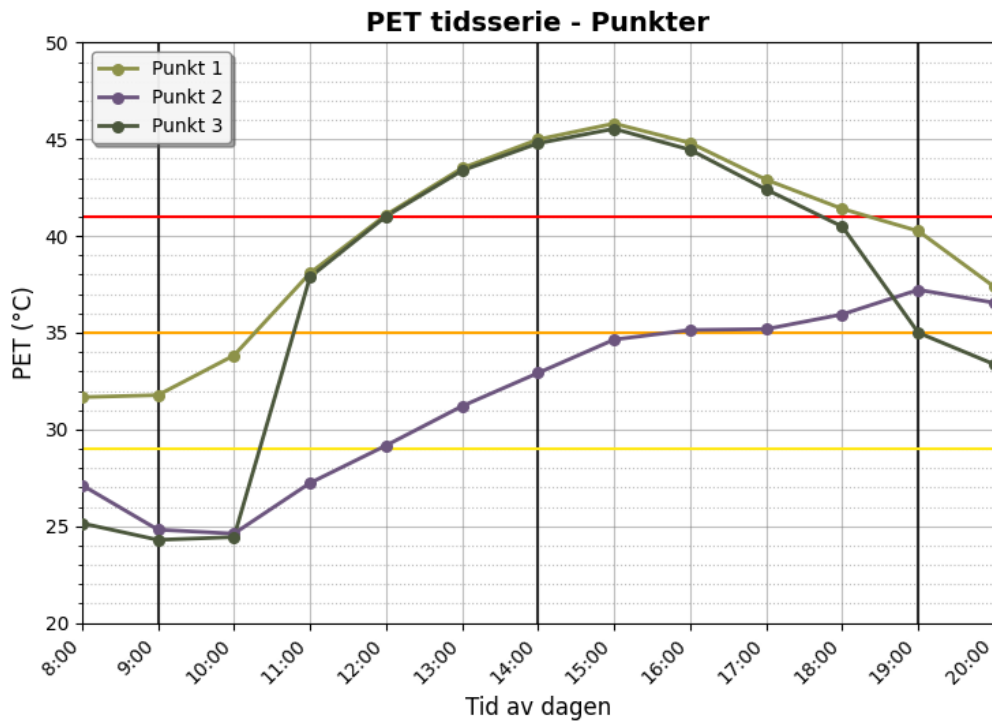
Klockan 08:00 har solen redan nått punkt 1, medan punkt 2 skuggas av träden och punkt 3 ligger i skugga från ett intilliggande hus. På grund av detta överstiger den upplevda temperaturen på punkt 1 redan 31 °C (vilket motsvarar moderat värmestress), medan temperaturen på punkt 2 och 3 ligger på 27 °C respektive 25 °C (lätt värmestress).

Mellan kl. 10:00 och 11:00 har solen nått tillräckligt högt och långt västerut för att även punkt 3 träffas av direkt solljus. Den upplevda temperaturen där stiger snabbt och når vid kl. 11:00 samma nivå som punkt 1 – omkring 38 °C (hög värmestress). Samtidigt är temperaturen på punkt 2 oförändrad, ca 27 °C (lätt värmestress).

Vid kl. 12:00 passerar den upplevda temperaturen för både punkt 1 och punkt 3 gränsen för extrem värmestress (över 41 °C) och fortsätter att stiga fram till omkring kl. 15:00, innan den börjar avta igen. Temperaturen för punkt 2 har också ökat, men långsammare tack vare skuggningen. Vid kl. 12:00 når punkt 2 nivån för moderat värmestress (29 °C), och kl. 16:00 uppnår den 35 °C (hög värmestress).

Efter kl. 18:00 minskar solens intensitet när den går ner mot väster. Punkt 3 hamnar åter i skugga från en byggnad, vilket leder till en snabb temperaturminskning. Före kl. 19:00 är punkt 3 den svalaste av de tre, och då understiger temperaturen gränsen för hög värmestress.

På punkt 2, som fortsatt skuggas av träd, stiger temperaturen långsamt även efter kl. 18:00, på grund av värmeutbyte med omgivande solbelysta ytor. Vid kl. 20:00 är den upplevda temperaturen i stort sett lika hög på plats 1 och 2, omkring 36–37 °C, vilket motsvarar hög värmestress. Trädens lövverk håller kvar den varma luften genom att förhindra ett effektivt värmeutbyte med den svalare himlen efter solnedgången.



Figur 5-2. PET värde över dagen för de olika punktplaceringarna, med gränsvärden för värmestress i gul, orange och rött. Den upplevda temperaturen redovisas för plats 1 i mossgrönt, plats 2 i dovt blållila och plats 3 i mörkgrönt.

5.2 Smörkajen

5.2.1 Skillnader mellan olika alternativ

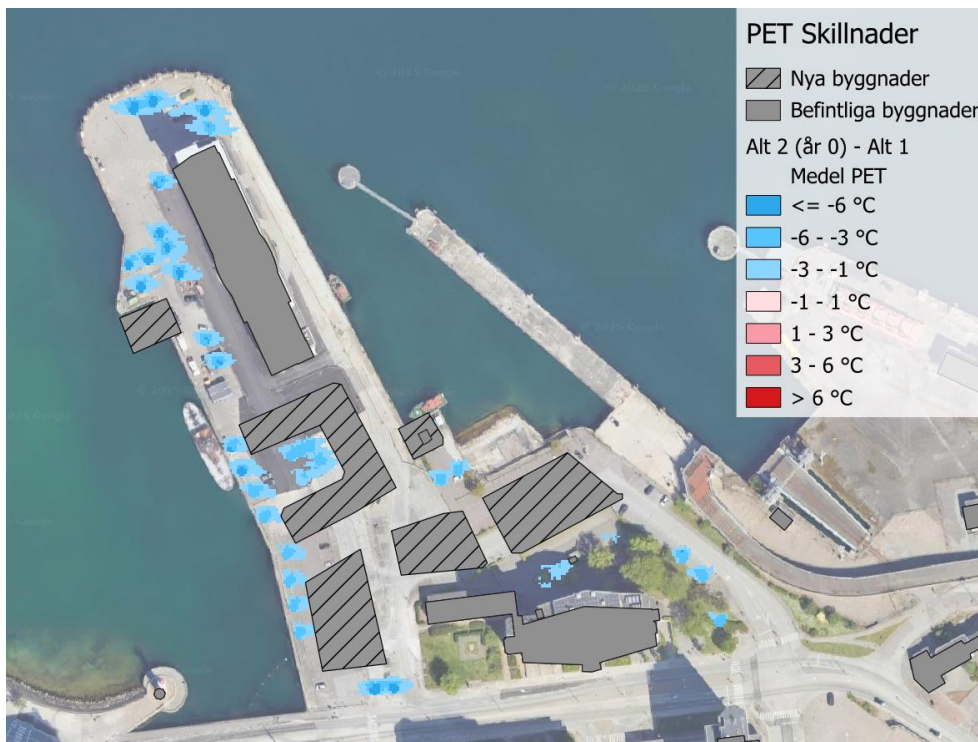
Modellberäkningarna visar tydligt att den upplevda medeltemperaturen inom studieområdet Smörkajen som helhet kommer att sjunka vid uppförandet av den planerade bebyggelsen, tack vare byggnadernas skuggande effekt – oavsett hur den gröna infrastrukturen utformas. Den föreslagna byggnadsstrukturen sänker den upplevda temperaturen med flera grader, men värmestressnivån kommer trots detta att överstiga gränsvärdet för hög värmestress (>35 grader).

Ett effektivt sätt att ytterligare minska värmestressnivån är att bevara befintliga, högre träd med tätare lövkrona. Under trädens skugga finns större områden där den upplevda medeltemperaturen, även under extremvarma dagar, håller sig inom riktlinjerna för moderat värmestress (29–35 grader).

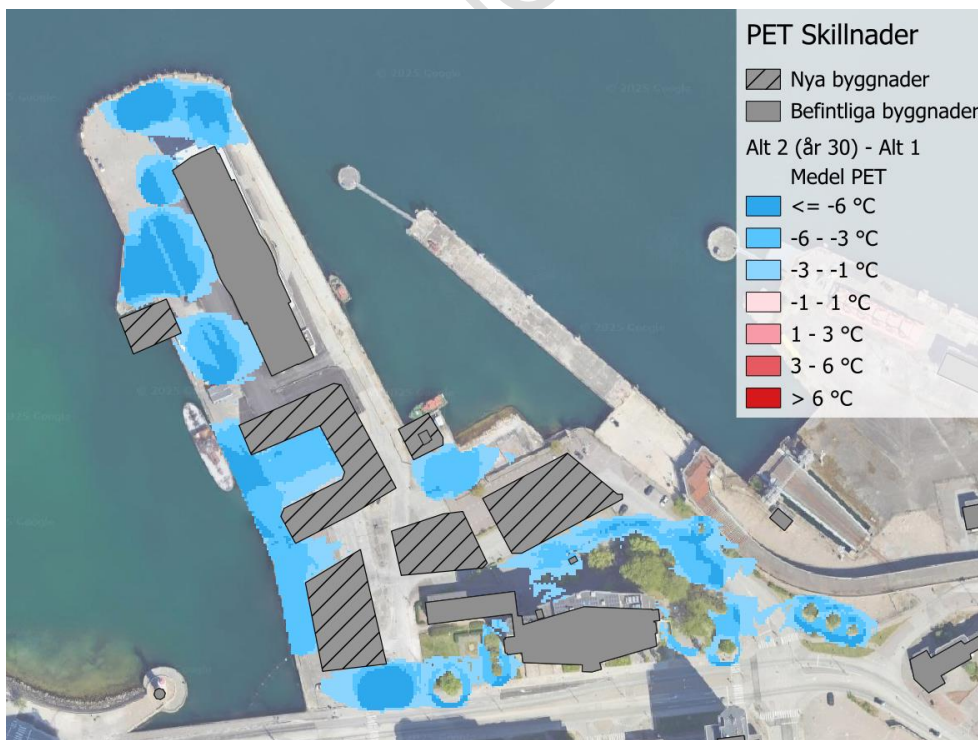
Etablering av nya träd kan på sikt, när de vuxit till sig och utvecklat stora kronor, bidra till markant lägre upplevda temperaturer i området. Effekten av enskilda nyplanterade träd på den upplevda temperaturen är liten (Figur 5-3), men resultaten visar att en tydlig lokal svalkande effekt uppnås om träden planteras i grupper eller täta alléer. Den geografiska omfattningen av denna effekt ökar med antalet träd, jämför Figur 5-3 och Figur 5-5.

Att ersätta ett väletablerat träd som vuxit i minst 30 år med flera nya träd kompenserar endast delvis för den svalkande effekt som det större trädet ger – även om man ersätter ett större träd med sju nya. Detta är viktigt att ta hänsyn till vid planering av trädsuccession och den tidsfördröjning som finns från det att ett nytt träd planteras tills det kan erbjuda den eftersträvade svalkande skuggan (ekosystemtjänsten) jämför Figur 5-4 och Figur 5-5.

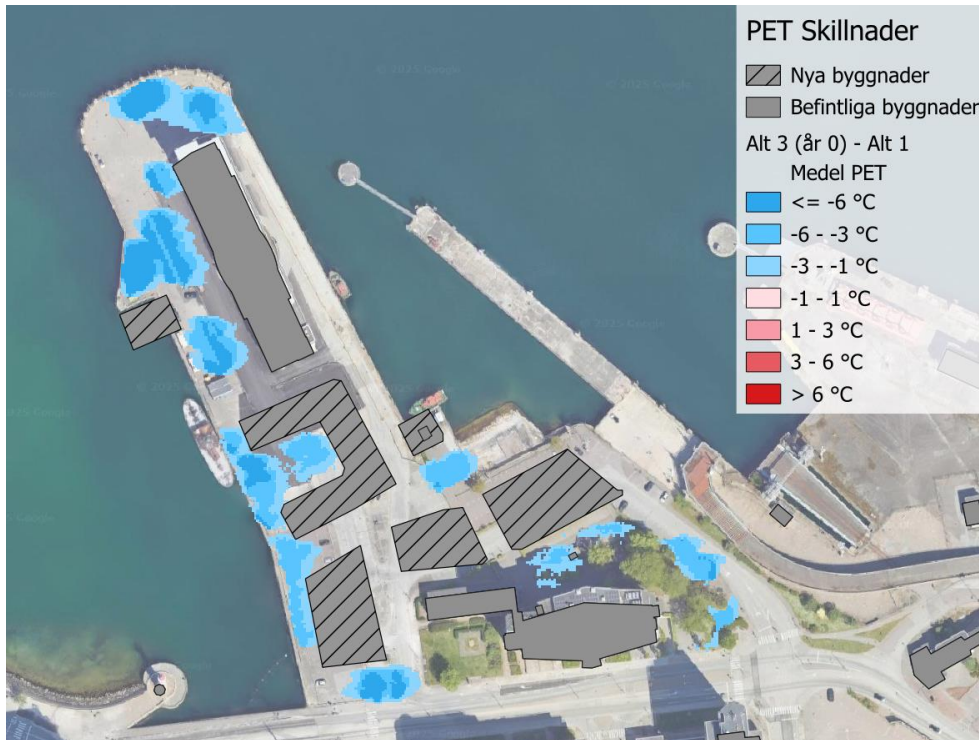
Förändring av markanvändningen på olika ytor, som att ersätta delar av kajkantens hårdgjorda yta med gräs, ger en viss temperatursänkande effekt, men inte i samma storleksordning som etablering av nya träd.



Figur 5-3. Skillnaden mellan Alt 2 och Alt 0. Illustration av den temperatursänkande effekten av nyetablerade träd enligt gestaltungsalternativ 2.



Figur 5-4. Skillnaden mellan Alt 2B (30 år) och Alt 0. Illustration av den temperatursänkande effekten av nyetablerade träd enligt gestaltungsalternativ 2 som fått växa till sig i 30 år tid.

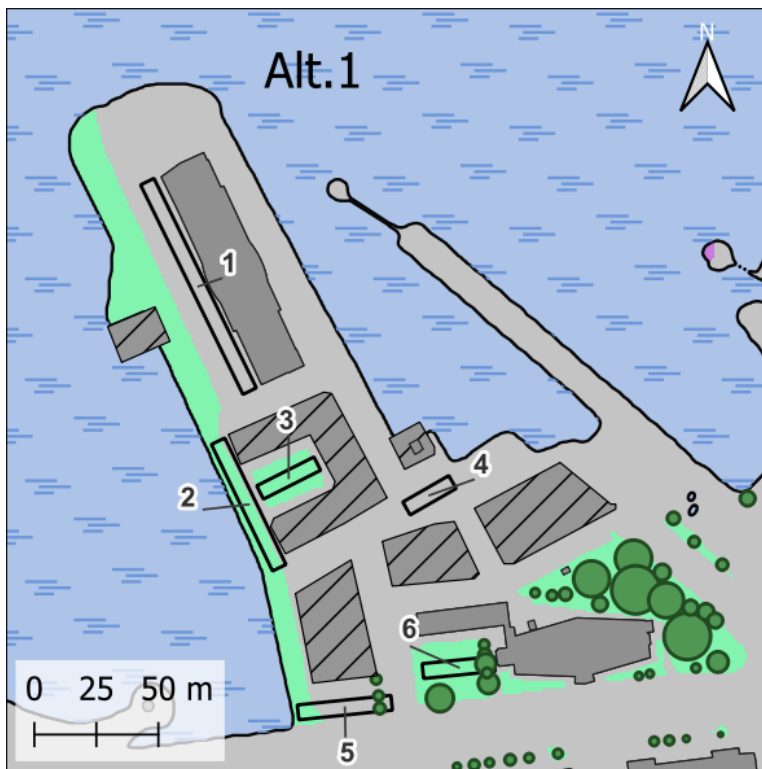


Figur 5-5. Skillnaden mellan Alt 3A och Alt 0. Illustration av den temperatursänkande effekten av nyetablerade träd enligt gestaltningsalternativ 3 i nutid (ingen längre etablering av träd).

5.2.2 Stråkanalys

I stråkanalysen för Smörkajen har totalt sex olika stråk analyserats för att ge en bättre bild av de lokala förutsättningarna för värmestress inom olika delar av studieområdet. Analysen visar även hur dessa förutsättningar förändras beroende på valet av gestaltning av den gröna infrastrukturen, framför allt trädens placering och antal. I Figur 5-6 visas placeringen och sträckningen av de sex olika stråk som analyserats inom studieområdet Smörkajen.

Stråkanalysen har utförts för samtliga gestaltningsalternativ. I figuren är stråkens placering illustrerad mot bakgrund av gestaltningsalternativ 1 (Alt. 1), men samma sträckning och placering gäller för alla alternativ.



Figur 5-6. Visualisering av analyserade stråk inom studieområdet Smörkajen.

Analysen tar också hänsyn till hur effekten av ett visst gestaltungsalternativ, när det gäller att skapa svalkande skugga, kommer att förändras över tid. Detta görs med fokus på tre tidpunkter: kort tid efter etablering samt efter 30 respektive 70 år.

För en översikt av vilka trädplaceringar som hör till respektive gestaltungsalternativ, se avsnitt 3.2 eller Bilaga 4.

Nedan är en kort beskrivning vad de representerar:

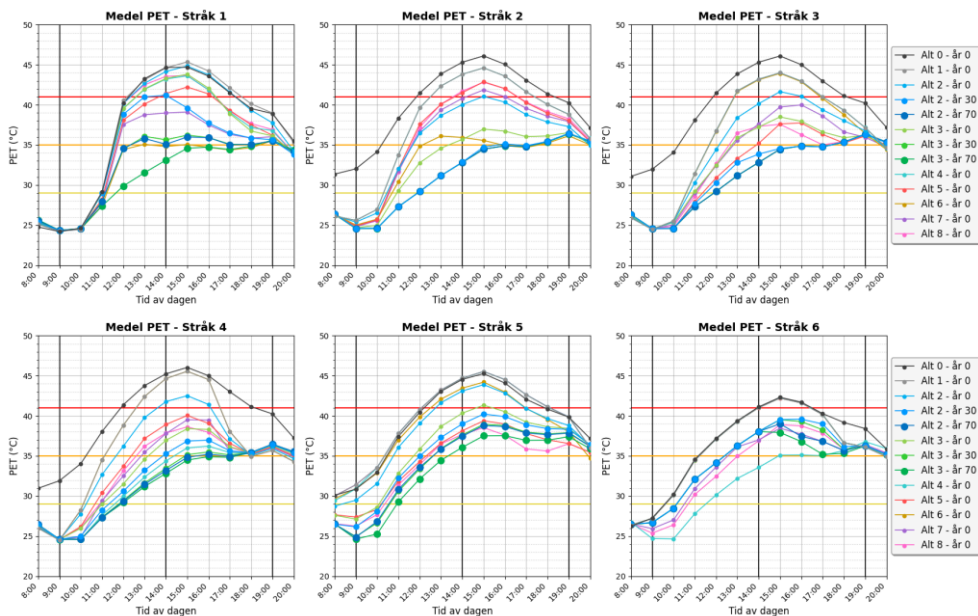
- **Stråk 1:** löper utmed den västra sidan av den befintliga byggnaden i kajens norra del. Byggnaden bidrar med svalkande skugga under morgonen och delar av förmiddagen. Efter kl. 10:00 börjar solen stå så högt att byggnaden inte längre skänker någon svalkande skugga och den upplevda temperaturen (PET) förändras snabbt. Under resterande timmar av dagen spelar den gröna gestaltningen av träd inom eller i nära anslutning till stråket en avgörande roll för hur PET utvecklas och vilken nivå av värmestress som upplevs av de som vistas där.
- **Stråk 2:** löper utmed kajens västra sida i höjd med en större planerad byggnad som kommer ligga direkt öster om stråket. Den planerade byggnaden kommer delvis att skugga stråket under morgon och tidig eftermiddag. Under resterande timmar av dagen spelar den gröna gestaltningen av träd inom eller i nära anslutning till stråket en avgörande roll för hur PET utvecklas och vilken nivå av värmestress som upplevs av de som vistas där.

- **Stråk 3:** utgörs av innergården för en större planerad byggnad som ska uppföras i områdets centrala delar. Byggnaden kommer under delar av dagen att skugga innergården men under resterande timmar av dagen spelar den gröna gestaltningen av träd inom eller i nära anslutning till stråket en avgörande roll för hur PET utvecklas och vilken nivå av värmestress som upplevs av de som vistas där.
- **Stråk 4:** utgörs av en öppen plats i detaljplaneområdets centrala delar, vilken kan komma att utvecklas till ett torg eller naturlig samlingsplats. När solen står lågt på morgon och kväll kan den planerade bebyggelsen runt platsen skänka viss svalkande skugga. Under resterande timmar av dagen spelar den gröna gestaltningen av träd inom eller i nära anslutning till stråket en avgörande roll för hur PET utvecklas och vilken nivå av värmestress som upplevs av de som vistas där.
- **Stråk 5:** löper utmed en befintlig gata i områdets sydvästra hörn. Norr om stråket planeras en ny byggnad, men den svalkande skugga denna kan skänka är ytterst begränsad till sent på eftermiddag/kväll. Stråket är i och med detta mycket exponerat för inkommande solstrålning under i stort sett hela dagen och därmed kommer den gröna gestaltningen av träd inom eller i nära anslutning till stråket ha en avgörande roll för hur PET utvecklas och vilken nivå av värmestress som upplevs av de som vistas där.
- **Stråk 6:** utgörs av en befintlig öppen plats i områdets södra del. Platsen är redan idag gräsklädd och har inom eller i direkt anslutning mindre befintliga träd (och buskar). Platsen är i övrigt exponerad för solen under i stort sett hela dagen varför en eventuell förändring av den gröna gestaltningen av träd inom eller i nära anslutning till stråket ha en avgörande roll för hur PET utvecklas och vilken nivå av värmestress som upplevs av de som vistas där.

Nedan följer kortfattade analyser för värmestressens utveckling inom stråket under en extremvarm högsommardag respektive en vanlig högsommardag. Ytterligare grafer återfinns i Bilaga 8.

5.2.2.1 Resultat på en extremvarm högsommardag

I detta avsnitt kommer värmestressensutveckling under en extremvarm högsommardag att beskrivas på olika stråk för Smörkajen. I Figur 5-7 redovisas resultatet för den upplevda temperaturen mellan kl. 08:00 och 20:00 för samtliga gestaltningsförslag.



Figur 5-7. Graf över värmestressens utveckling under en extrem varm högsommardag för de sex olika stråken inom Smörkajen. För varje enskilt stråk presenteras utvecklingen av den upplevda temperaturen mellan kl.08:00 och 20:00 för samtliga gestaltningsalternativ.

Stråk 1:

Under morgon- och förmiddagstimmarna fram till kl. 10:00 är den upplevda värmestressen låg oberoende av gestaltning. Efter kl.11:00 ser vi att PET divergerar stort mellan de olika gestaltningsalternativen.

- **Högst svalkande effekt:**
Gestaltningsalternativ Alt. 3 (70 år) följt av Alt 6. Dessa utformningar av trädmiljön inom stråket medför att den upplevda värmestressen kan hållas inom eller under moderat värmestress under i stort sett hela dagen.
- **Lägst svalkande effekt:**
Gestaltningsalternativ Alt. 0, Alt.1 och Alt 2 (år 0) erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. För dessa alternativ uppgår maximal PET till 45 grader och perioden av extrem värmestress ungefär 5 timmar.
Därefter följer Alt. 3 (år 0), Alt. 4 och Alt. 8 med maximal PET upp emot 44 grader och en varaktighet på nivåer för extrem värmestress på ca 3,5 timmar.

Stråk 2:

Den planerade byggnaden samt den planerade förändringen av markanvändningen (från asfalt till gräs) kommer bidra till att sänka allmänna värmestressen för stråket under hela dagen. Den nya byggnaden bidrar med svalkande skugga fram till kl.10:00 på förmiddagen. Därefter ser vi att PET divergerar stort mellan de olika gestaltningsalternativen.

- **Högst svalkande effekt:**
Gestaltningssalternativ Alt. 2 (30 och 70 år) och Alt. 3 (30 och 70 år). Dessa utformningar av trädmiljön inom stråket medför att den upplevda värmestressen kan hållas inom eller under moderat värmestress under i stort sett hela dagen.

För nyetablerade träd är det Alt. 6 som presterar bäst. Där hålls den maximala PET nere till 36 grader och tidsperioden under vilken stråket upplever hög värmestress begränsas till knappt 4 timmar.

- **Lägst svalkande effekt:**
Utöver gestaltningssalternativ Alt. 0 är det Alt. 1 och Alt. 4 som erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. Här uppgår maximal PET till nästan 45 grader och perioden av extrem värmestress uppgår till ungefär 5 timmar. Även för Alt. 2 (0 år), Alt. 5, Alt. 7 och Alt. 8 tangerar eller överskrider PET gränsvärdet för extrem värmestress under dagens varmaste timmar. Men här är varaktigheten avsevärt kortare.

Stråk 3:

Den planerade byggnaden samt den planerade förändringen av markanvändningen (från asfalt till gräs) kommer bidra till att sänka allmänna värmestressen för innergårdsstråket under hela dagen. Den nya byggnaden bidrar med svalkande skugga fram till kl.10:00 på förmiddagen. Därefter ser vi att PET divergerar stort mellan de olika gestaltningssalternativen.

- **Högst svalkande effekt:**
Gestaltningssalternativ Alt. 2 (70 år) och Alt. 3 (30 och 70 år). Därefter följer Alt. 2 (30 år). Dessa utformningar av trädmiljön inom innergårdsstråket medför att den upplevda värmestressen kan hållas inom eller under moderat värmestress under i stort sett hela dagen. För nyetablerade träd är det Alt. 5 följt av Alt. 8 som presterar bäst. Där hålls den maximala PET nere till under 38 grader och tidsperioden under vilken stråket upplever hög värmestress begränsas till 4–4,5 timmar.
- **Lägst svalkande effekt:**
Utöver gestaltningssalternativ Alt. 0 är det Alt. 1, Alt. 4 och Alt. 6 som erbjuder allra lägst svalkande effekt inom innergårdsstråket. Här uppgår maximal PET till 44 grader och perioden av extrem värmestress uppgår till drygt 4 timmar.

Stråk 4:

De fyra nya byggnader som planeras att uppföras, på olika sidor om den öppna samlingsytan eller torget som detta stråk symboliserar, bidrar till att sänka den allmänna värmestressen under framförallt morgon och förmiddag samt sent eftermiddag och kväll. Då står solen tillräckligt lågt för att de nya byggnaderna ska kunna bidra med svalkande skugga. Däremellan ser vi att PET divergerar stort mellan de olika gestaltningssalternativen.

- **Högst svalkande effekt:**

Gestaltningssalternativ Alt. 2 (70 år) och Alt. 3 (70 år). Dessa utformningar av trädmiljön inom eller i nära anslutning stråket medför att den upplevda värmestressen kan hållas inom eller under moderat värmestress under i stort sett hela dagen.

För nyetablerade träd är det Alt. 4 som presterar bäst. Där hålls den maximala PET nere till maximalt drygt 36 grader och tidsperioden under vilken stråket upplever hög värmestress begränsas till ca 5 timmar men på en relativt låg nivå.

- **Lägst svalkande effekt:**
Utöver gestaltningssalternativ Alt. 0 är det Alt. 1 som erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. Här uppgår maximal PET till drygt 45 grader och perioden av extrem värmestress uppgår till ca 4 timmar. Även Alt. 2 (0 år) medför att man inom stråket upplever extrem värmestress (maximal PET drygt 42 grader) under drygt 2 timmar.

Stråk 5:

Detta stråk är solutsatt redan från tidig morgon vilket medför att beräknad PET skiljer sig stort mellan de olika gestaltningssalternativen redan från dagens början.

- **Högst svalkande effekt:**
Inget av gestaltningssalternativen erbjuder en så effektiv svalkande skugga att den upplevda värmestressen kan hållas under hög värmestress. Det gestaltningssalternativ begränsar magnituden och varaktigheten av den höga värmestressen bäst är Alt. 3 (70 år). Dessa utformningar av trädmiljön inom stråket medför att den upplevda värmestressen kan begränsas till maximalt 37–38 grader och att varaktigheten av hög värmestress är 7 timmar. För nyetablerade träd är det Alt. 8 som presterar bäst.
- **Lägst svalkande effekt:**
Gestaltningssalternativ Alt. 0, Alt. 1, Alt. 4 och Alt. 7 erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. Här uppgår maximal PET till drygt 45 grader och perioden av extrem värmestress uppgår till ca 6 timmar. Även Alt. 2 (0 år) och Alt. 6 medför att man inom stråket upplever extrem värmestress (maximalt ca 44 grader) under drygt 4 timmar.

Stråk 6:

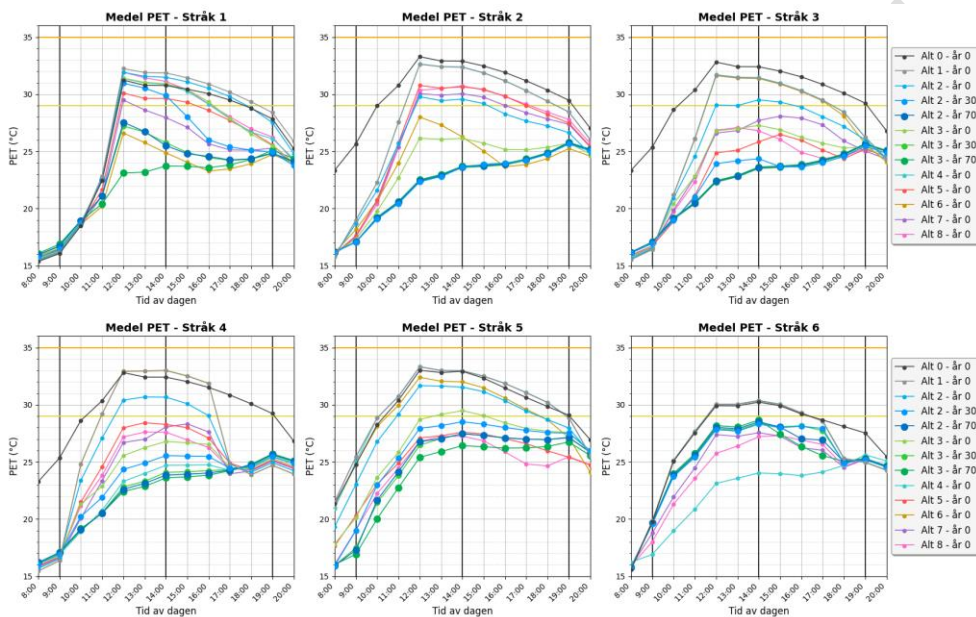
Den öppna grönyta som utgör detta stråk skuggas tidigt på morgonen (fram till kl. 8) av en större befintlig byggnad strax öster om stråket. Därefter ser vi att PET divergerar stort mellan de olika gestaltningssalternativen. Senare på kvällen skuggar en planerad byggnad åter stråket och värmestressen sjunker åter.

- **Högst svalkande effekt:**
Gestaltningssalternativ Alt. 4. Dess utformning av trädmiljön inom eller i nära anslutning stråket medför att den upplevda värmestressen kan hållas inom eller under moderat värmestress under i stort sett hela dagen.
- **Lägst svalkande effekt:**
Utöver gestaltningssalternativ Alt. 0 är det Alt. 1, Alt. 2 (0 år), Alt. 3 (0 år), Alt. 5 och Alt. 6 som erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. Här uppgår maximal PET till drygt 41 grader och perioden av extrem

värmestress uppgår till ca 2,5 timmar. Även Alt. 2 (0 år) medför att man inom stråket upplever extrem värmestress (maximalt drygt 42 grader) under drygt 2 timmar.

5.2.2.2 Resultat på en normalvarm högsommardag

I detta avsnitt kommer värmestressens utveckling under en normalvarm högsommardag att beskrivas på olika stråk för Smörkajen. I Figur 5-8 redovisas resultatet för den upplevda temperaturen mellan kl. 08:00 och 20:00 för samtliga gestaltningsförslag.



Figur 5-8. Graf över värmestressens utveckling under en normalvarm högsommardag för de sex olika stråken inom Smörkajen. För varje enskilt stråk presenteras utvecklingen av den upplevda temperaturen mellan kl. 08:00 och 20:00 för samtliga gestaltningsalternativ.

Stråk 1:

Under morgon- och förmiddagstimmarna fram till kl. 10:00 är den upplevda värmestressen låg oberoende av gestaltning. Efter kl. 11:00 ser vi att PET divergerar stort mellan de olika gestaltningsalternativen.

- Högst svalkande effekt:
Gestaltningsalternativ Alt. 3 (70 år) ger lägst värmestress (maximal PET på 25 grader, men mestadels under 24 grader), därefter följer Alt. 6, Alt. 2 (70 år) och Alt. 3 (30 år). Dessa utformningar av trädmiljön inom stråket medför att den upplevda värmestressen kan hållas inom spannet för lätt värmestress under hela dagen.

- **Lägst svalkande effekt:**
Gestaltningssalternativ Alt. 0, Alt.1 och Alt 2 (år 0) erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. För dessa alternativ uppgår maximal PET till 31–32 grader och perioden av moderat värmestress ungefär 6 timmar.

Stråk 2:

Den planerade byggnaden samt den planerade förändringen av markanvändningen (från asfalt till gräs) kommer bidra till att sänka allmänna värmestressen för stråket under hela dagen. Den nya byggnaden bidrar med bitvis svalkande skugga under morgonen. Därefter ser vi att PET divergerar stort mellan de olika gestaltningssalternativen.

- **Högst svalkande effekt:**
Gestaltningssalternativ Alt. 2 (30 och 70 år) och Alt. 3 (30 och 70 år). Dessa utformningar av trädmiljön inom stråket medför att den upplevda värmestressen kan hållas inom spannet för lätt värmestress hela dagen med en maximal PET på knappt 26 grader sent på kvällen.

För nyetablerade träd är det Alt. 3 (0 år) och Alt. 6 som presterar bäst. Även för dessa gestaltningssalternativ hålls den upplevda värmestressnivån nere och överstiger aldrig lätt nivå.

• **Lägst svalkande effekt:**
Utöver gestaltningssalternativ Alt. 0 är det Alt. 1 och Alt. 4 som erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. Här uppgår maximal PET till ca 32 grader och perioden av moderat värmestress uppgår till 9 timmar för Alt. 0 och 7 timmar för Alt. 1 och Alt. 4.
Även för Alt. 2 (0 år), Alt. 5, Alt. 7 och Alt. 8 överskrider PET gränsvärdet för moderat värmestress under dagens varmaste timmar. Men här är varaktigheten avsevärt kortare.

Stråk 3:

Den planerade byggnaden samt den planerade förändringen av markanvändningen (från asfalt till gräs) kommer bidra till att sänka den generella värmestressen för innergårdsstråket under hela dagen. Den nya byggnaden bidrar med svalkande skugga fram till kl.10:00 på förmiddagen. Därefter ser vi att PET divergerar stort mellan de olika gestaltningssalternativen.

- **Högst svalkande effekt:**
Gestaltningssalternativ Alt. 2 (70 år) och Alt. 3 (30 och 70 år). Därefter följer Alt. 2 (30 år). Dessa utformningar av trädmiljön inom innergårdsstråket medför att den upplevda värmestressen kan hållas inom spannet för lätt värmestress under hela dagen (maximal PET drygt 25 grader).
För nyetablerade träd är det Alt. 5 följt av Alt. 8 som presterar bäst. Där hålls den maximala PET nere till ungefär 27 grader och även här hålls den upplevda värmestressen nere till lätt nivå.

• **Lägst svalkande effekt:**
Utöver gestaltningssalternativ Alt. 0 är det Alt. 1, Alt. 4 och Alt. 6 som erbjuder allra lägst svalkande effekt inom innergårdsstråket. Här uppgår maximal PET till ca 32–33 grader och perioden av moderat värmestress uppgår till 9 timmar för Alt. 0 och 6 timmar för Alt. 1, Alt. 4 och Alt. 6.

Stråk 4:

De fyra nya byggnader som planeras att uppföras, på olika sidor om den öppna samlingsytan eller torget som detta stråk symboliserar, bidrar till att sänka den allmänna värmestressen under framförallt morgon och förmiddag samt sent eftermiddag och kväll. Då står solen tillräckligt lågt för att de nya byggnaderna ska kunna bidra med svalkande skugga. Däremellan ser vi att PET divergerar stort mellan de olika gestaltningsalternativen.

- **Högst svalkande effekt:**
Gestaltningsalternativ Alt. 2 (70 år) och Alt. 3 (30 och 70 år) samt Alt. 4. Dessa utformningar av trädmiljön inom eller i nära anslutning stråket medför att den upplevda värmestressen kan hållas nere (maximala PET överstiger 25 grader först kl.19) till lätt värmestress hela dagen.
För nyetablerade träd är det Alt. 4 som presterar klart bäst.
- **Lägst svalkande effekt:**
Utöver gestaltningsalternativ Alt. 0 är det Alt. 1 som erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. Här uppgår maximal PET till 33 grader och perioden av moderat värmestress uppgår till 9 timmar för Alt. 0 och drygt 5 timmar för Alt. 1. Även Alt. 2 (0 år) medför att man inom stråket upplever moderat värmestress (maximal PET knappt 31 grader) under ungefär 4,5 timmar.

Stråk 5:

Detta stråk är solutsatt redan från tidig morgon vilket medför att beräknad PET skiljer sig stort mellan de olika gestaltningsalternativen redan från dagens början.

- **Högst svalkande effekt:**
Gestaltningsalternativ Alt. 3 (70 år) följt av Alt. 2 (70 år) och Alt. 3 (30 år) samt Alt. 5 och Alt. 8 presterar bäst. Dessa utformningar av trädmiljön inom eller i nära anslutning stråket medför att den upplevda värmestressen kan hållas nere (maximala PET 28 grader) till lätt värmestress hela dagen. Även gestaltningsalternativ Alt. 2 (30 år) resulterar i att den upplevda värmestressen aldrig överstiger lätt nivå under dagen.
För nyetablerade träd är det Alt. 8 som presterar bäst följt av Alt. 5.
- **Lägst svalkande effekt:**
Gestaltningsalternativ Alt. 0, Alt. 1, Alt. 4 och Alt. 7 erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. Här uppgår maximal PET till drygt 33 grader och perioden av moderat värmestress uppgår till ca 9 timmar. Även Alt. 2 (0 år) och Alt. 6 medför att man inom stråket upplever moderat värmestress (maximal PET ca 32 grader) under 6,5–7 timmar.

Stråk 6:

Den öppna grönyta som utgör detta stråk skuggas tidigt på morgonen (fram till kl. 8) av en större befintlig byggnad strax öster om stråket. Därefter ser vi att PET divergerar stort mellan de olika gestaltningsalternativen. Senare på kvällen skuggar en planerad byggnad åter stråket och värmestressen sjunker åter.

- **Högst svalkande effekt:**

Gestaltningssalternativ Alt. 4. Dess utformning av trädmiljön inom eller i nära anslutning stråket medför att den upplevda värmestressen kan hållas inom spannet för lätt värmestress under hela dagen (maximal PET drygt 25 grader kl.19).

- **Lägst svalkande effekt:**
Utöver gestaltningssalternativ Alt. 0 är det Alt. 1, Alt. 2 (0 år), Alt. 3 (0 år), Alt. 5 och Alt. 6 som erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. Här uppgår maximal PET till drygt 30 grader och perioden av moderat värmestress uppgår till drygt 5 timmar.

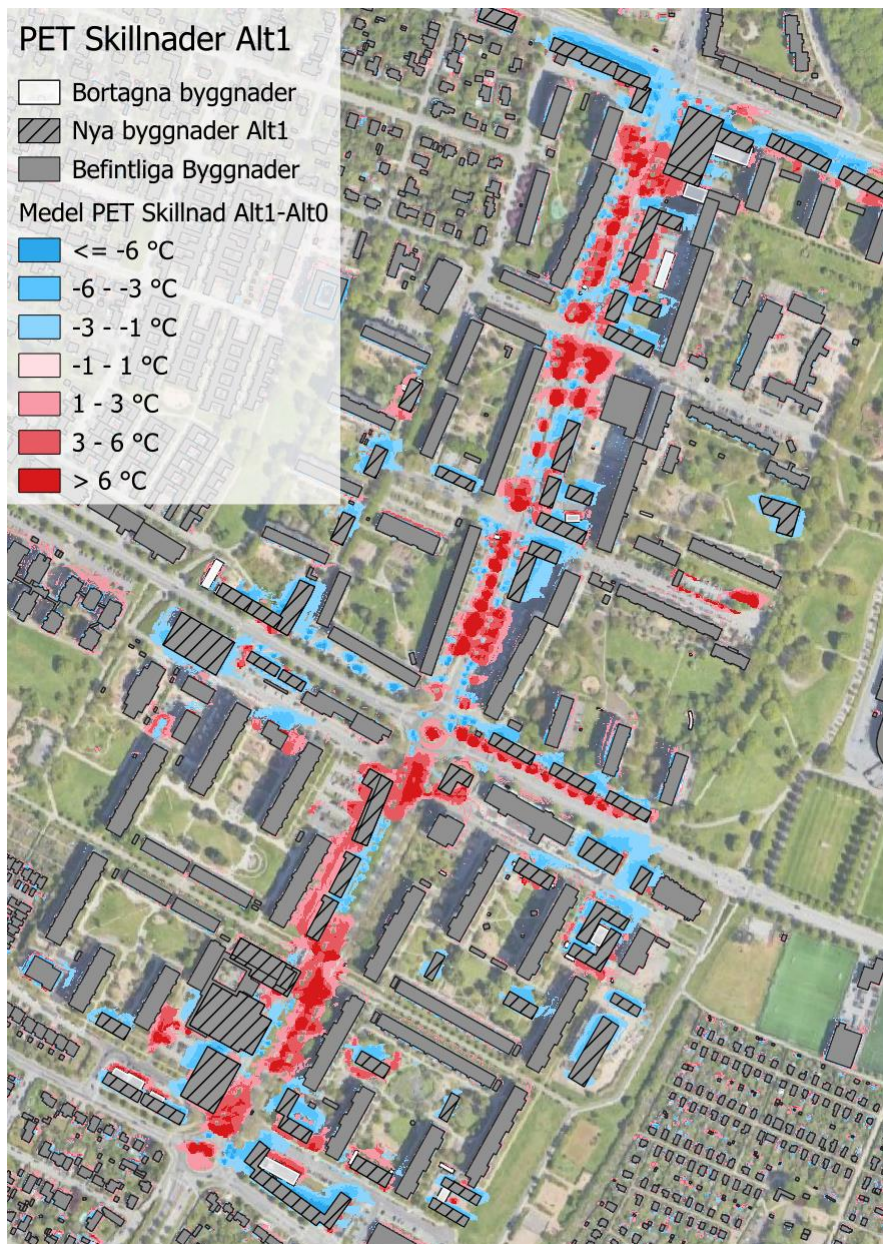
5.3 Lorensborgsgatan

5.3.1 Skillnader mellan olika alternativ

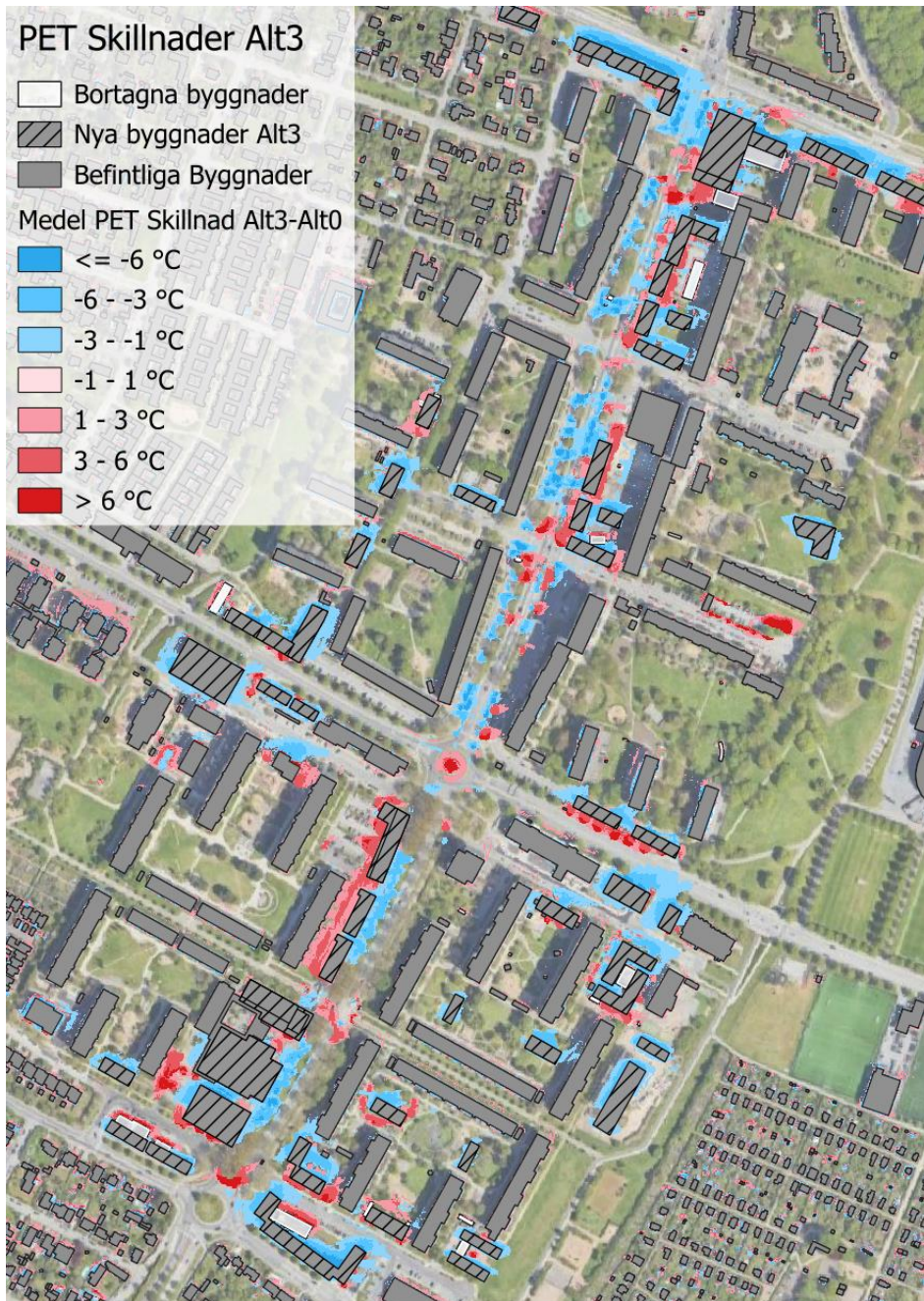
Inom studieområdet Lorensborgsgatan visar modellberäkningarna att den upplevda medeltemperaturen påverkas tydligt om något av de analyserade gestaltningssförslagen (Alt. 1 och Alt. 3) genomförs.

Om staden går vidare med förändrad väginfrastruktur och ny bebyggelse enligt Alt. 1 förväntas värmestressen öka kraftigt längs nästan hela gatan, vilket presenteras i Figur 5-9. Den röda färgen i figuren redovisar att på dessa platser ses en ökning av den upplevda temperaturen och blå färg indikerar en sänkning.

De negativa effekterna ur ett värmestressperspektiv är betydligt mindre omfattande för gestaltningssalternativ 3, se Figur 5-10. För vissa begränsade områden längs gatan kan effekten till och med vara positiv, med lägre upplevda temperaturer (PET-nivåer).



Figur 5-9. Skillnaden mellan Alt 1 och alt 0. Illustration av den temperaturökande och -sänkande effekten om staden går vidare med förändrad väginfrastruktur och ny bebyggelse enligt gestaltungsförslag 1.



Figur 5-10. Skillnaden mellan Alt 3 och alt 0. Illustration av den temperaturökande och -sänkande effekten om staden går vidare med förändrad väginfrastruktur och ny bebyggelse enligt gestaltsförslag 3.

Beräkningarna visar också att de träd som planeras att planteras i området kan bidra till en förbättrad värmestresssituation på längre sikt, förutsatt att träden får goda förutsättningar att växa till sig och utveckla stora, skuggande kronor. Enligt den data som Sweco erhållit från Malmö stad kommer det dock att dröja flera decennier innan träden vuxit tillräckligt för att ge denna effekt, se Bilaga 2.

Denna långsiktiga, positiva effekt av nyplanterade träd i den befintliga miljön blir ett viktigt verktyg för staden för att mildra effekterna av pågående klimatförändringar,

där högre medeltemperaturer och mer frekventa, längre samt kraftigare värmeböljor förväntas.

Utifrån Figur 5-9 och Figur 5-10 (se ovan) syns det att de största negativa effekter på den upplevda temperaturen orsakas av förändringar i väginfrastrukturen som leder till att befintliga träd måste fällas. Om större träd tas bort för att ge plats åt nya byggnader, kan byggnadernas skuggning, beroende på deras höjd, bredd och orientering mot gatan, delvis kompensera för förlusten av den svalkande skugga som träden tidigare gav under delar av dagen.

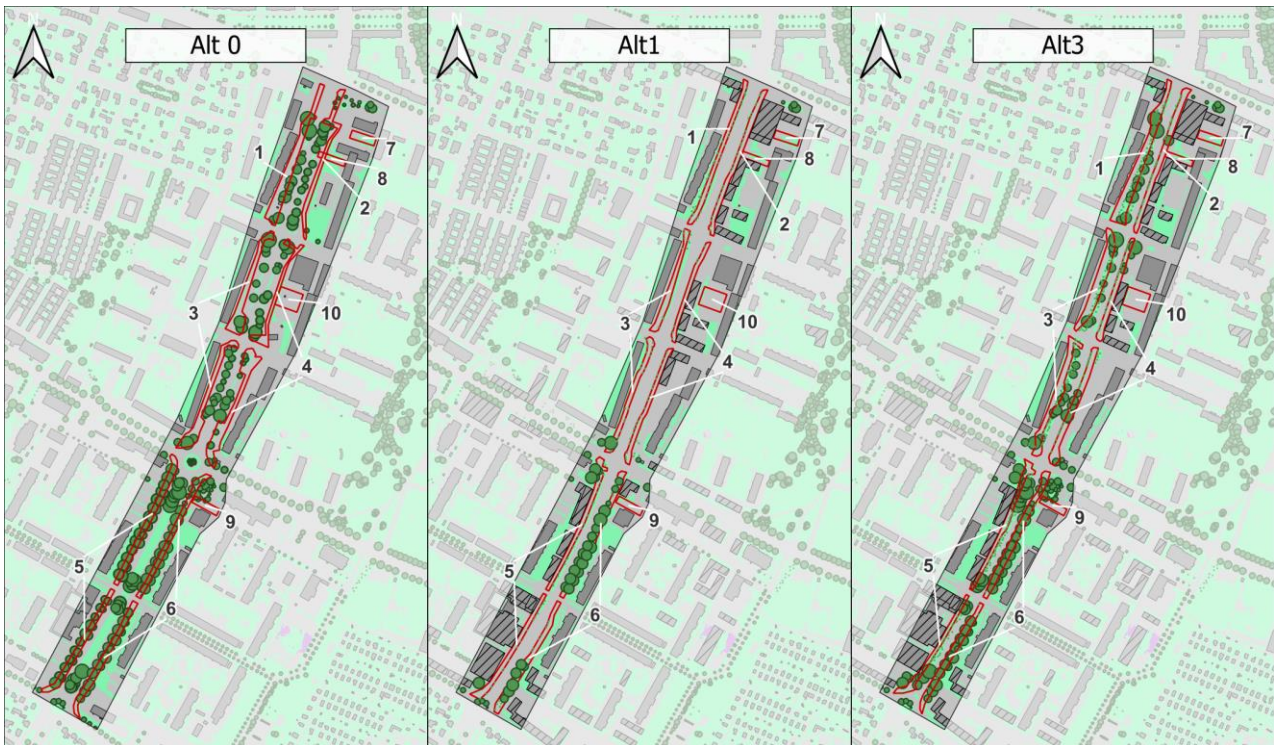
Längs de delar av gatan som idag har den mest utvecklade gröna infrastrukturen, med större träd, riskerar effekten av att förlora denna viktiga ekosystemtjänst att bli särskilt tydlig. Om träden fälls eller skadas så att de dör, kan det leda till betydligt högre upplevda temperaturer i området.

5.3.2 Stråk- och platsanalys

I stråkanalysen för Lorensborgsgatan har totalt sex olika stråk och fyra olika platser analyserats. Analysens syfte att välja dessa stråk och platser för att ge en bättre bild av de lokala förutsättningarna för värmestress inom olika delar av studieområdet för Lorensborgsgatan. Analysen visar även hur dessa förutsättningar förändras beroende på valet av gestaltungsförslag och gestaltning av den gröna infrastrukturen, framför allt bevarande av befintliga träd, trädens placering av nyplanterade och antalet. Analysen tar också hänsyn till hur effekten av ett visst gestaltungsalternativ, när det gäller att skapa svalkande skugga, kommer att förändras över tid. Detta görs med fokus på tre tidpunkter: kort tid efter etablering samt efter 30 respektive 70 år för de nyplanterade träden.

I Figur 5-11 nedan visas placeringen och sträckningen av de sex olika stråk och de fyra olika platserna som analyserats inom studieområdet Lorensborgsgatan. Stråkanalysen har utförts för samtliga gestaltungsförslagsalternativ.

För en översikt av vilka trädplaceringar som hör till respektive gestaltungsalternativ, se avsnitt 3.2 eller Bilaga 5.



Figur 5-11. Illustration av den geografiska placeringen och omfattningen av analysens stråk och platser.

Nedan är en kort beskrivning vad de representerar:

- **Stråk 1:** återfinns i områdets norra del och löper utmed gatans västra sida. Stråket är exponerat för sol från tidig morgon och fram till en bit in på eftermiddagen. Den gröna gestaltningen spelar en avgörande roll för nivån av den upplevda värmestressen under dessa timmar. Därefter skuggas denna del av gatan av befintliga bostadshus som löper utmed gatans västra sida.
- **Stråk 2:** återfinns i områdets norra del och löper utmed gatans östra sida. Stråket skuggas helt eller delvis av befintliga bostadshus eller planerade byggnader som löper utmed gatans östra sida under morgon och tidig förmiddag. Därefter är stråket exponerat för inkommande solsken fram till sen kväll. Den gröna gestaltningen spelar en avgörande roll för nivån av den upplevda värmestressen under dessa timmar.
- **Stråk 3:** återfinns i områdets mellersta del och löper utmed gatans västra sida. Stråket är exponerat för sol från tidig morgon och fram till en bit in på eftermiddagen. Den gröna gestaltningen spelar en avgörande roll för nivån av den upplevda värmestressen under dessa timmar. Därefter skuggas denna del av gatan av befintliga bostadshus som löper utmed gatans västra sida.
- **Stråk 4:** återfinns i områdets mellersta del och löper utmed gatans östra sida. Stråket skuggas helt eller delvis av befintliga bostadshus eller planerade byggnader som löper utmed gatans östra sida under morgon och tidig förmiddag. Därefter är stråket exponerat för inkommande solsken fram till sen kväll. Den gröna gestaltningen spelar en avgörande roll för nivån av den upplevda värmestressen under dessa timmar.

- **Stråk 5:** återfinns i områdets södra del och löper utmed gatans västra sida. Stråket är exponerat för sol från tidig morgon och fram till en bit in på eftermiddagen. Den gröna gestaltningen spelar en avgörande roll för nivån av den upplevda värmestressen under dessa timmar. Därefter skuggas denna del av gatan av befintliga bostadshus som löper utmed gatans västra sida.
- **Stråk 6:** återfinns i områdets södra del och löper utmed gatans östra sida. Stråket skuggas helt eller delvis av befintliga bostadshus eller planerade byggnader som löper utmed gatans östra sida under morgon och tidig förmiddag. Därefter är stråket exponerat för inkommande solsken fram till sen kväll. Den gröna gestaltningen spelar en avgörande roll för nivån av den upplevda värmestressen under dessa timmar.

Nedan är en kort beskrivning vad platserna representerar:

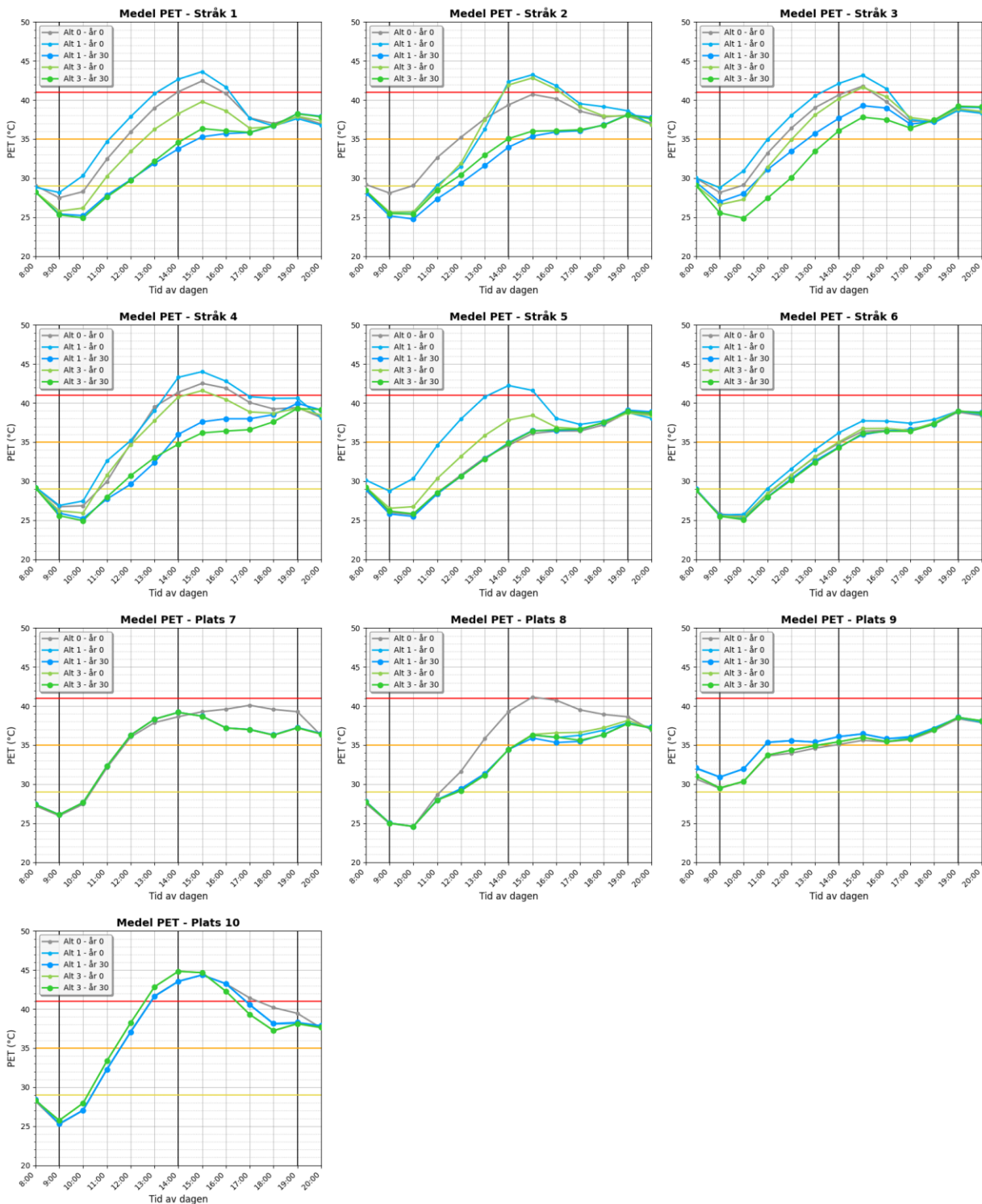
- **Plats 7:** utgörs av ett befintligt mindre torg i områdets nordöstra del. Platsen saknar befintliga träd men har byggnader som ramar in torget från olika sidor, vilka skänker viss skugga under delar av dagen.
- **Plats 8:** utgörs av en öppen yta i områdets nordöstra del som eventuellt kan komma att omvandlas till ett torg i ett av gestaltungsforlagen.
- **Plats 9:** ligger i områdets södra delar på gatans östra sida i direkt anslutning norr om ett befintligt äldreboende/LSS-boende. Här finns större befintliga träd, men ett av gestaltungsforlagen innebär att dessa träd behöver fällas till förmån för ny bebyggelse.
- **Plats 10:** utgörs av en större öppen yta (ev. parkeringsplats) i områdets mellersta delar på gatans östra sida i nära anslutning till livsmedelsbutik. Ytan kan potentiellt komma att få ett annat användningsområde i samband med den stadsomvandling som är planerad utmed gatan.

Nedan följer kortfattade analyser för värmestressens utveckling inom stråk och platser gemensamt, under en extremvarm högsommardag respektive en vanlig högsommardag. Ytterligare grafer återfinns i Bilaga 9.

5.3.2.1 Resultat en extremvarm högsommardag

I detta avsnitt kommer värmestressensutveckling under en extremvarm högsommardag att beskrivas på olika stråk för Lorensborgsgatan. I Figur 5-12 redovisas resultatet för den upplevda temperaturen mellan kl. 08:00 och 20:00 för samtliga gestaltningsförslag.

GRANSKNINGSVERSION



Figur 5-12. Graf över värmestressens utveckling under en extremvarm högsommardag för de sex olika stråken och de fyra olika platserna inom Lorensborgsgatan. För varje enskilt stråk och plats presenteras utvecklingen av den upplevda temperaturen mellan kl. 08:00 och 20:00 för samtliga gestaltningsalternativ.

Stråk 1:

Solen når stråket tidigt på morgonen varför vi ser att PET börjar divergera stort mellan de olika gestaltningsalternativen innan kl.09:00.

Efter kl.18 på kvällen skuggar de befintliga byggnaderna i väster stråket vilket medför att PET åter konvergerar för de olika gestaltningsalternativen.

- **Högst svalkande effekt:**
Gestaltningsalternativ Alt. 1 (30 år) och Alt. 3 (30 år) är relativt lika för detta stråk. Dessa utformningar av trädmiljön inom stråket medför att den upplevda värmestressen sänks avsevärt i jämförelse med nuvarande situation. Under ingen del av dygnet upplever max extrem värmestress inom stråket.
- **Lägst svalkande effekt:**
Gestaltningsalternativ Alt. 1 (0 år) erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. Med detta gestaltningsalternativ förvärras den upplevda värmestressen inom stråket i jämförelse med nuvarande situation. För detta gestaltningsalternativ och stråk uppnår den upplevda värmestressen till *extrem värmestress*.

Stråk 2:

Solen når stråket på gatans östra sida tidigt på morgonen i nuvarande stadsbild, men skulle komma att ligga i skugga bakom de byggnader som planeras i de två gestaltningsalternativen en bit in på förmiddagen. Därefter ser vi att PET divergerar tydligt mellan de olika gestaltningsalternativen beroende på trädens storlek.

- **Högst svalkande effekt:**
Gestaltningsalternativ Alt. 1 (30 år) och Alt. 3 (30 år) har liknande mösnter för detta stråk. Dessa utformningar av trädmiljön inom stråket medför att den upplevda värmestressen sänks avsevärt i jämförelse med nuvarande situation. Under ingen del av dygnet upplever max extrem värmestress inom stråket.
- **Lägst svalkande effekt:**
Gestaltningsalternativ Alt. 0 (0 år) erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. Med detta gestaltningsalternativ förvärras den upplevda värmestressen inom stråket i jämförelse med nuvarande situation. För detta gestaltningsalternativ och stråk uppnår den upplevda värmestressen till *extrem värmestress*.

Stråk 3:

Solen når stråket tidigt på morgonen varför vi ser att PET börjar divergera stort mellan de olika gestaltningsalternativen innan kl.09:00.

Efter kl.18 på kvällen skuggar de befintliga byggnaderna i väster stråket vilket medför att PET åter konvergerar för de olika gestaltningsalternativen.

- **Högst svalkande effekt:**
Gestaltningsalternativ Alt. 3 (30 år) har lägst PET under större delen av dagen. Dessa utformningar av trädmiljön inom stråket medför att den

upplevda värmestressen sänks avsevärt i jämförelse med nuvarande situation. Under ingen del av dygnet upplever max extrem värmestress inom stråket.

- **Lägst svalkande effekt:**
Gestaltningssalternativ Alt. 1 (0 år) erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. Med detta gestaltningssalternativ förvärras den upplevda värmestressen inom stråket i jämförelse med nuvarande situation. För detta gestaltningssalternativ och stråk uppnår den upplevda värmestressen till *extrem värmestress*.

Stråk 4:

Delar av stråket skuggas under morgontimmarna av befintliga byggnader öster om gatan. När solen stiger högre ser vi att PET divergerar tydligt mellan de olika gestaltningssalternativen beroende på trädens storlek.

- **Högst svalkande effekt:**
Gestaltningssalternativ Alt. 3 (30 år) och Alt 1 (30 år) har lägst PET. Alt 1 (30 år) har lägst under första delen av dagen och Alt. 3 (30 år) under andra halvan av dagen. De andra tre gestaltningssalternativen, för detta stråk, når någon gång under dagen över extrem värmestress. Dessa två utformningar av träd miljön inom stråket medför att den upplevda värmestressen sänks avsevärt i jämförelse med nuvarande situation. Under ingen del av dygnet upplever max extrem värmestress inom de två stråken.
- **Lägst svalkande effekt:**
Gestaltningssalternativ Alt. 1 (0 år) erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. Med detta gestaltningssalternativ förvärras den upplevda värmestressen inom stråket i jämförelse med nuvarande situation. För detta gestaltningssalternativ och stråk uppnår den upplevda värmestressen till *extrem värmestress*.

Stråk 5:

Stråket skuggas i nuvarande stadsbild till stora delar av större befintliga träd under alla delar av dagen, någonting som skulle förändras i närtid vid förvekligande av något av gestaltningssalternativen. Den skuggande effekt som planerad bebyggelse skulle få på stråket under eftermiddag och kväll överstiger inte den svalkande skuggeffekt som befintliga träd skänker idag.

- **Högst svalkande effekt:**
Gestaltningssalternativ Alt. 1 (30 år), Alt. 3 (30 år) är lika för detta stråk och följer även Alt 0 (år 0). Alt 0 är den nuvarande utformningen av området. Dessa utformningar av träd miljön inom stråket medför att den upplevda värmestressen inte försämras i jämförelse med nuvarande situation. Under ingen del av dygnet upplever max extrem värmestress inom stråket.

- **Lägst svalkande effekt:**
Gestaltningalternativ Alt. 1 (0 år) erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. Med detta gestaltningalternativ förvärras den upplevda värmestressen inom stråket i jämförelse med nuvarande situation. För detta gestaltningalternativ och stråk uppnår den upplevda värmestressen till *extrem värmestress*.

Stråk 6:

Delar av stråket skuggas under morgontimmarna av befintliga byggnader öster om gatan. När solen stiger högre ser vi att PET divergerar något mellan de olika gestaltningalternativen beroende på utformningen av trädmiljön utmed stråket. För detta stråk så uppnår ingen av gestaltningsförslagen *extrem värmestress*.

- **Högst svalkande effekt:**
Gestaltningalternativ Alt. 3 (30 år), Alt 3 (0 år), Alt 1 (30 år) är relativt lika och har lägst PET under större delen av dagen. Dessa gestaltningalternativ följer även Alt 0 (år 0). Alt 0 är den nuvarande utformningen av området. Dessa utformningar av trädmiljön inom stråket medför att den upplevda värmestressen inte försämras i jämförelse med nuvarande situation. Under ingen del av dygnet upplever max *extrem värmestress* inom stråket.
- **Lägst svalkande effekt:**
Gestaltningalternativ Alt. 1 (0 år) erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. Med detta gestaltningalternativ förvärras den upplevda värmestressen inom stråket i jämförelse med nuvarande situation. För detta gestaltningalternativ och stråk uppnår inte den upplevda värmestressen till *extrem värmestress*.

Plats 7:

Det befintliga torget och dess värmekänslighet påverkas ytterst lite av de planerade förändringar som de olika gestaltningalternativen innebär. Inga signifikanta skillnader kan identifieras mellan Alt.1 och Alt.3, varken i närtid eller på längre sikt.

Den tydliga skillnad som kan identifieras är att den byggnad som planeras att uppföras i torgets (stråkets) västra ände kommer att bidra med svalkande skugga för stråket under eftermiddag och kväll vilket kommer minska den upplevda värmestressen signifikant.

Plats 8:

Den öppna plats som eventuellt kan komma att utvecklas till ett nytt torg kommer med föreslagna förändringarna i de olika gestaltningalternativen att upplevas som en betydligt svalare plats med signifikant lägre värmestress under varma dagar jämfört med de förutsättningar som råder idag. Endast marginella skillnader mellan de två olika gestaltningalternativen kan ses i analysresultaten men en liten förbättrad situation värmestressmässigt i takt med att etablerade träd växer till sig och blir större.

Plats 9:

Den upplevda temperaturen (PET) för platsen som helhet berörs relativt marginellt av föreslagna förändringar i de två gestaltningalternativen. Platsen skuggas i någon

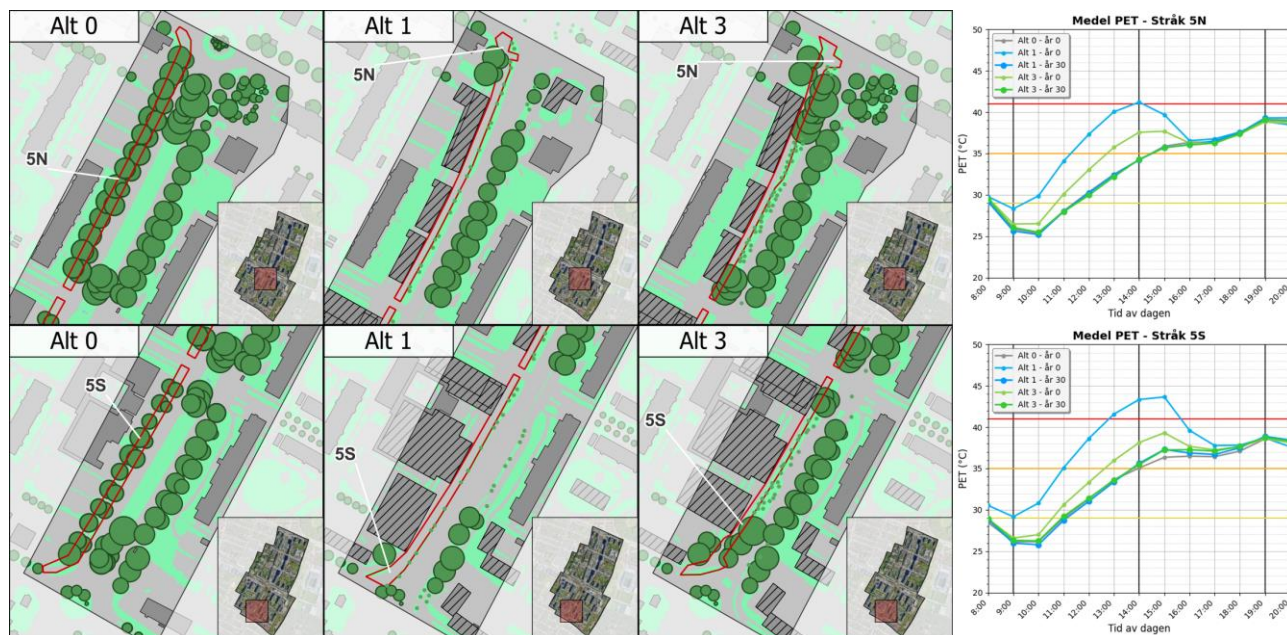
mån under stora delar av dagen av det höga flerbostadshus söder om platsen som inrymmer ett äldreboende/LSS-boende. Den tillkommande byggnad norr om platsen som föreslås i Alt. 1 på bekostnad av ett större antal befintliga träd medför att PET ökar för platsen som helhet med 1–1,5 grader som mest under förmiddagstimmarna och fram till mitten på dagen. Under eftermiddag och kväll är skillnaderna mellan de olika gestaltningsalternativen försumbara. Värmestressnivån inom platsen överstiger aldrig hög värmestress någon gång under dagen för något av de analyserade gestaltningsalternativen. Antalet timmar med hög värmestress (mellan kl08:00-20:00) skiljer sig mellan gestaltningsalternativen med ungefär 6 timmar för Alt. 0, 6,5–7 timmar för Alt. 3 och 9 timmar för Alt. 1.

Plats 10:

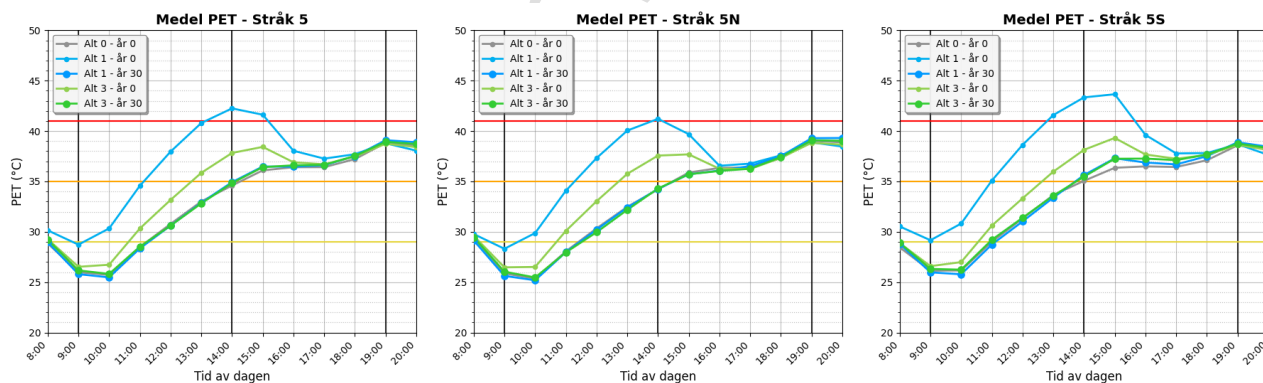
Den upplevda temperaturen (PET) för platsen som helhet berörs relativt marginellt av föreslagna förändringar i de två gestaltningsalternativen. Den tillkommande byggnad väster om platsen som föreslås i Alt. 1 och Alt. 3 bidrar med svalkande skugga i tilltagande grad under eftermiddag och skäll i takt med att solen går ner allt mer. Samtliga gestaltningsalternativ resulterar i att PET överstiger 41 grader (vilket medför extrem värmestress) under flera timmar med en maxtemperatur på 44–45 grader (lite varierande beroende på gestaltningsalternativ). Antalet timmar med extrem värmestress (mellan kl08:00-20:00) skiljer sig mellan gestaltningsalternativen med ungefär 4 timmar för Alt. 1 och Alt. 3 samt 4,5 timmar för Alt. 0.

5.3.3 Geografiskt fördjupad stråkanalys

De stråk som analyserats är inte helt homogena, det vill säga att olika platser utmed ett och samma stråk kan uppleva vitt skilda utvecklingar av värmestress under en och samma dag. Ett sätt att hantera detta fenomen om resultaten från stråkanalysen upplevs som för utsmetade kan vara att dela upp det aktuella stråket i ett antal delstråk. Nedan kommer en sådan delstråksuppdelning att exemplifieras genom att återanalysera stråk 5 under en extremvarm högsommardag efter att ha delat upp det i en övre och en nedre halva (Figur 5-11 och Figur 5-13).



Figur 5-13. Illustration av de olika gestaltungsalternativen för norra respektive södra delen av stråk 5 för Alt 0, 1 och 3. Längst till höger visas grafer för beräknad timvärden av medel-PET för respektive delstråk.



Figur 5-14. Beräknade timvärden av medel-PET graferna för hela stråk 5 (t.v.), samt delstråk norra (mitten) respektive delstråk södra (t.h.).

Stråk 5 övre:

Stråket skuggas i nuvarande stadsbild av större befintliga träd under alla delar av dagen, någonting som skulle förändras i närtid vid förvekligande av något av gestaltungsalternativen. Den skuggande effekt som planerad bebyggelse skulle få på stråket under eftermiddag och kväll överstiger inte den svalkande skuggeffekt som befintliga träd skänker idag.

- **Högst svalkande effekt:**
Högst svalkande effekt har dagens utformning utmed stråket, dvs, Alt. 0. Gestaltungsalternativ Alt. 1 (30 år) och Alt. 3 (30 år) är relativt lika för detta stråk. Dessa utformningar av trädmiljön inom stråket medför att den upplevda värmestressen blir likvärdig med hur den upplevs idag. Under ingen del av dygnet stiger PET så högt att man upplever extrem värmestress

inom stråket. Den maximala PET uppgår till 39 grader (kl.19) och antalet timmar med hög värmestresskan begränsas till 5,5 timmar (under tidsperioden kl.8-20).

- **Lägst svalkande effekt:**
Gestaltningssalternativ Alt. 1 (0 år) erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. Med detta gestaltningssalternativ förvärras den upplevda värmestressen avsevärt inom stråket i jämförelse med nuvarande situation. Den maximala PET stiger från 39 grader (kl.19) till drygt 41 grader (kl.14) vilket innebär att gränsen för extrem värmestress överskrids. Varaktigheten av extrem värmestress är kortvarig men varaktigheten av hög värmestress inom stråket förlängs från ungefär 5,5 timmar till drygt 8,5 timmar.

Stråk 5 nedre:

Stråket skuggas i nuvarande stadsbild till stora delar av befintliga träd under i stort sett hela dagen, någonting som skulle förändras i närtid vid förvekligande av något av gestaltningssalternativen. Den skuggande effekt som planerad bebyggelse skulle ge stråket under eftermiddag och kväll överstiger inte den svalkande skuggeffekt som befintliga träd skänker idag.

- **Högst svalkande effekt:**
Högst svalkande effekt har dagens utformning utmed stråket, dvs, Alt. 0. Gestaltningssalternativ Alt. 1 (30 år) och Alt. 3 (30 år) är relativt lika för detta stråk. Men inget av dessa gestaltningssalternativ kommer ens efter 30 år att fullt ut resultera i en fullt likvärdig skuggande svalka som stråket har i dagsläget, även om skillnaden på då är marginell. Under ingen del av dygnet stiger PET så högt att man upplever extrem värmestress inom stråket. Den maximala PET uppgår till 39 grader (kl.19) och antalet timmar med hög värmestresskan begränsas till ungefär 6 timmar (under tidsperioden kl.8-20).
- **Lägst svalkande effekt:**
Gestaltningssalternativ Alt. 1 (0 år) erbjuder allra lägst svalkande effekt inom stråket. Med detta gestaltningssalternativ förvärras den upplevda värmestressen inom stråket i jämförelse med nuvarande situation. Den maximala PET från 39 grader (kl.19) till knappt 44 grader (kl.15) vilket innebär att gränsen för extrem värmestress överskrids med råge. Varaktigheten av extrem värmestress uppgår till knappt 4 timmar och under ytterligare 6 timmar upplever man hög värmestress.

Mervärdet av en geografiskt fördjupad stråkanalys:

I den geografiskt fördjupade stråkanalysen kunde vi tydligare se skillnader i grundförutsättningen i inverkan av befintliga träd och hur det skiljer sig utmed olika delar av gatan. Delstråksanalysen förtydligade också utmed vilken del av stråket som det var störst risk att föreslagna förändringar i stadsbilden skulle kunna resultera i så kraftigt ökade upplevda temperaturer (PET) att nivån för extrem värmestress överskreds. Delstråksanalysen möjliggjorde att identifiera vilken strategi för kombination av tillkommande bebyggelse och nyetablering av träd som resulterade i minst negativ effekt för den upplevda värmestressen i jämförelse med dagens situation samt ytterligare förtydligade att alla typer av gestaltning av den gröna miljön kommer inte ens på 30 års sikt innebära att nuvarande nivå av den ekosystemtjänst som befintliga träd skänker i form av svalkande skugga är återställd fullt ut.

5.4 Meteorologisk känslighetsanalys

5.4.1 Parametrar kring vind

För att analysera detta varierades en parameter i taget, varefter värmestressmodellen genomförde nya beräkningar och därefter analyserades hur den upplevda temperaturen (PET) förändrades samt vilka bakomliggande fysikaliska förklaringar som skulle kunna beskriva våra resultat.

Vid variation av vindriktningen går det att utläsa två effekter i förändringar av beräknad PET. Modellen beräknar lägre värden när vinden passerat över öppet vatten innan det når studieområdet än när den endast passerat över hårdgjord mark och bebyggelse. Modellen har med andra ord förmågan att fånga upp transport av luftmassor med varmare respektive svalare luftmassor från en plats till en annan på en den skala som modellområdet omfattar.

Modellberäkningar av olika vindriktningar visar också på att modellen fångar upp lä-effekten bakom byggnader när vinden kommer från ett visst håll genom att vinden inte har samma möjlighet att transportera bort värme som ligger i lä vilket resulterar i högre PET. En minskad möjlighet till effektivt luftutbyte är en del i problematiken kring den urbana värmeöeffekten vilket visar på betydelsen av hur man planerar gator och placerar byggnader i förhållande till varandra för att skapa ett lämpligt vindklimat. Detaljnivån i modellen är dock begränsad när det kommer till att beskriva dessa effekter i dagsläget (se resonemang i kapitel 6.2).

Vindens svalkande effekt har stor påverkan på den upplevda temperaturen, en effekt som också den använda värmestressmodellen tydligt fångar upp. Vi kan tydligt se att om vi under en mycket het högsommardag skulle få ett plötsligt väderomslag med kraftigt tilltagande vindar så skulle den upplevda temperaturen och med den värmestressnivån sjunka dramatiskt. Med en hastig vindökning från 1 till 10 m/s så sjunker värmestressnivån från hög på gränsen till extrem till moderat värmestress på samma plats. Ett vindomslag som detta kan normalvarmt ske under en dag om t.ex. ett lågtryck närmar sig. Utmed kusten eller över större öppna ytor där få saker kan hindra vindens framfart brukar generellt vindhastigheterna vara något högre även om lugna varma dagar. Även denna svaga bris har en svalkande förmåga. Med minskade vindhastigheter inne i mer tätbebyggda områden blir trädens ekosystemtjänst i form av svalkande skugga med anledning av detta än viktigare.

5.4.2 Parametrar kring luftfuktighet

Vid analysen av hur modellen beskriver att förändringar i den relativa luftfuktigheten påverkar den upplevda temperaturen ersattes de värden som uppmättes den använda extremdagen 1994 (26 juli) med luftfuktighetsvärden från den en augustidag 2022 (1 augusti). Denna augustidag var en mycket varm och fuktig dag med topptemperatur på 30,2 °C. Under dagen sjönk luftfuktigheten som lägst endast till 51%, vilket i snitt är en 24% högre luftfuktighet än referensdagen 1994-07-26. Med högre luftfuktighet så stiger den upplevda temperaturen, förutsatt att övriga meteorologiska parametrar hålls konstanta. I dessa resultat kan vi se att värmestressen ökar ytterligare även inom de platser som ligger i skugga från exempelvis träd.

5.5 Jämförelse av PET och SOLWEIG

Ska kompletteras till slutleverans.

GRANSKNINGSVERSION

6 Diskussion

6.1 Gestaltungsalternativens påverkan i kombination med kommande klimatförändringar

I takt med den pågående klimatförändringens allt högre medeltemperatur kan vi förvänta oss att såväl antalet dagar med högsommartemperaturer som dagar med maxtemperaturer över 30°C kommer att bli allt vanligare. I en inte alltför avlägsen framtid kan vi även i Sverige komma att få uppleva temperaturrekord som överstiger 40°C i skuggan. När tillfällen med höga temperaturer blir allt mer frekventa och allt mer varaktiga ökar också risken att drabbas av värmestress. Mot denna bakgrund blir det än mer relevant att förstå vilka faktorer som påverkar det lokala mikroklimatet i stadsmiljöer.

6.1.1 Byggnadernas storlek och placering

I resultaten framgår att tillkommande bebyggelse kan bidra med viss skuggning under delar av dagen, särskilt beroende på byggnadernas storlek, placering och orientering. Detta kan lokalt leda till en sänkning av den upplevda temperaturen, framför allt på den sida av byggnaden som för tillfället ligger i skugga. I miljöer som tidigare varit öppna och hårdgjorda, som exempelvis för Smörkajen, kan ny bebyggelse därmed bidra till en generellt lägre nivå av upplevd värmestress inom området. Samtidigt är det viktigt att poängtera att om ny bebyggelse ersätter större, befintliga träd, kan den svalkande effekten bli mindre eller till och med negativ. Trädens långsiktiga temperaturreglerande funktion kan i sådana fall gå förlorad.

Byggnadernas placering i området har också stor påverkan på skuggförhållandena, men denna effekt är i de flesta fall begränsad till tidiga morgontimmar och sen eftermiddag. Under dagens varmaste timmar (runt kl. 14:00–15:00) är det i regel trädens närvaro som avgör värmestressens nivå. Detta gör gröna stråk särskilt viktiga i solutsatta lägen, vilket kan observeras för exempelvis Smörkajens stråk 5 och 6, där annan skugg-givare är frånvarande eller otillräcklig.

Det finns en tydlig grundkorrelation mellan uppmätt lufttemperatur och nivån av värmestress. Ingen av de platser som analyserades uppvisade, under en vanlig högsommardag, så höga upplevda temperaturer (PET) att gränsen för extrem värmestress överskreds – inte ens i de mest solutsatta lägena. Däremot är risken för extrem värmestress betydligt större under en extremvarm högsommardag. I sådana fall spelar platsens utformning en avgörande roll: exponering för direkt sol eller tillgång till svalkande skugga har stor inverkan på den upplevda temperaturen. Det visar hur viktigt det är att redan i dag fatta beslut som ger effekt på lång sikt – särskilt i ljuset av det föränderliga klimatet.

I flera av analyserna syns skillnader på upp till 12 grader i PET mellan platser med och utan tillgång till skugga, till exempel under större träd. Det kan vara skillnaden mellan att uppleva måttlig värmestress eller att utsättas för extrem värmestress under en extremvarm högsommardag. Skillnaden mellan PET på en extrem högsommardag jämfört med en vanlig högsommardag visar också att de val som görs i dag får särskilt stor betydelse i framtida klimatförhållanden. Det är troligt att antalet dagar med extrem värme kommer att öka, vilket ytterligare understryker behovet av att planera för maximal svalkande effekt redan från start.

Analysen visar tydligt att grönstrukturens utformning och etableringsgrad är av stor betydelse för hur den upplevda temperaturen (PET) utvecklas över tid och under olika väderförhållanden. Särskilt tydligt blir detta för resultatet för extremvarm högsommardag, där variationerna i den upplevda temperaturen exempelvis för Smörkajen mellan olika gestaltningsalternativ kan skilja flera grader. Detta understryker vikten av att redan idag investera i grönstruktur, särskilt genom etablering av träd, som på sikt kan bidra till att hantera framtidens värmeutveckling.

Utifrån resultatet syns den långsiktiga, positiva effekt av etablering av fler träd i den befintliga miljön blir ett viktigt verktyg för staden för att mildra effekterna av pågående klimatförändringar, där högre medeltemperaturer och mer frekventa, längre samt kraftigare värmeböljor förväntas. Utöver trädens roll påverkas värmestressnivåerna även av andra fysiska strukturer i miljön, såsom byggnader och deras placering.

6.1.2 Grönstrukturens roll

Träd spelar en central roll för att skapa långsiktig svalka i urbana miljöer. Studien visar att effekten av befintliga träd – särskilt större med välutvecklade trädkronor – är betydligt mer påtaglig än effekten av nyetablerade träd. Den svalkande effekten från nyetablerade träd är initialt mycket begränsad geografiskt och klimatmässigt. För att ett träd ska börja påverka sitt mikroklimat i större utsträckning krävs att det hinner växa till sig i både höjd och bredd.

I studien antogs ett tidsspänn på cirka 30 år innan ett nyplanterat träd uppnått en temperaturreglerande förmåga som kan liknas vid den ett äldre träd har. I fall där ett nyetablerat träd satts för att ersätta ett stort, befintligt träd som avverkats, kan det ta upp till 70 år innan motsvarande effekt uppnås. Denna långa etableringstid är viktig att väga in vid planering av stadsutvecklingsprojekt där människor, särskilt sårbara grupper, förväntas vistas. Därför väcks frågan om vilka tillfälliga eller semitemporära lösningar som kan användas för att skapa skugga och minska värmestress tills den långsiktiga grönstrukturen hunnit utvecklas. Exempelvis skuggande strukturer, pergolor, klätterväxter eller flyttbara träd i krukor kan övervägas som temporära lösningar.

Samtidigt bör möjligheterna att bevara befintliga träd alltid undersökas noggrant i tidiga skeden. Genom en justerad eller mer genomarbetad genomförandeplan kan viktiga träd bevaras och därmed säkerställa att ett visst mått av temperaturreglerande grön infrastruktur finns tillgänglig redan från start. Fallet Lorensborgsgatan är ett tydligt exempel på detta. Jämförelsen mellan alternativ 1 och det omarbetade alternativ 3 visar att de områden där befintliga träd kunde bevaras fick avsevärt lägre nivåer av upplevd värmestress.

Studien visar att ett enskilt nyetablerat träd har mycket liten skuggande effekt som nämnt ovan. Däremot kan en grupp av flera träd – i studien illustrerad som en klunga med sju träd – uppnå en samlad svalkande effekt som motsvarar ungefär ett större träd. Dock kan inte denna klunga likställas med effekten från ett träd som fått växa till sig under 30 år – vare sig i skala, räckvidd eller beständighet.

Utöver antal spelar även trädens placering och orientering en avgörande roll. Träd som planeras strategiskt utmed exempelvis gångstråk, sittplatser eller på torg kan ge skugga just under de timmar då solen står som högst och värmestressen är som störst. En allé som följer ett stråk eller en grupp träd där människor kan uppehålla sig tillsammans ger betydligt bättre temperaturreglerande effekt än enstaka träd som står på platser där solen passerar snett eller sent. Om träden placeras fel – eller om deras placering inte är anpassad efter solens bana under dagen – kan ett stort antal träd etableras i ett område utan att ge någon egentlig skyddseffekt.

Samma sak gäller trädart, även om det ligger utanför ramen för denna studie. I beräkningarna har standardträd (plataner) använts. I verkligheten kan trädens skuggverkan, bladverkets täthet och bladens ytegenskaper påverka effekten, vilket ger ytterligare skäl till att noga välja både art och placering vid nyetablering.

Förutom byggnader och grönstråk påverkas den upplevda temperaturen även av markens beskaffenhet. Att förändra markanvändningen från hårdgjorda ytor (som grus, sten eller asfalt) till mer genomsläppliga och vegetationsrika ytor som gräs kan sänka den upplevda temperaturen lokalt. Denna typ av förändring kan därför vara ett enkelt men effektivt komplement i områden där trädplantering inte är möjlig eller där en snabb effekt önskas.

6.2 Begränsningar

Det är viktigt att notera att vissa aspekter av värmeutbyte och värmeutveckling inte har fångats upp i den här analysen, vilket kan påverka både noggrannheten och tolkningen av resultaten. Bland de faktorer som inte inkluderas återfinns:

- **Reflektans (albedo) och värmekapacitet hos byggnaders och markens material**, vilket kan ha stor inverkan på hur mycket värme som absorberas och lagras i området. Exempelvis kan ljusa ytor reflektera mer solstrålning och därmed bidra till lägre ytemperaturer, medan mörka material absorberar mer värme och ökar risken för värmeöffekt.
- **Lokalt vindklimat**, som påverkar luftens rörelse och därmed även värmeavledning och avkylningseffekt. Brist på ventilation i täta stadsmiljöer kan förvärra upplevelsen av värme, särskilt under stillastående, heta dagar. I analysen har vind inkluderats men är utifrån den uppmätta från väderstationen vilket inte är det lokala vindklimatet (runt de specifika byggnaderna på platsen).
- **Växtlighetens vattenbalans och evapotranspiration**, alltså den avkylande effekt som sker när växter avger vattenånga till luften. Denna process är en viktig komponent i växters förmåga att reglera mikroklimat, men har inte modellerats i denna studie.
- **Effekten av olika typer av träd**, där skillnader i bladverk, kronstorlek, lövverkets densitet och artens vattenanvändning kan påverka både skuggning och evapotranspiration. I analysen har en standardträdmodell (platan) använts, vilket innebär att variationer mellan olika trädarter inte har beaktats.

Att dessa faktorer inte ingår i analysen innebär att de uppmätta PET-värdena (upplevd temperatur) i vissa fall kan ha underskattat eller överskattat faktisk värmestress inom studieområdena. Det betyder också att potentialen för viss typ av vegetation eller materialanvändning i verkligheten kan vara större (eller mindre) än vad modellen antyder. En framtida fördjupad analys skulle därför kunna vinna mycket på att inkludera dessa parametrar och att det är lokala meteorologiska data för att ge en mer heltäckande bild av det urbana mikroklimatets dynamik.

7 Slutsatser

Skillnaden i PET (fysiologiskt upplevd temperatur) mellan olika gestaltningsalternativ för Smörkajen och Lorensborgsgatan är särskilt stor under extremvarma dagar, vilket visar att rätt val av markanvändning och dess grönstruktur kan spela en nyckelroll för klimatanpassning i städer och tätorter. Nedan är en sammanställning av slutsatser som lyft i både analys och diskussion.

- **Grönstrukturens roll i ett föränderligt klimat**

Resultaten understryker det långsiktiga värdet i att planera för mer, långvarig, grönska. Etablering av fler träd i urbana miljöer framstår som ett centralt verktyg för att mildra effekterna av ett varmare klimat, där högre medeltemperaturer och mer frekventa värmeböljor väntas. Skillnaden i PET mellan en normalvarm och en extrem högsommardag visar att dagens gestaltningsbeslut har stor betydelse för framtida mikroklimatförhållanden i städer. Det är troligt att antalet dagar med temperaturer över 30°C kommer att öka, och även temperaturer över 40°C i skuggan kan i framtiden bli aktuella i Sverige. Där kan vald gestaltning öka eller sänka upplevd temperatur i våra städer.

- **Byggnadernas och markanvändningens påverkan**

Byggnader påverkar skuggförhållandena, men beroende på byggnadshöjd är deras svalkande effekt oftast begränsad till tidiga morgnar och sena eftermiddagar. Under dagens varmaste timmar är det främst trädens närvaro som avgör graden av värmestress. Tillkommande bebyggelse kan sänka PET lokalt – särskilt om den ersätter öppna, hårdgjorda ytor – men om det sker på bekostnad av befintliga träd kan resultatet bli det motsatta. På samma sätt kan förändrad markanvändning, exempelvis från mörk asfalt till genomsläppliga gräsytor, bidra till lokal temperatursänkning.

- **Effekten av nyetablerade träd**

Studien visar att även nyetablerade träd har en svalkande effekt, men att denna är mycket begränsad i början. Först när trädet växt till sig och utvecklat en större krona får det en påtaglig skyggyta och därmed temperatursänkande effekt. I studien har detta tidssteg varit cirka 30 år. Om ett nyplanterat träd ska ersätta ett stort befintligt träd kan det ta upp till 70 år innan det uppnår motsvarande skuggande förmåga. Detta är en viktig tidsaspekt att beakta vid planering av nya urbana miljöer. Vistelsezoner där sårbara grupper vistas bör få särskilt fokus.

- **Temporära lösningar och skydd av befintliga träd**

Eftersom nya, yngre träd har en relativt lång etableringstid är det avgörande att överväga temporära eller semitemporära lösningar för att minska värmestressen under trädets första tid på sin växtplats.

Det är också av stor vikt att så långt som möjligt bevara befintliga träd i sina urbana miljöer. Ett tydligt exempel är Lorensborgsgatan, där Alt. 3, som innebar bevarande av fler träd, resulterade i betydligt lägre upplevd värmestress jämfört med Alt. 1, som företrädesvis har yngre, nyetablerade träd.

- **Vikten av trädklungor och orientering av alléer**

Placering och antal träd har stor betydelse för den svalkande effekten. Ett enskilt nyetablerat träd har begränsad verkan, men en klunga av sju nyetablerade träd i grupp kan gemensamt ge en liknande effekt av ett större träd. Dock når denna lösning fortfarande inte upp till effekten av ett träd som fått växa i 30 år. Även orienteringen och täthet av träd på rad är avgörande: träd som placeras för att

skugga stråk eller vistelseytor under dagens varmaste timmar har betydligt större temperaturreglerande effekt än träd som placeras utan hänsyn till solens bana.

- **Valmöjligheter för Smörkajen**

För Smörkajen visar de gestaltningsalternativ där vi låtit träden växa under en längre tid (30 eller 70 år) bäst resultat. Om vi endast tar i beaktande analysens resultat med avseende på nyetablerade träd blir resultatet tudelat. Gestaltningsalternativ 6 visar att trädalléer som löper parallellt med ett promenadstråk (som stråk 1 och 2) ger en effektiv svalkande skugga medan gestaltningsalternativ 4 visar att större grupper eller klungor av träd ger en mer effektiv svalkande skugga på mer avgränsade öppna platser som en park eller ett torg (som stråk 4 och 6). Beroende på platsens tänkta användningsområde kan dessa två riktningar för gestaltningsalternativ utgöra ett gott utgångsläge för grönstrukturstrategi. Men man får inte glömma den inledande övergripande slutsatsen om att ett uppvuxet träd generellt är långt mer effektivt på att skapa svalkande skugga än nyetablerade träd som inte hunnit växa till sig, även om de är fler.

- **Valmöjligheter för Lorensborgsgatan**

För Lorensborgsgatan visar analysen att gestaltningsalternativ 3 i stort sett alltid presterar bättre än gestaltningsalternativ 1 när det kommer till upplevd värmestress. Detta är extra tydligt i ett kortare tidsperspektiv. Utmed ett flertal stråk längs med Lorensborgsgatan medför den kombinerade effekten av tillkommande bebyggelse och nyetablering av träd (samtidigt som man försöker värna om befintliga träd) att upplevd nivå av temperatur och därmed värmestress, kan förväntas sjunka även i jämförelse med nuvarande situation. Ett tydligt undantag finns dock och det är i studieområdets sydvästra delar utmed den delen av gatan där det idag växer stora befintliga träd, som planeras tas bort. Utmed detta stråk försämras den upplevda värmestressen avsevärt oavsett gestaltningsalternativ och det är först efter att de nyetablerade träden hunnit växa till sig under åtminstone 30 år som värmestressnivån är tillbaka på den nivå som området upplever idag (framtida klimatförändringar obeaktat). Se bilaga 2 för översikt över träd som föreslås tas bort i de olika alternativen, för att nå stadens krav på vägar och förtätning.

- **Möjligheter för vidare arbete**

Med hjälp av resultaten från denna studie går det att utföra långt fler analyser än de som presenteras i denna rapport, utifrån vilka frågeställningar som man vill fördjupa sig i.

Andra stråk eller platser som är av intresse att analysera hur de påverkas av olika gestaltningsalternativ eller gestaltningsalternativ för grönstrukturen.

Det går även att med hjälp av modellen påbörja en iterativ process för att:

- Identifiera lösningar för att minska de negativa effekterna av en planerad utbyggnad med hjälp av olika typer av kompensationsåtgärder. Olika projektmått och förutsättningar kan sättas utifrån stadens behov.
- I ett senare skede av planarbetet för Smörkajen analysera vidare effekten av olika modifierade gestaltningsalternativ för den gröna infrastrukturen när andra begränsande delar inom planen fallit på plats i syfte att optimera trädens placering inom de områden där det identifierats att nya träd kan etableras. Ett mindre område kan också studeras relaterat till vind och

skuggning för att väga upplevd temperatur och komfort under olika tider på året, då vissa ytor kan vara särskilt utsatta under vintertid och därmed skapa andra förutsättningar för gestaltning på ytor som ska vara användbara under hela året.

- Vidare studera möjligheten att flytta vissa etablerade träd för att minska den urbana upplevda temperaturen på en annan plats i närheten.
- Studera vilken typ av träd som är bäst lämpad för snabb etablering med tätt lövverk för högst skuggningsförmåga.
- Göra en ekonomisk kalkyl över besparingar i stadens folkhälsa som kan göras med en lägre upplevd temperatur i områden där särskilt utsatta grupper ofta befinner sig.

GRANSKNINGSVERSION

8 Referenser

- de Nijs, T., Bosch, P., Brand, E., Heusinkveld, B., van der Hoeven, F., Klok, L., . . . Steeneveld, G. (2019). *Development of standard heat stress test*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI), TUDelft, TNO, Climate Adaptation Services, Hogenschool van Amsterdam, Wageningen University & Research .
- EUMETSAT. (u.d.). *European HRV RGB - 0 degree*. Hämtat från <https://user.eumetsat.int/catalogue/EO:EUM:DAT:MSG:EVIEW>
- Folkhälsomyndigheten. (2018). *Värmestress i urbana utemiljöer*. Folkhälsomyndigheten.
- Folkhälsomyndigheten. (den 19 maj 2022). *Hälsoeffekter av värmeböljor – En kunskapssammanställning*. Hämtat från <https://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/publikationsarkiv/h/halsoeffekter-av-varmeboljor/?pub=112090>
- SMHI. (u.d.). Hämtat från Ladda ner väderobservationer: <https://www.smhi.se/data/hitta-data-for-en-plats/ladda-ner-vaderobservationer/airtemperatureInstant>
- SMHI. (u.d.). *SMHI:s kunskapsbanken*. Hämtat från Väderspråk: vad betyder orden? : <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/vaderprognoser/vaders-prak-vad-betyder-orden>

9 Bilagor

Följande bilagor återfinns här:

- Bilaga 1 – 3Dvy och LIDAR
- Bilaga 2 – Trädunderlag
- Bilaga 3 - Teckenförklaring för figurer
- Bilaga 4 – Gestaltningalternativ grönstruktur Smörkajen
- Bilaga 5 - Gestaltningalternativ grönstruktur Lorensborgsgatan
- Bilaga 6 – Resultat Smörkajen
- Bilaga 7 – Resultat Lorensborgsgatan
- Bilaga 8 – Smörkajen, grafer över värmestress
- Bilaga 9 – Lorensborgsgatan, grafer över värmestress
- Bilaga 10 – Jämförelsen mellan PET-modellen och SOLWEIG-modellen

Bilaga 1 – 3D-vy och LIDAR

Den mottagna LIDAR data som levererades av Malmö stad inmätts den 2020-08-23. LIDAR upplösningen är hög med ca 50 punkter per kvadratmeter. I Tabell 9-1 återges klassificeringen av markanvändning. Baserat på dessa kategorier, har Lidar data filtrerats och interpolerats för att skapa DEM, DSM och canopy data.

Tabell 9-1. Klassificering av markanvändning.

Value	Legend
1	Unclassified
2	Ground
3	Low Vegetation
4	Medium vegetation
5	High Vegetation
6	Building
7	Low Point (Noise)
8	Reserved
9	Water
10	Rail
11	Road Surface
13	Wire - Guard
15	Transmission Tower
17	Bridge Deck

Tillkommer: 3D-vy av Smörkajen respektive Lorensborgsgatan för att ge läsaren en bättre uppfattning om olika byggnaders relativa höjder. 1 figur för Smörkajen (Alt 1b). Tre för Lorensborgsgatan. Alt. 0, Alt. 1 och Alt. 3.



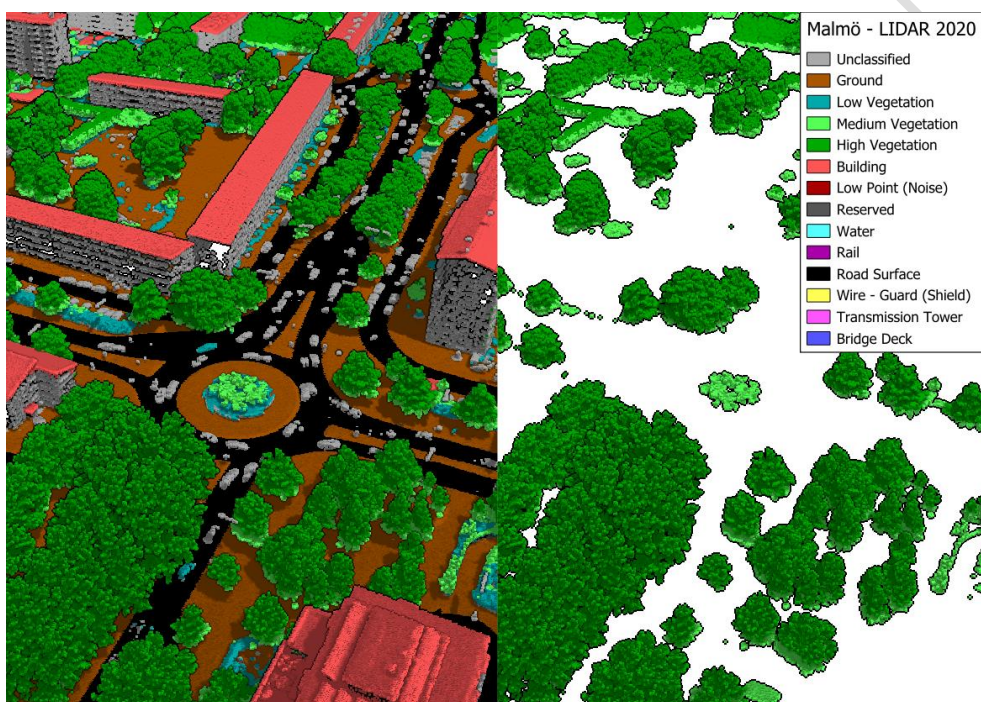
Figur 9-1: Illustration med Google Globby (vänster) och levererat LIDAR (höger) data över norra delen av Lorensborgsgatan.

Bilaga 2 – Trädunderlag

Träd data som har använts i modellen delas i två kategorier: Nuläge data som är baserat på LIDAR mätningar och nya träd för framtida exploaterings scenarier.

Befintliga träd:

LIDAR data inmätts under sommaren 2020 och som syns i Figur 9-2 fånga väl trädkronan. Det var därför möjligt att konvertera "Medium Vegetation" och "High Vegetation" lidar data till en trädkronahöjdsmodell med 1m upplösning raster för holländska och Solweig modellen.



Figur 9-2: Illustration av levererad LIDAR data över Lorensborgsgatan. På vänster visas den original data, och på höger visas endast vegetationen som har används för att skapa trädkronans data.

Nya träd för exploateringsscenarier.

Malmö stad har levererat för Lorensborgsområdet ritningar med träd som ska fällas och nya trädplantering baserat på tidigare utredningar. Observera att en viss del av trädkronan från träd som inte vara registreras i stadens databas har justerat också, nedan endast presenteras Träd från gatubolagets databas.



Figur 9-3: Illustration av Lorensborgsgatan för Alternativ 1, med nya träd som ska placeras, befintliga som ska behållas (Grön) och befintliga som ska fällas (Röd).



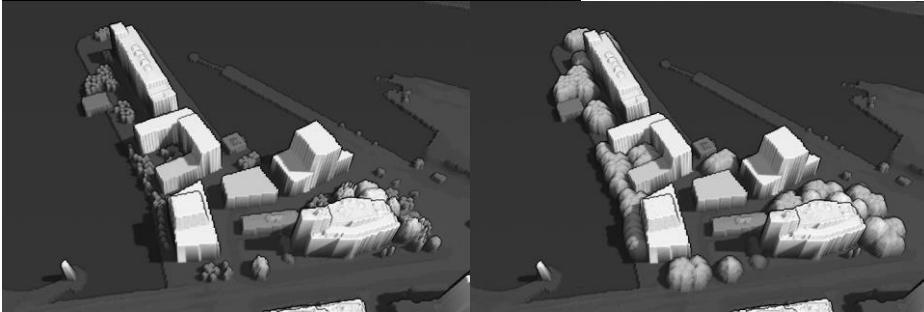
Figur 9-4: Illustration av Lorensborgsgatan för Alternativ 3, med nya träd som ska placeras, befintliga som ska behållas (Grön) och befintliga som ska fällas (Röd).

Nedan presenteras de olika scenarier för trädplacering längst Lorensborgsgatan.

För Smörkajen har Sweco föreslagit 8 olika scenarier för trädplacering (inklusive inga nya träd). Placeringen redovisas i figurer nedan.

Träd som ska fällas togs bort från trädkronahöjdmodellen och nya träd modellerades som en höjdmodell efter diskussion med staden enligt dimensioner nedan:

Nya träddimensioner (m)			
Ålder	Trädhöjd	Kronansbred	Stamhöjd
nutid	6	3.5	3
efter 30 år	15	15	3
efter 70 år	23	23	3

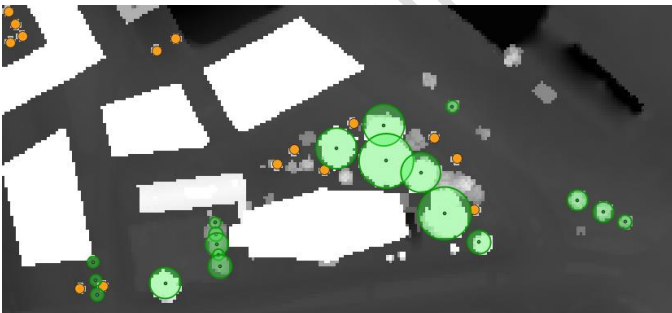


Figur 9-5: Visualisering av trädkronan utvecklingen för Smörkajen. vänstra bilden visar vid plantering och högra bilden visar efter 30 år.

Befintliga träd för framtida scenarier

Efter diskussion med stadens, baserat på stadens historiska träd data, det valdes för befintliga träd inom analysområdet at skapa en framtiddimension ökning som blir samma för 30 års och 70 års scenarier. Trädhöjd ökas med +2,32 m, krondiameter utökas med 6 m, och stammen behålls som det är.

Befintliga träd som finns i gatubolagets träddatabas (som visas i grön i Figur 9-6)



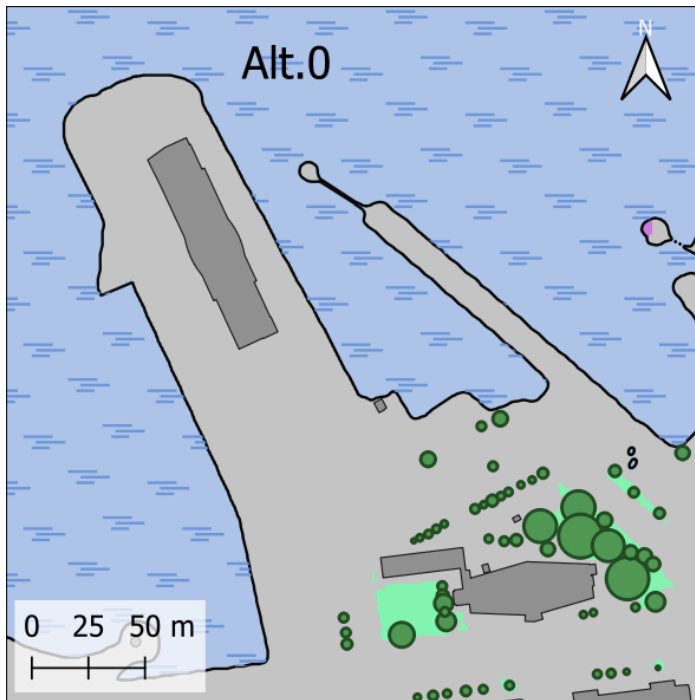
Figur 9-6: Nya träd (orangea punkter) och befintliga träd (Gröna cirklar) som fick växa upp i framtida scenarier. icke kategoriserat träd och buskar ignorerades.

Bilaga 3 – Teckenförklaring för figurer

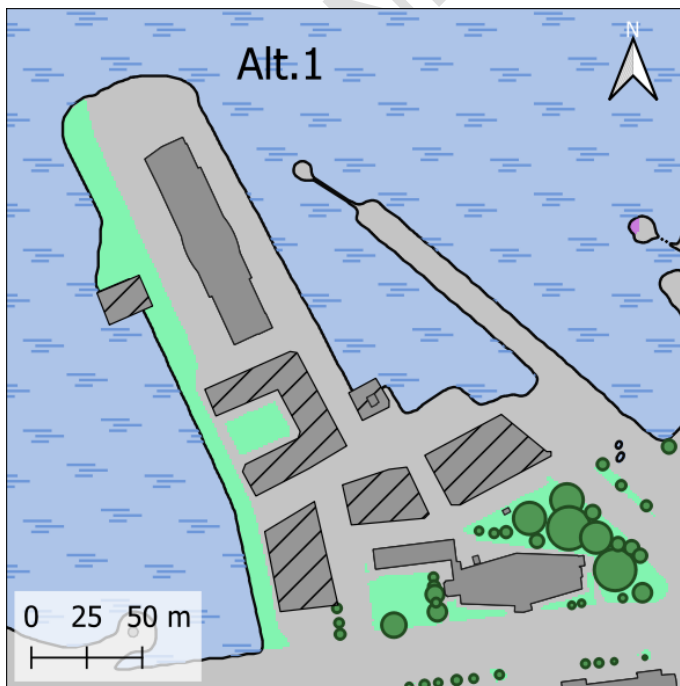
Bildlista med förklaring på samtliga figurer/tecken etc. som vi använder oss av i våra figurer.

ILLUSTRATION	FÖRKLARING
	Befintliga träd
	Träd, 0 år
	Träd, 30 år
	Träd, 70 år
	Befintliga Byggnader
	Framtida Byggnader
	Mätpunkter
	Vatten
	Stråk, Lorensborgsgatan
	Stråk, Smörkajen
	Gräsyta
	Asfalt

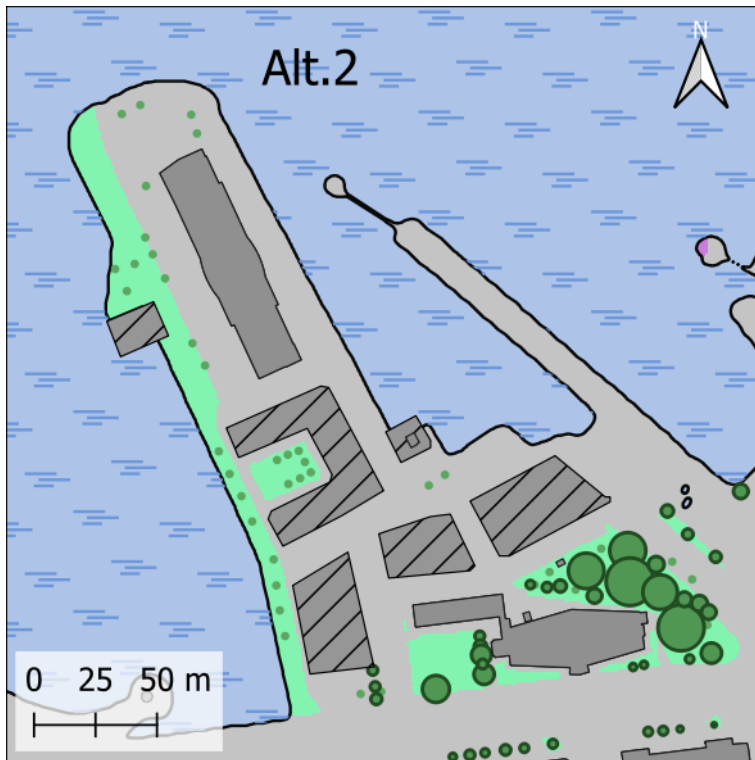
Bilaga 4 – Gestaltungsalternativ grönstruktur Smörkajen



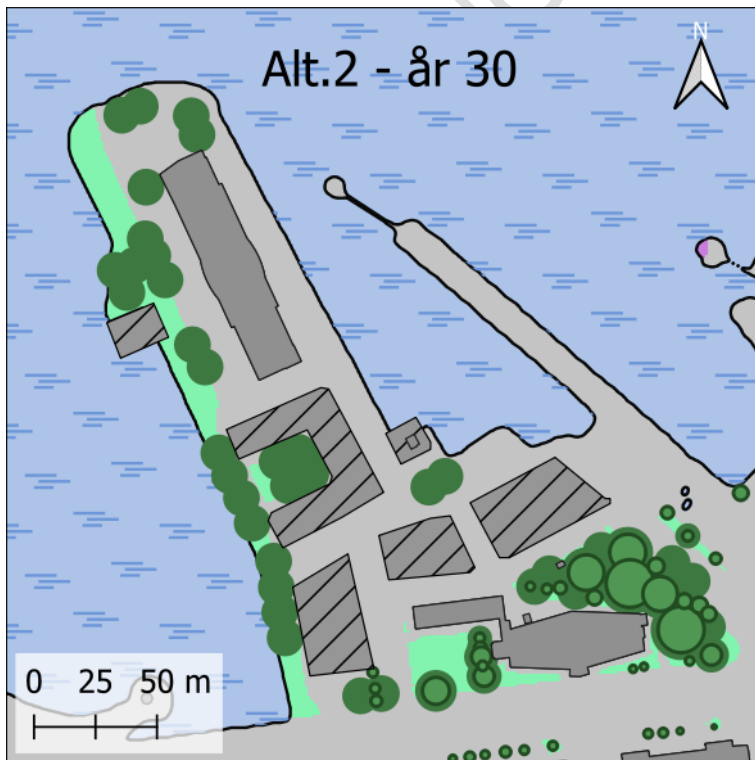
Figur 9-7: Gestaltning Smörkajen Alternativ 0 (Nuläge)



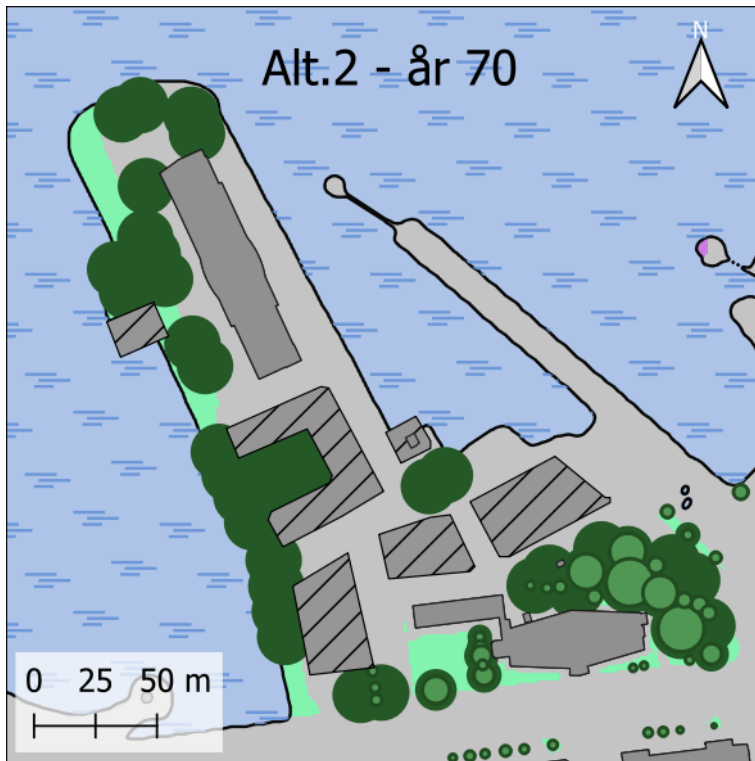
Figur 9-8: Gestaltning Smörkajen - Alternativ 1



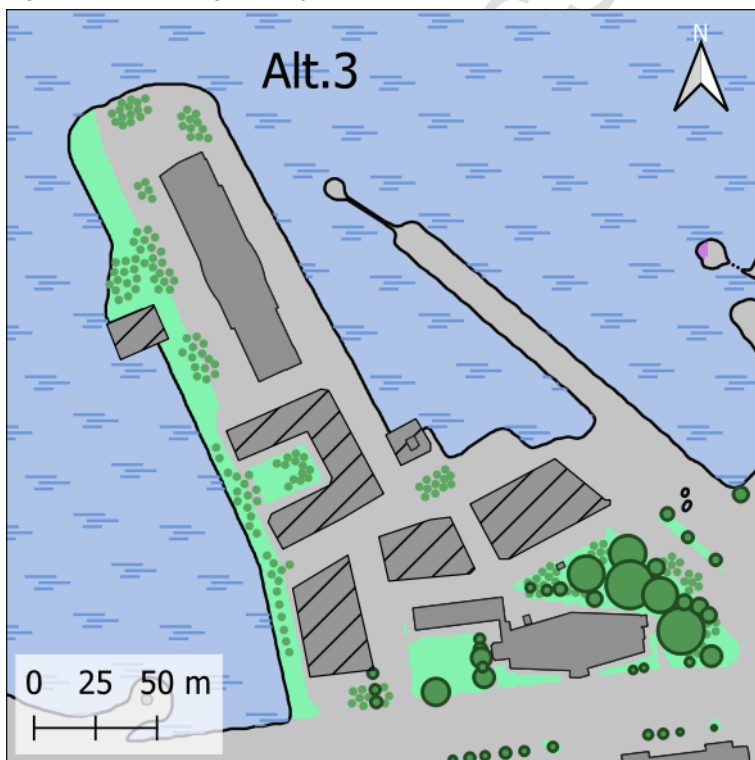
Figur 9-9: Gestaltning Smörkajen - Alternativ 2



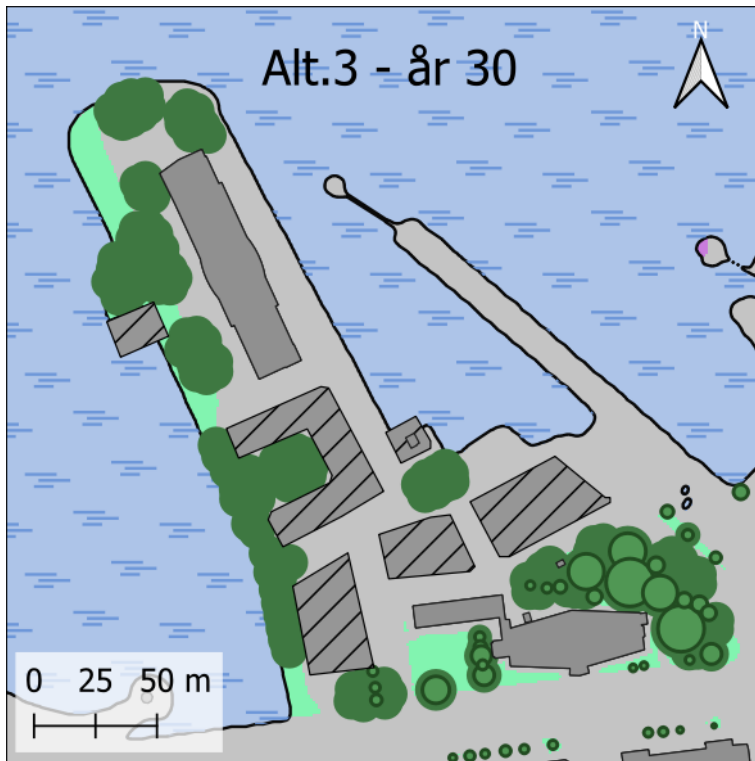
Figur 9-10: Gestaltning Smörkajen - Alternativ 2 år 30



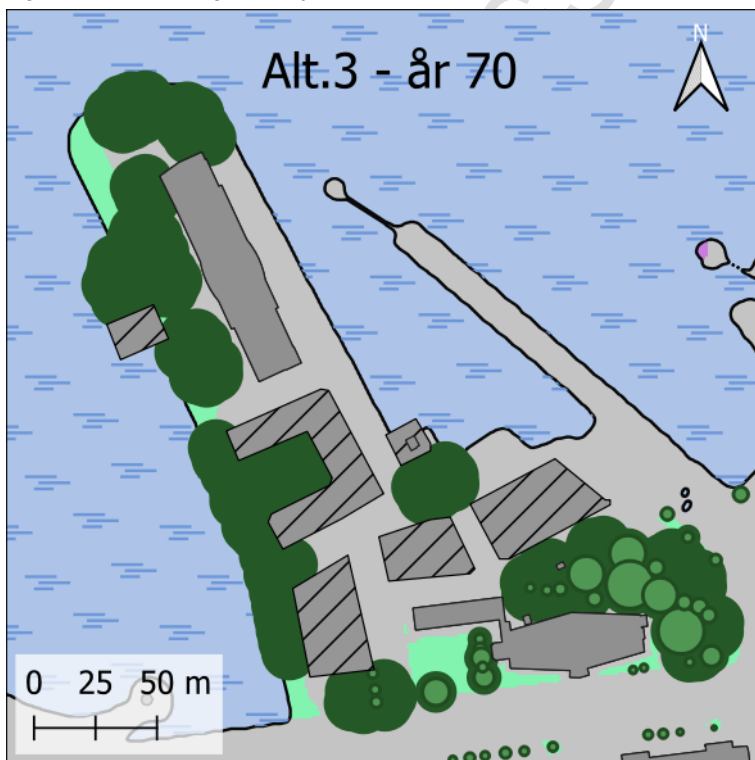
Figur 9-11: Gestaltning Smörkajen - Alternativ 2 år 70



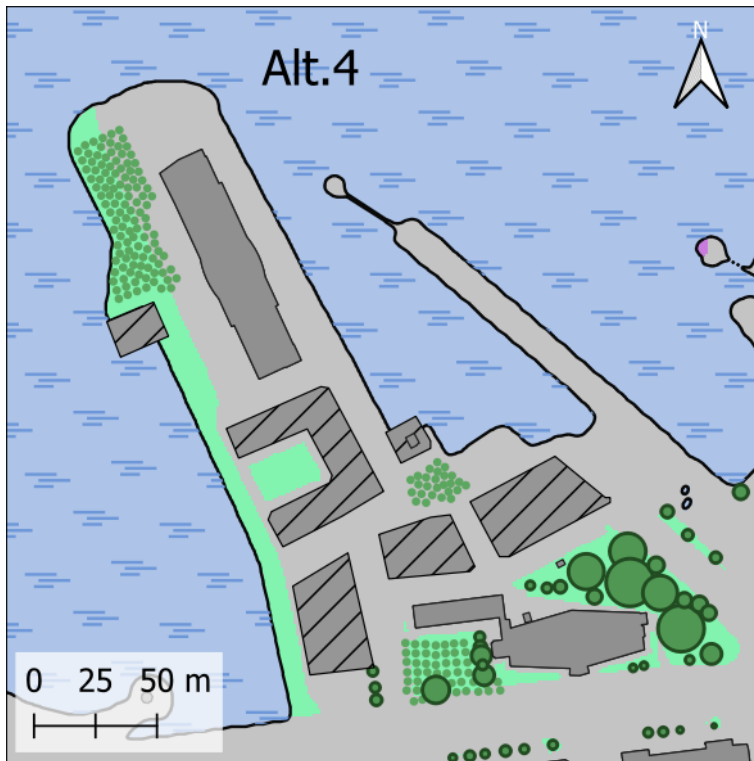
Figur 9-12: Gestaltning Smörkajen - Alternativ 3



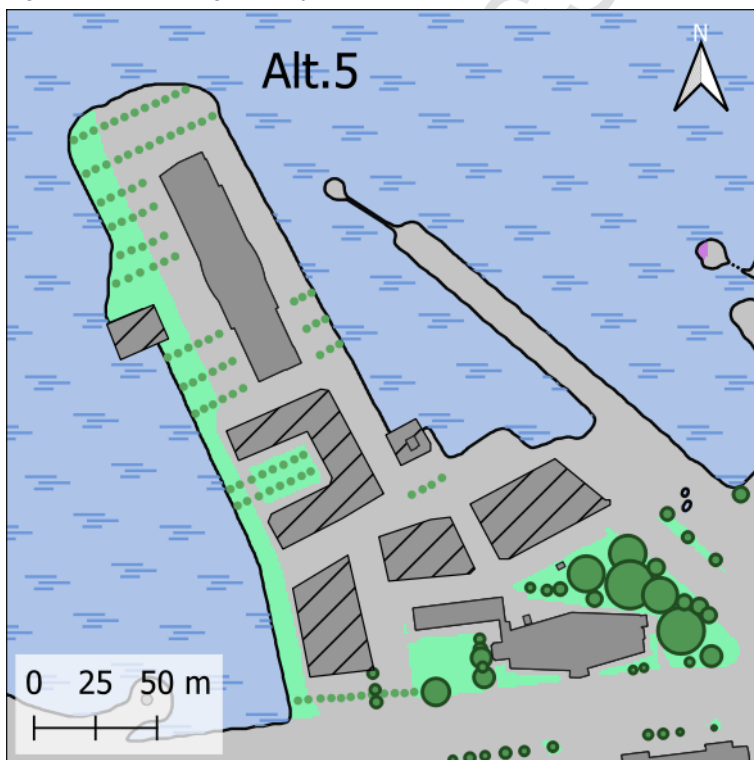
Figur 9-13: Gestaltning Smörkajen - Alternativ 3 år 30.



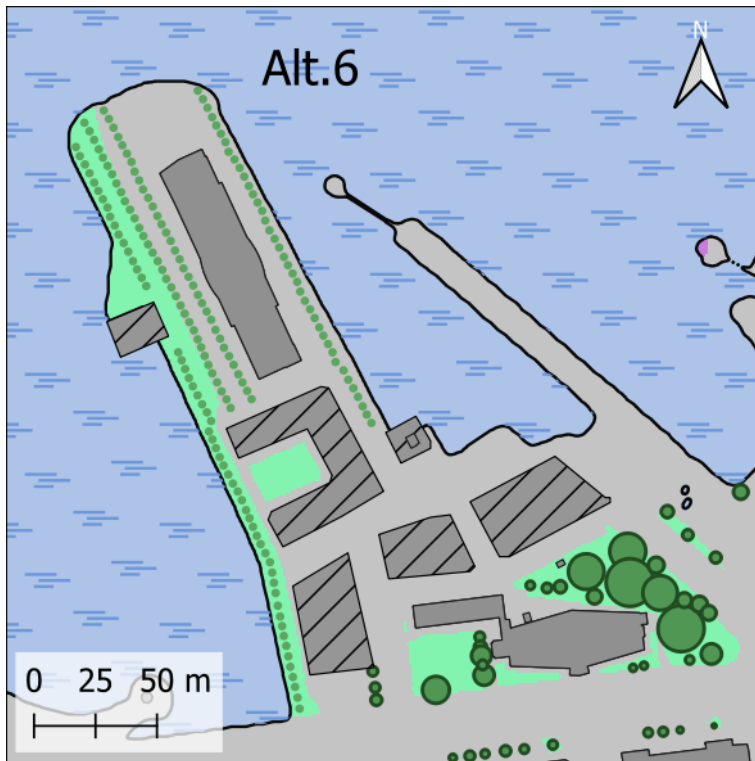
Figur 9-14: Gestaltning Smörkajen - Alternativ 3 år 70.



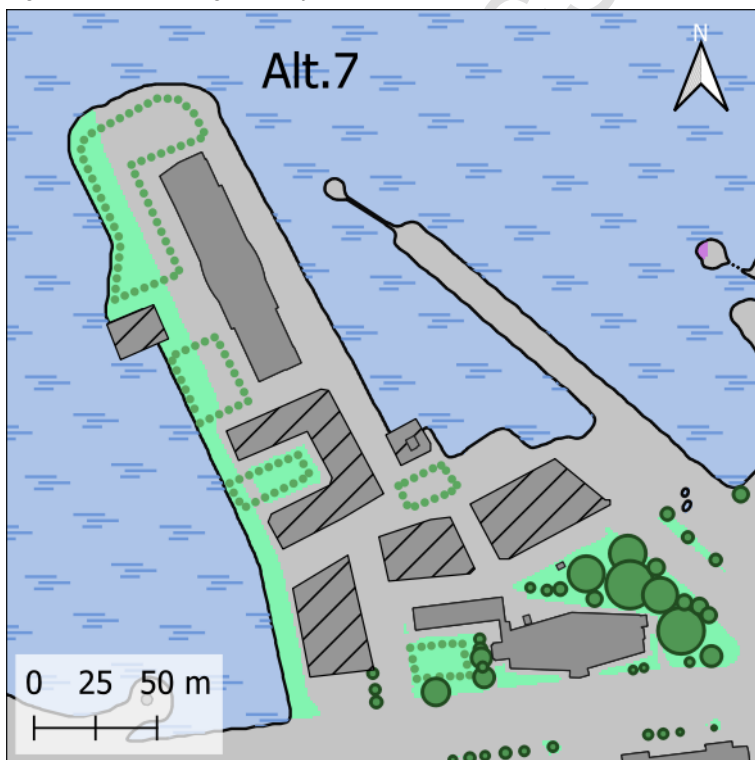
Figur 9-15: Gestaltning Smörkajen - Alternativ 4



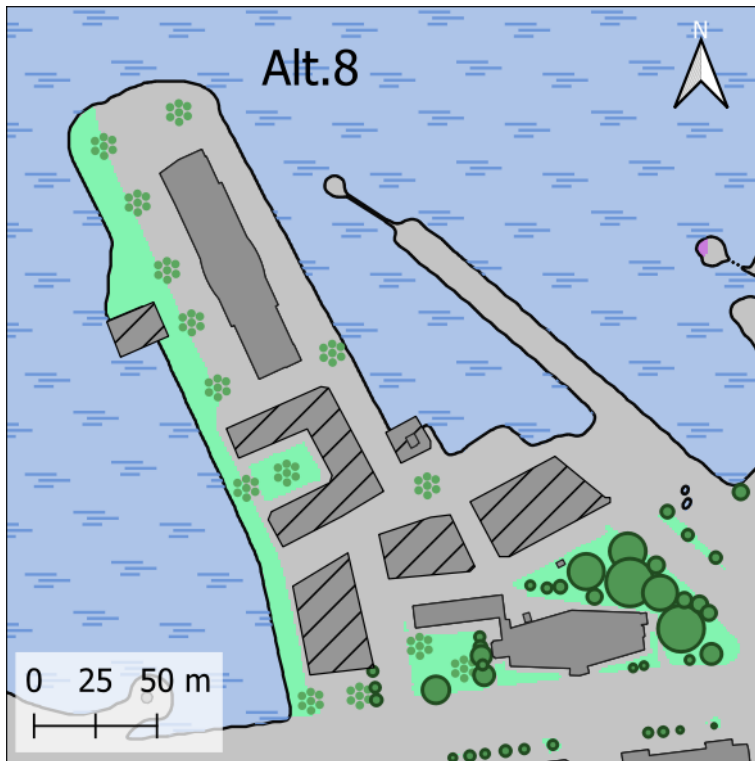
Figur 9-16: Gestaltning Smörkajen - Alternativ 5.



Figur 9-17: Gestaltning Smörkajen - Alternativ 6.



Figur 9-18: Gestaltning Smörkajen - Alternativ 7.

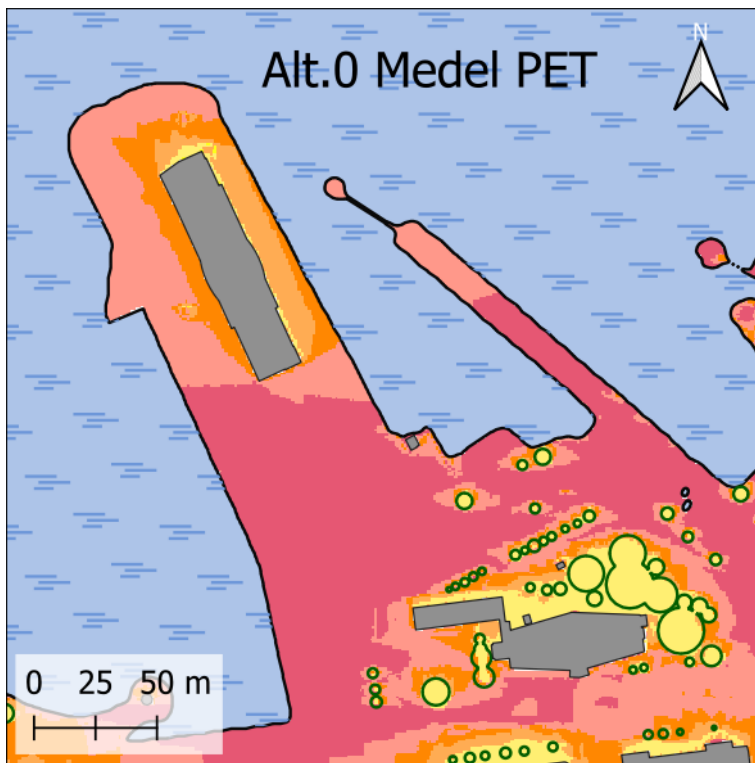


Figur 9-19: Gestaltning Smörkajen - Alternativ 8.

Bilaga 5 – Gestaltningssalternativ grönstruktur Lorensborgsgatan

GRANSKNINGSVERSION





Figur 9-20: Gestaltning Lorensborgsgatan Alternativ 0 (Nuläge)



Figur 9-21: Gestaltning Lorensborgsgatan Alternativ 1 år 0.



Figur 9-22: Gestaltning Lorensborgsgatan Alternativ 1 år 30.



Figur 9-23: Gestaltning Lorensborgsgatan Alternativ 1 år 70.



Figur 9-24: Gestaltning Lorensborgsgatan Alternativ 3 år 0.



Figur 9-25: Gestaltning Lorensborgsgatan Alternativ 3 år 30.



Figur 9-26: Gestaltning Lorensborgsgatan Alternativ 3 år 70.

Bilaga 6 – Resultat Smörkajen

Medelvärde PET (kl. 08:00 - 20:00)

Högsommardag nutid (2022-06-24)

Alt. 0 (modellkörning (MK) 42)

Alt. 1 - (MK 50)

Alt. 2 – träd år 0 (MK 60)

Alt. 2 – träd år 30 (MK 61)

Alt. 2 – träd år 70 (MK 62)

Alt. 3 – träd år 0 (MK 72)

Alt. 3 – träd år 30 (MK 73)

Alt. 3 – träd år 70 (MK 74)

Alt. 4 – träd år 0 (MK 78)

Alt. 5 – träd år 0 (MK 82)

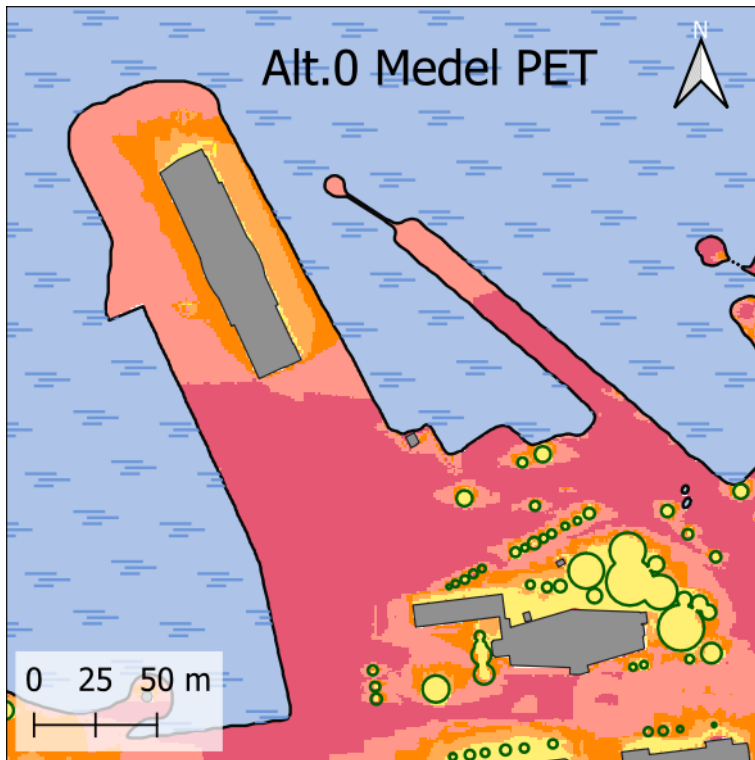
Alt. 6 – träd år 0 (MK 86)

Alt. 7 – träd år 0 (MK 90)

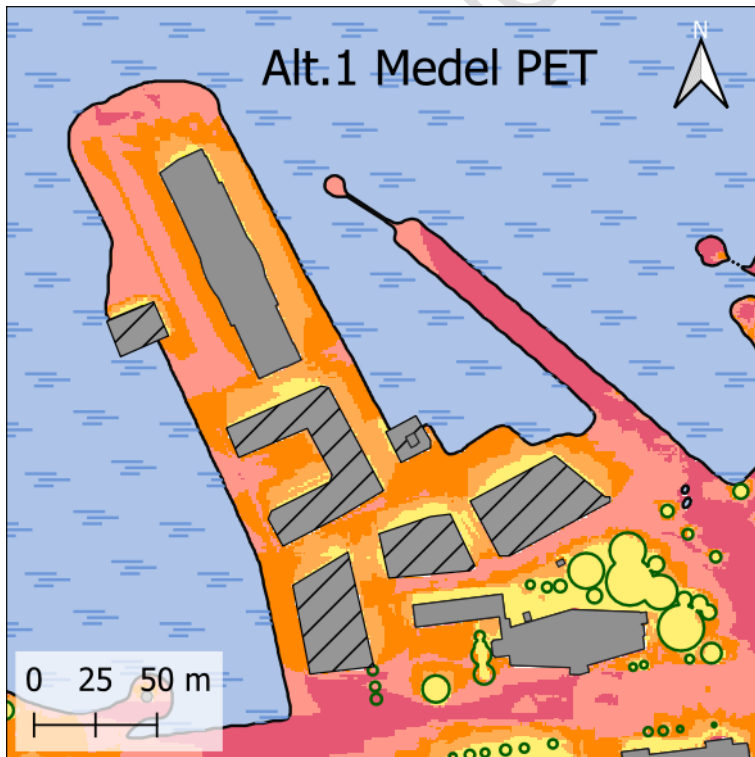
Alt. 8 – träd år 0 (MK 94)

GRANSKNINGSVERSION

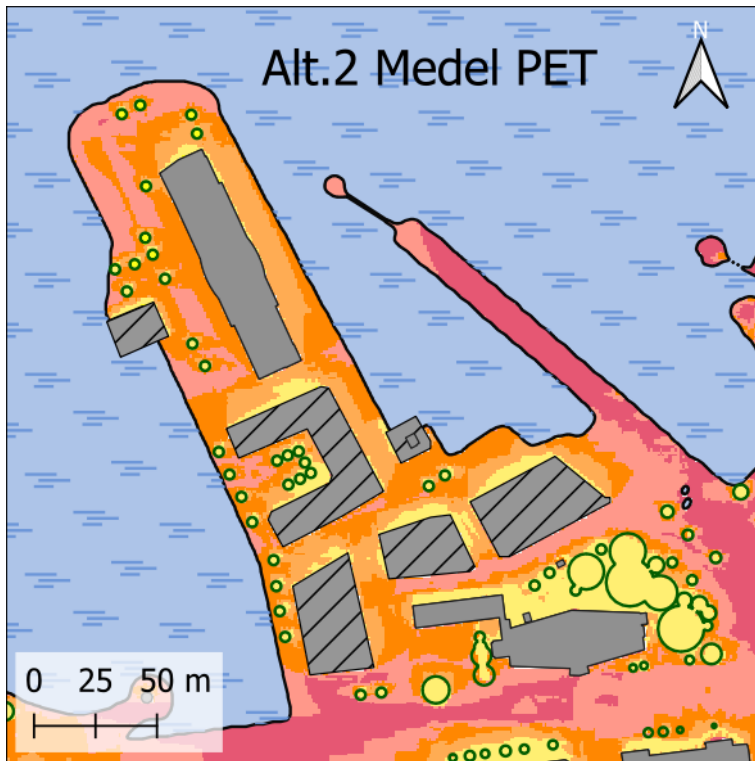
Extremt varm dag nutid (1994-07-26)



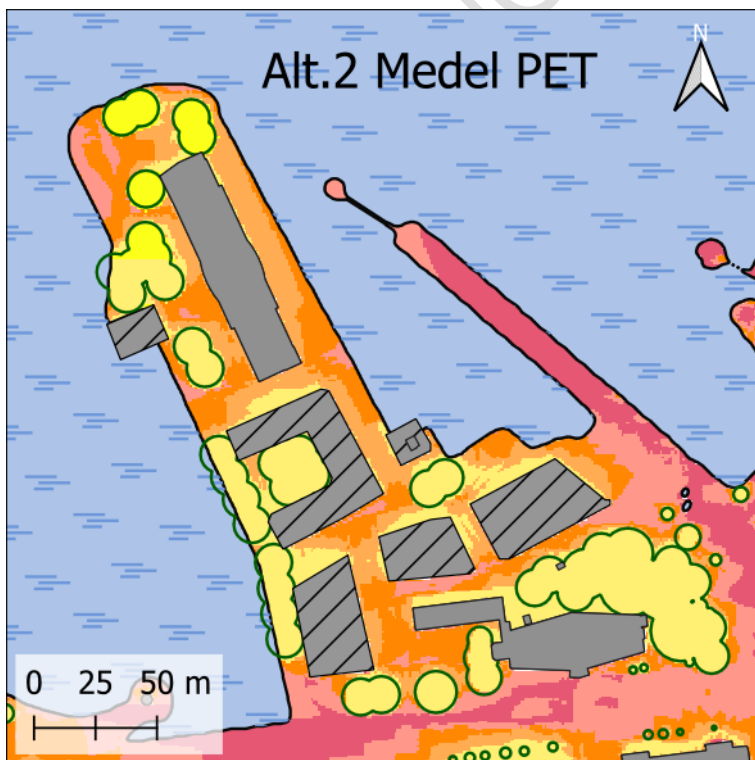
Alt. 0



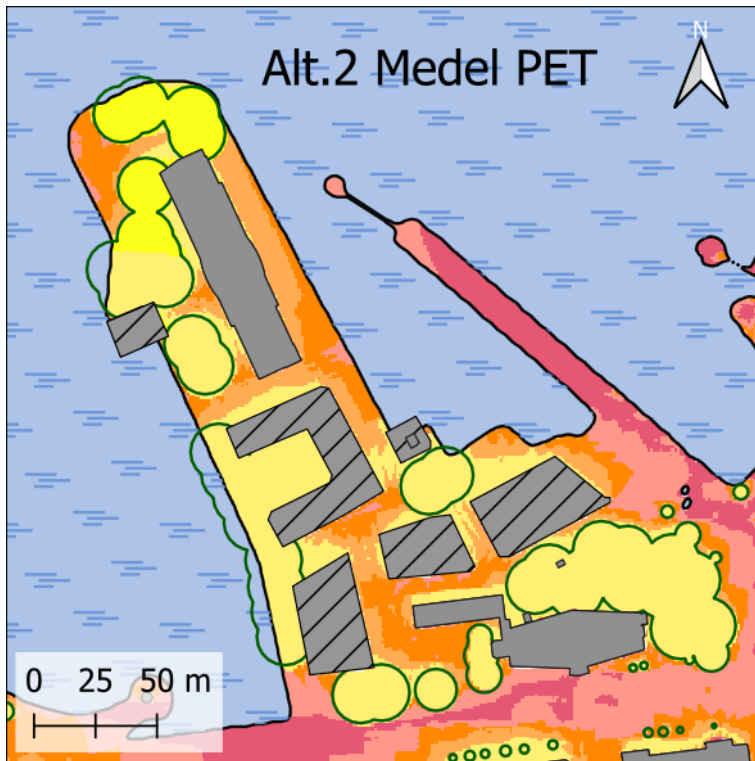
Alt. 1



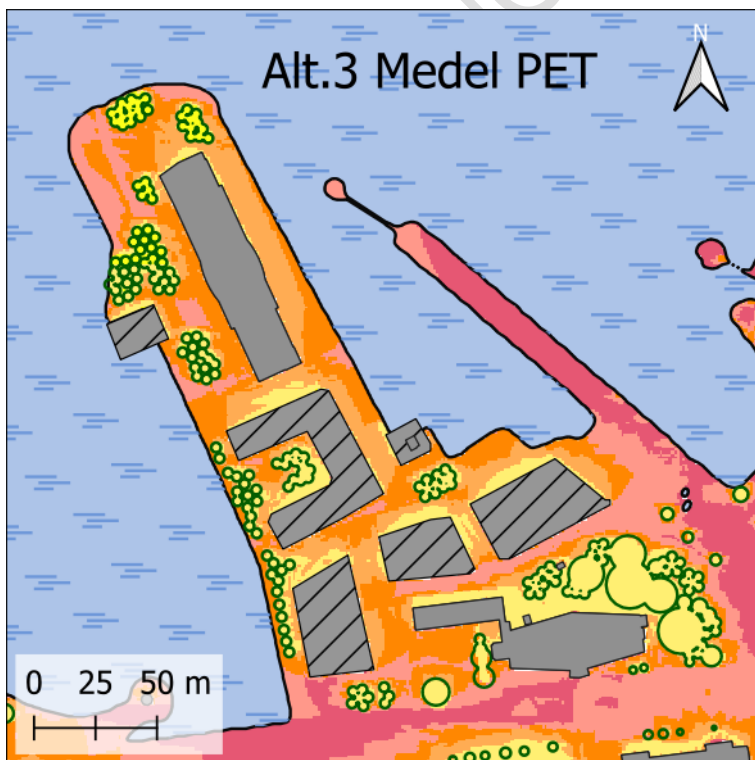
Alt. 2 – träd år 0



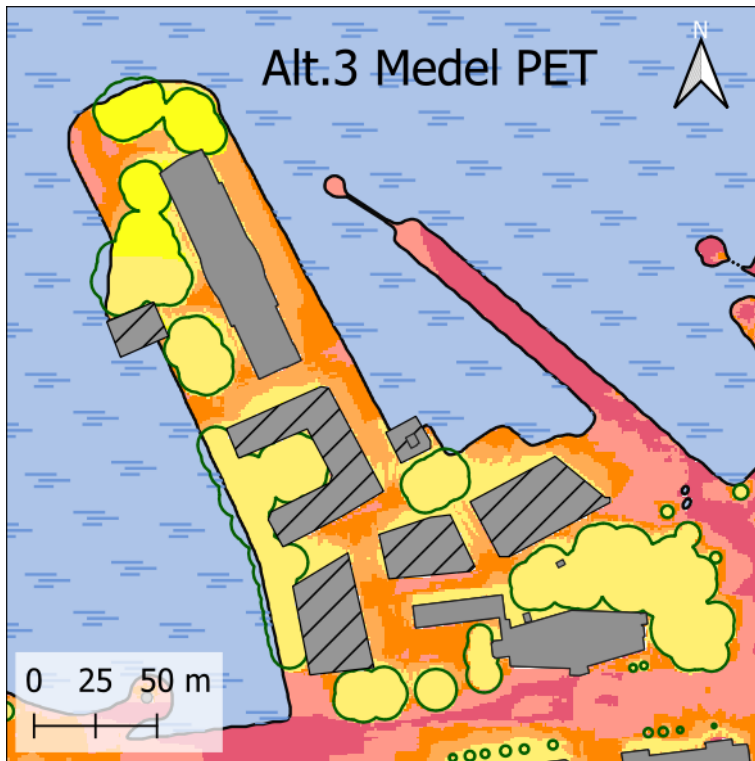
Alt. 2 – träd år 30



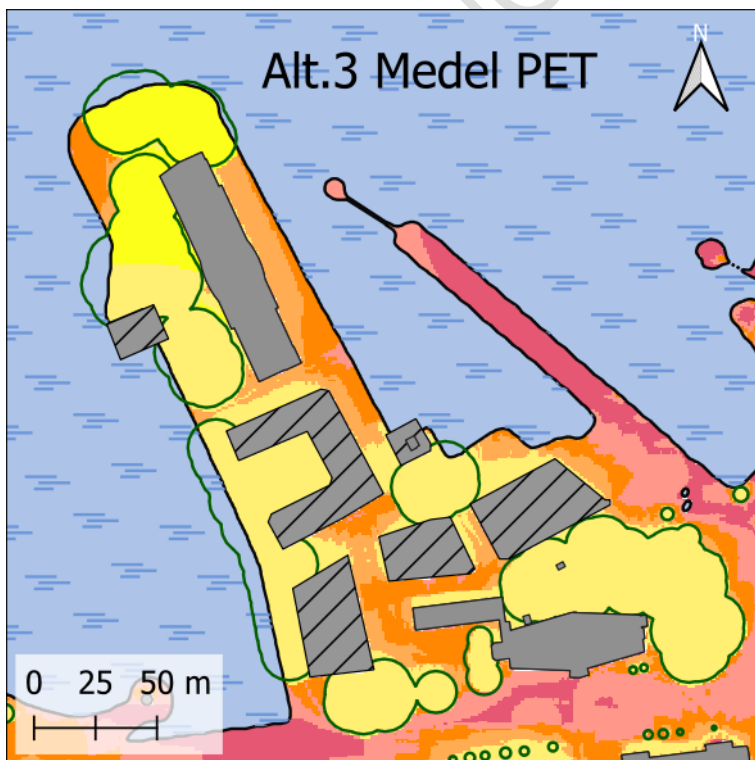
Alt. 2 – träd år 70



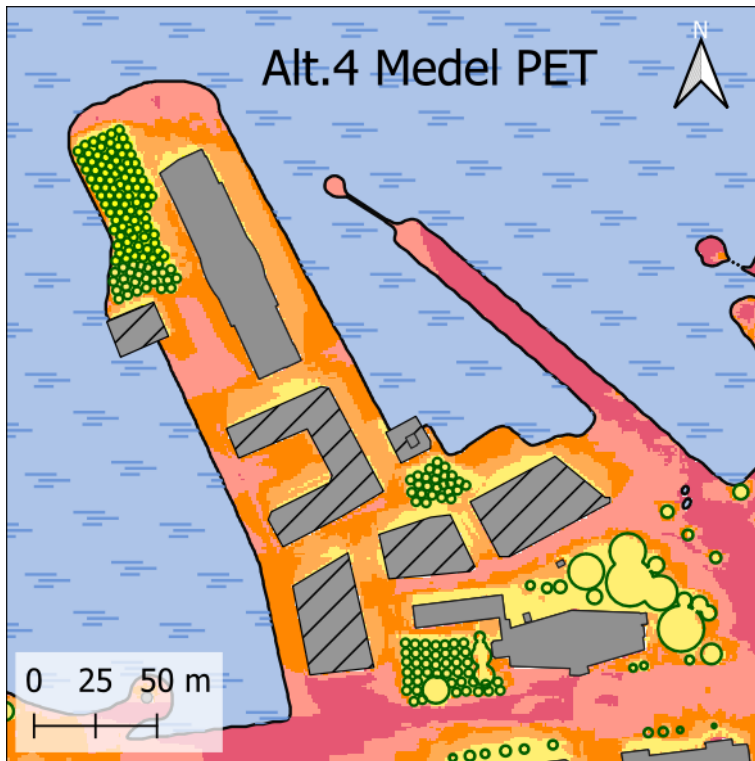
Alt. 3 – träd år 0



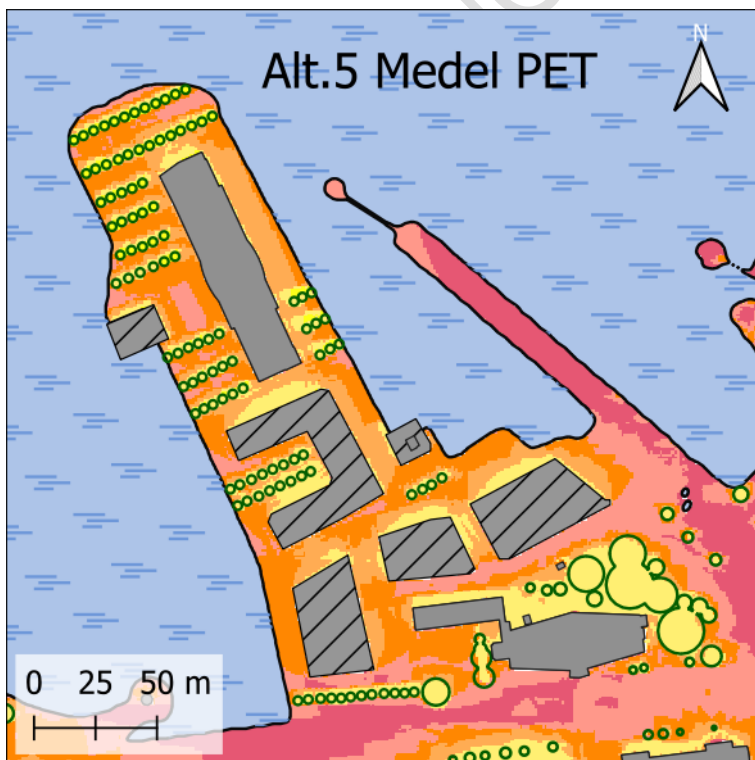
Alt. 3 – träd år 30



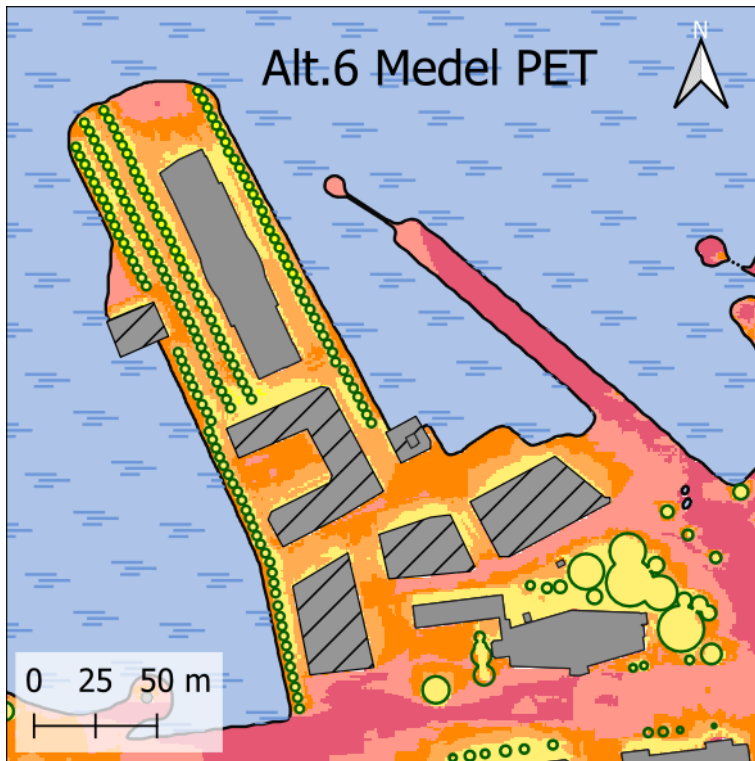
Alt. 3 – träd år 70



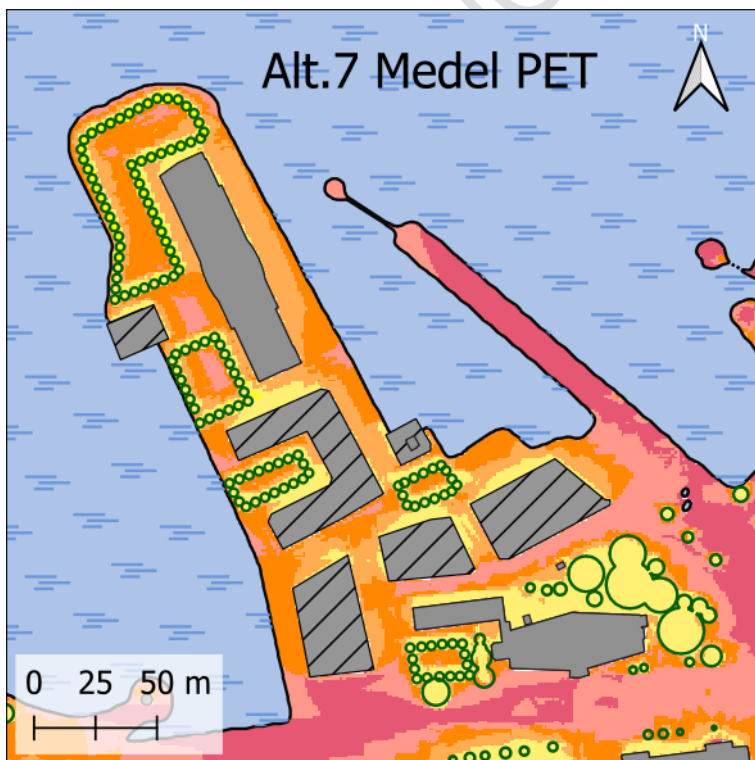
Alt. 4 – träd år 0



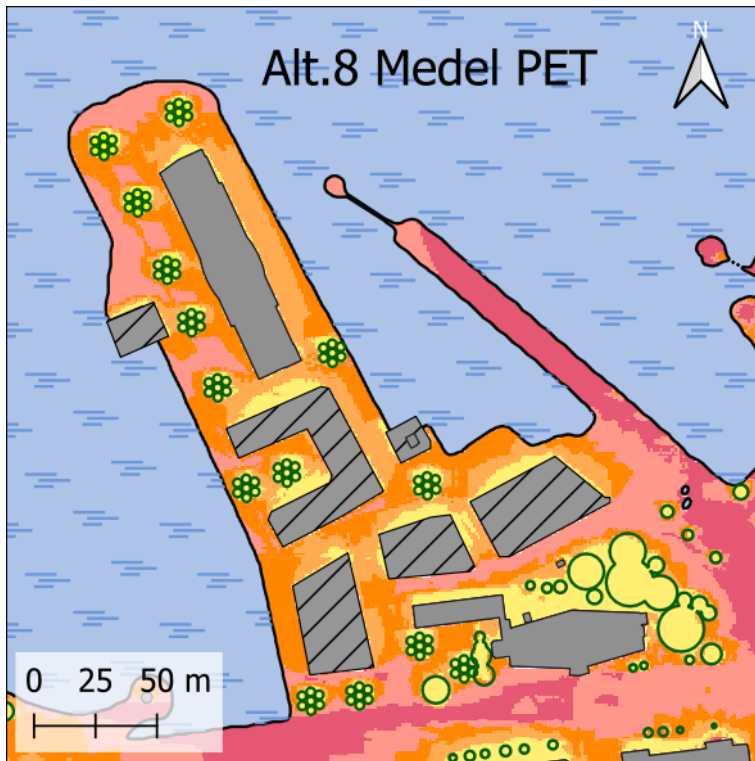
Alt. 5 – träd år 0



Alt. 6 – träd år 0

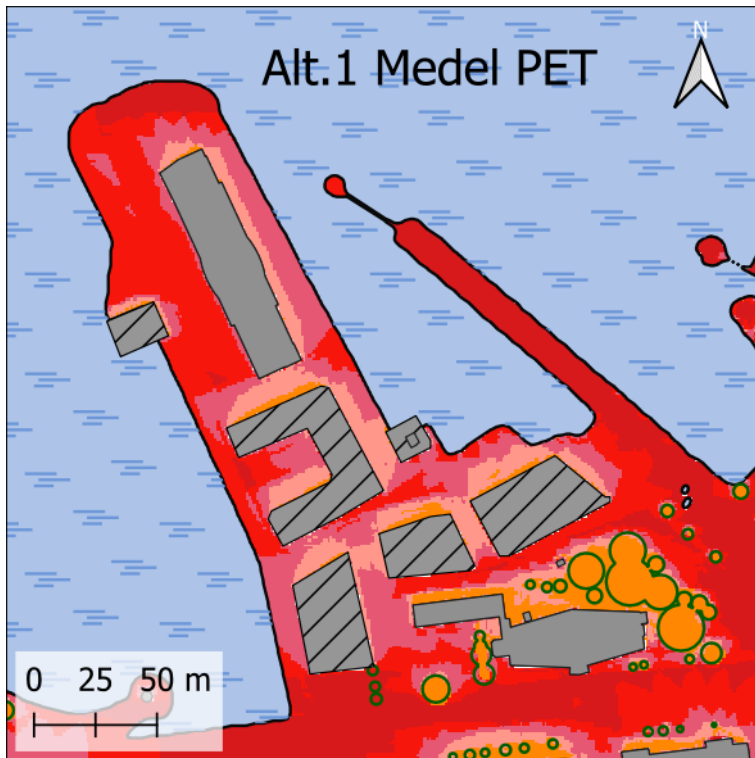


Alt. 7 – träd år 0

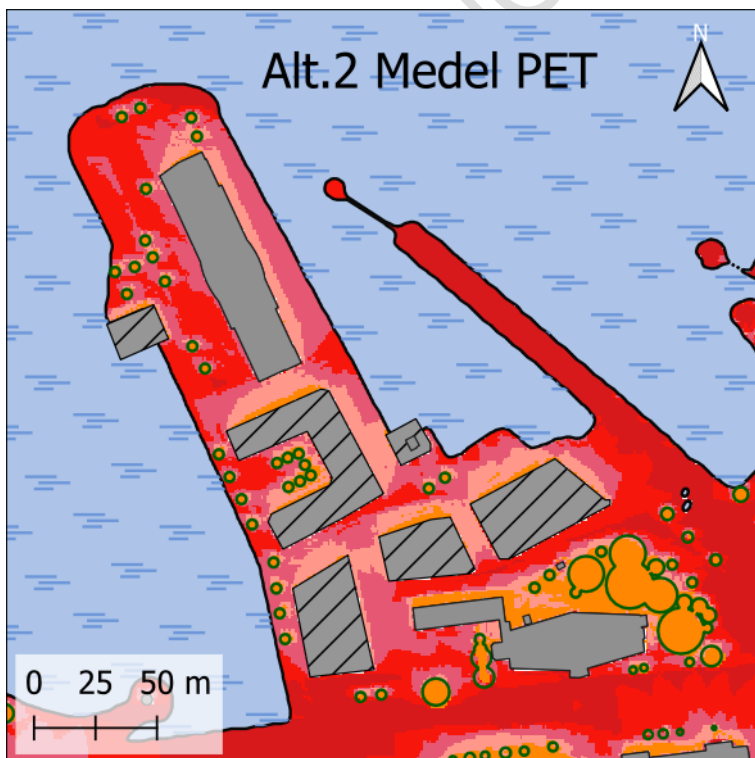


Alt. 8 – träd år 0

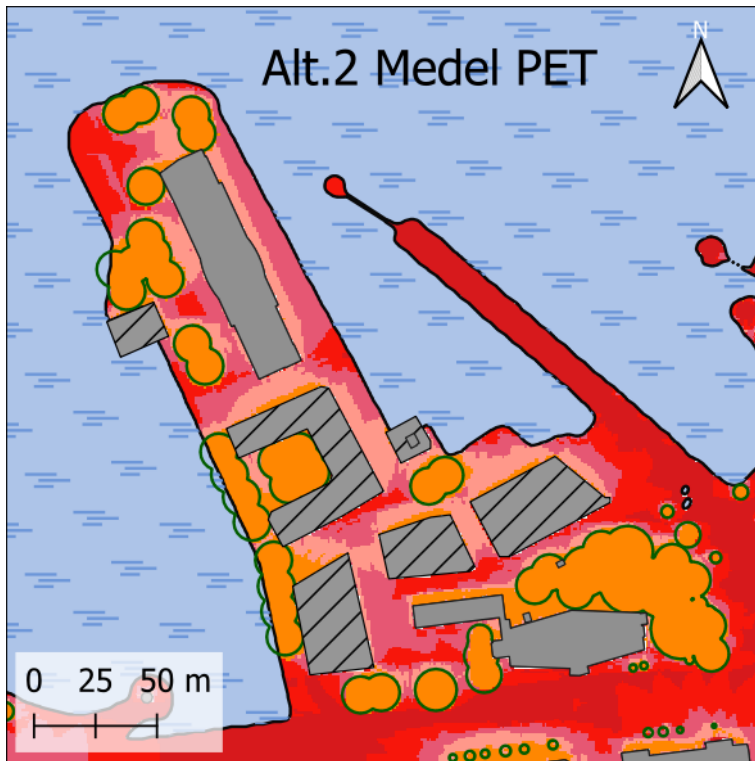
Extremt varm dag i framtiden (slutet av seklet enligt klimatscenario RCP4,5)



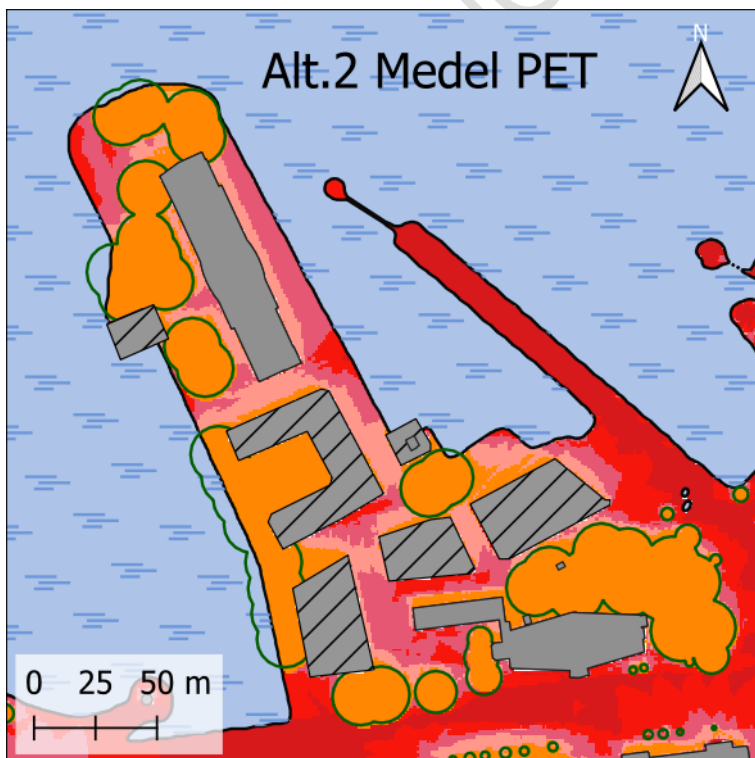
Alt. 1



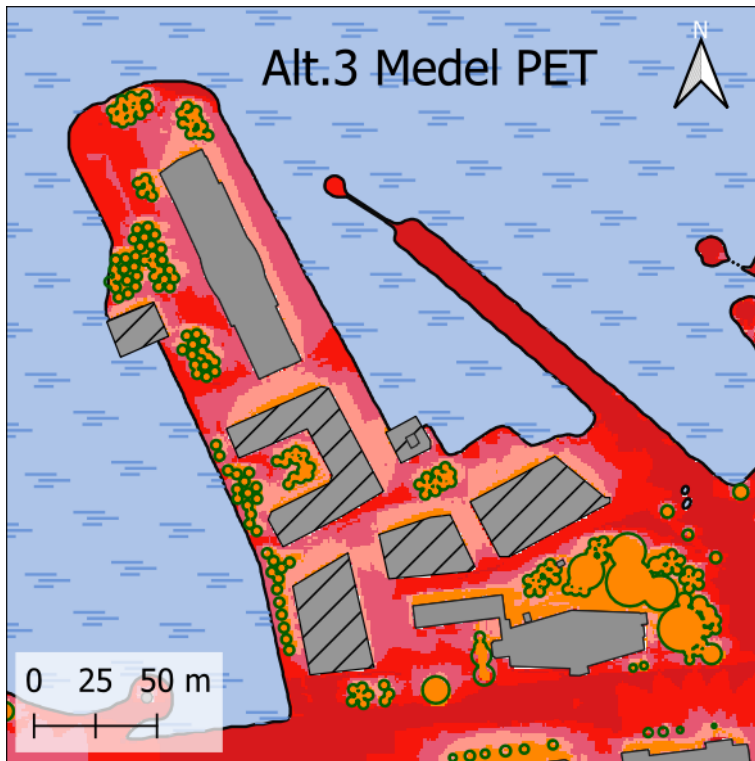
Alt. 2 – träd år 0



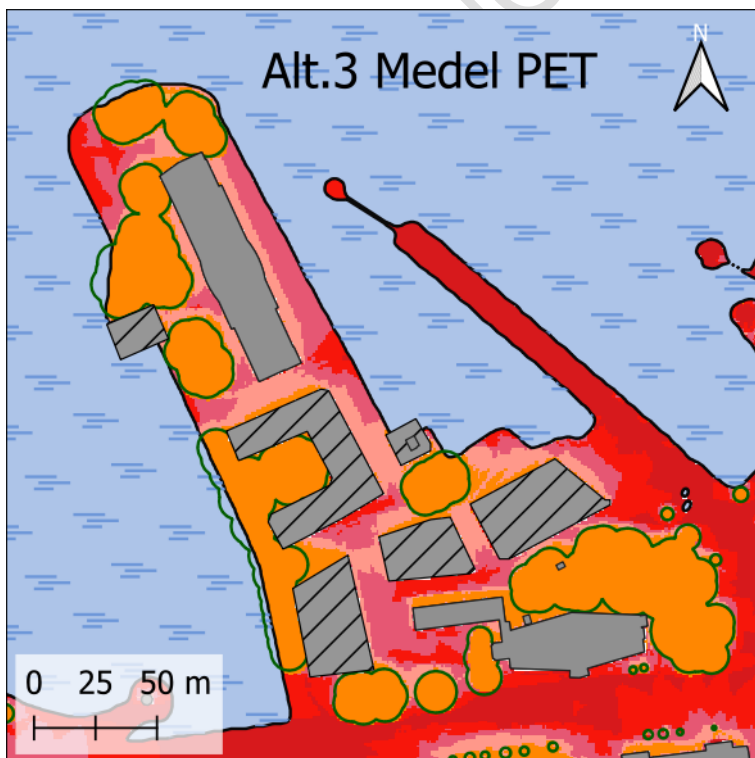
Alt. 2 – träd år 30



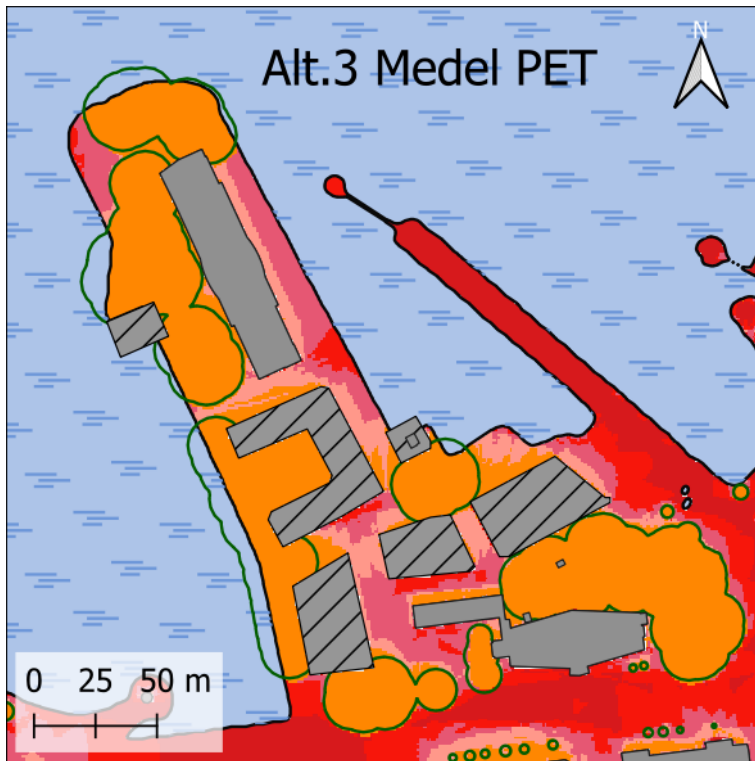
Alt. 2 – träd år 70



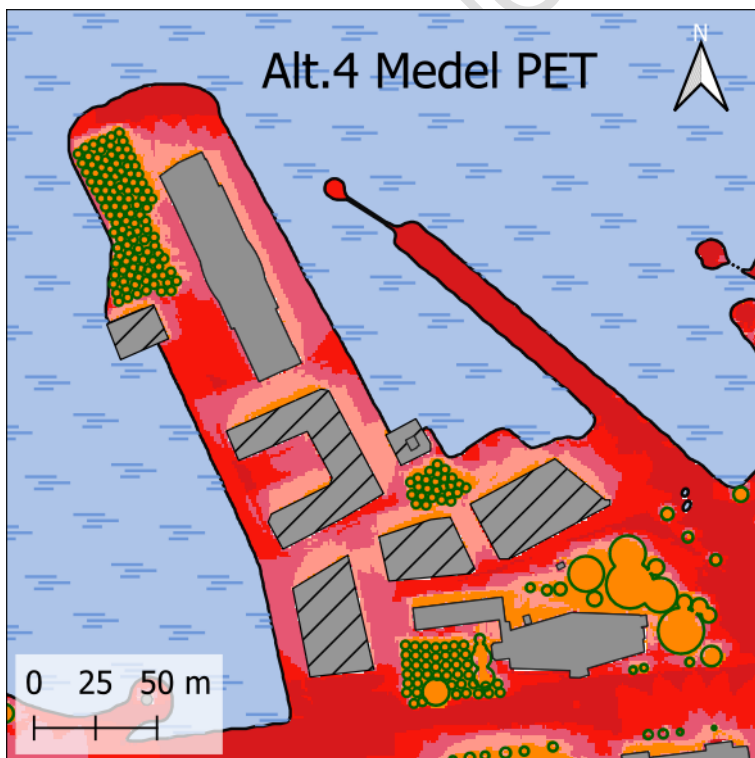
Alt. 3 – träd år 0



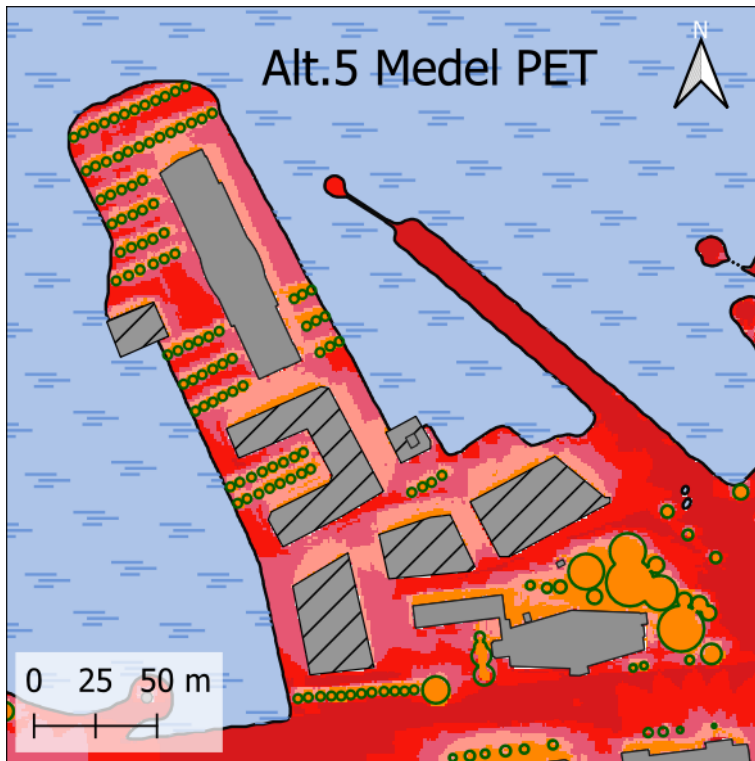
Alt. 3 – träd år 30



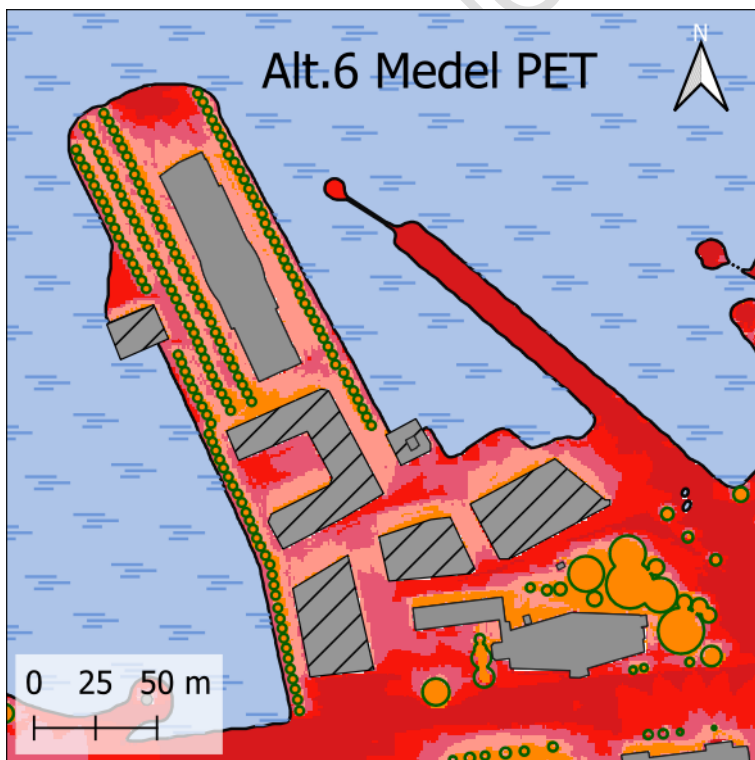
Alt. 3 – träd år 70



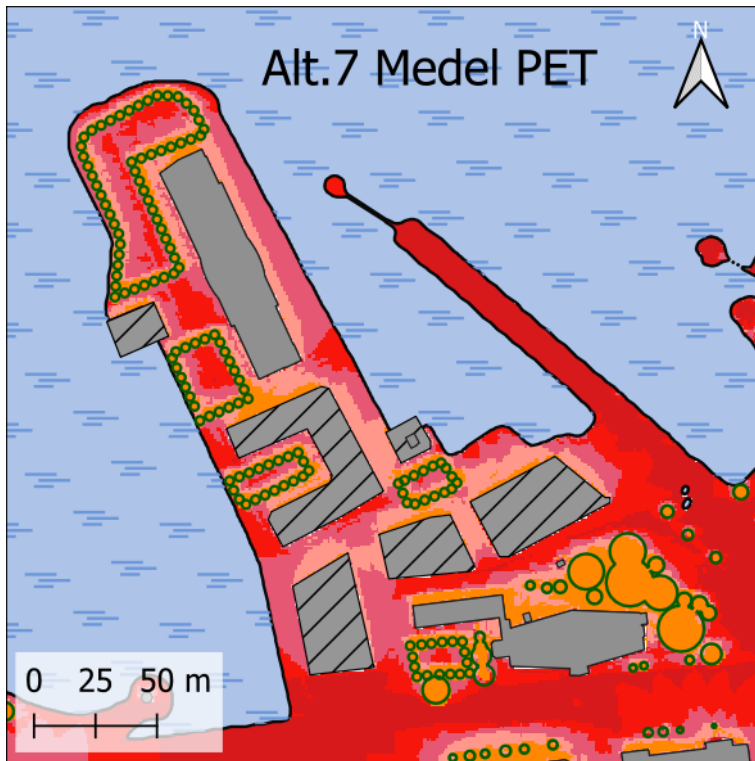
Alt. 4 – träd år 0



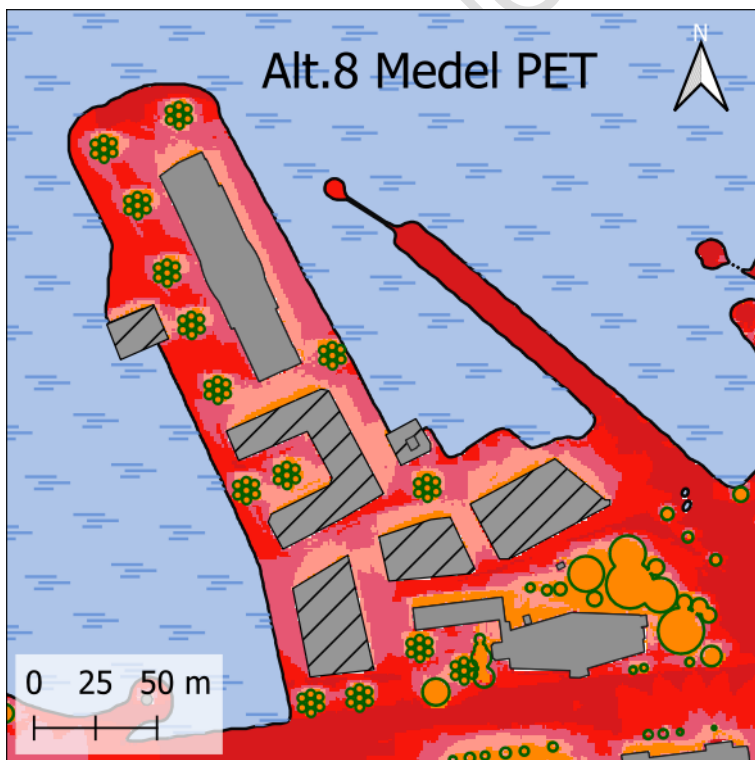
Alt. 5 – träd år 0



Alt. 6 – träd år 0

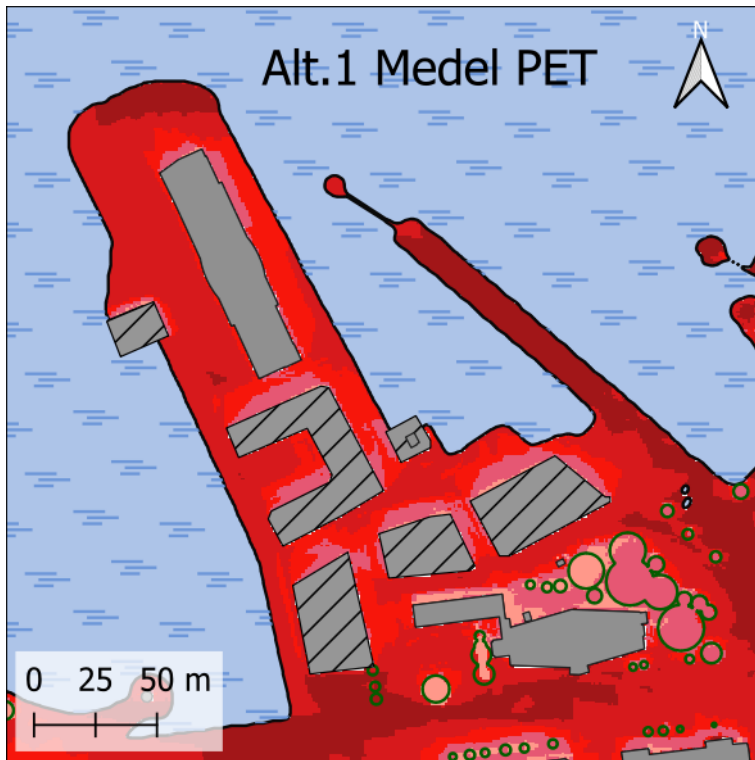


Alt. 7 – träd år 0

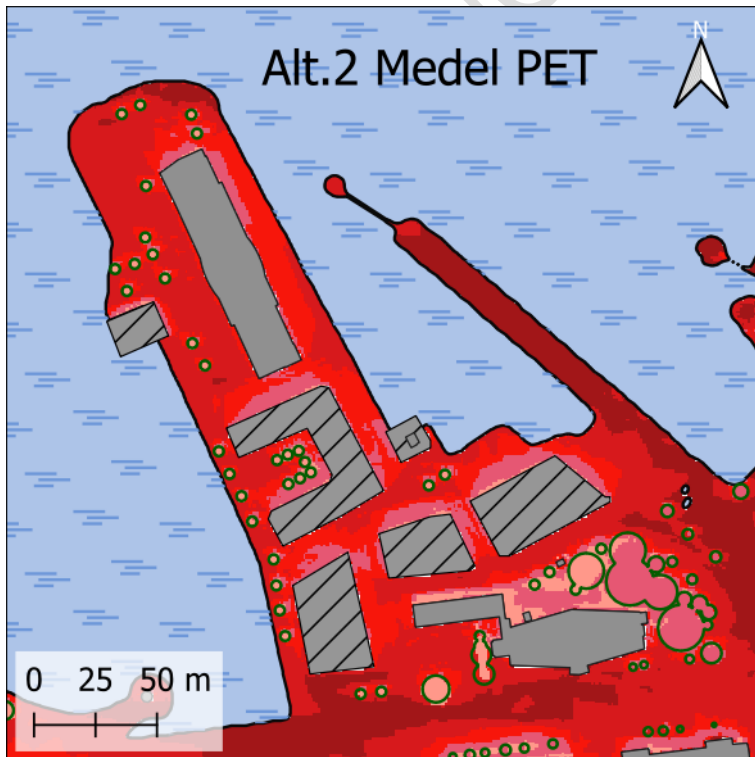


Alt. 8 – träd år 0

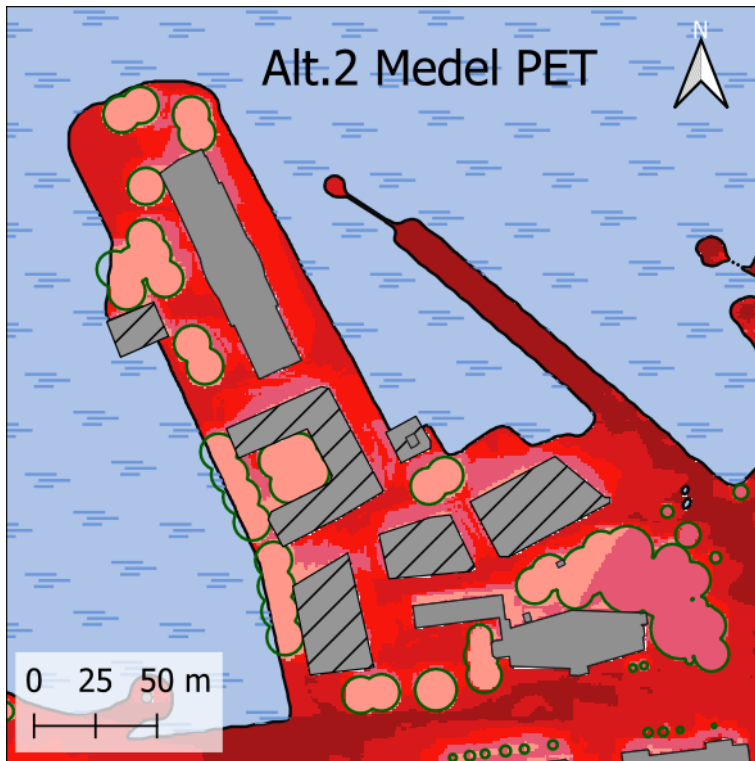
Extremt varm dag i framtiden (slutet av seklet enligt klimatscenario RCP8,5)



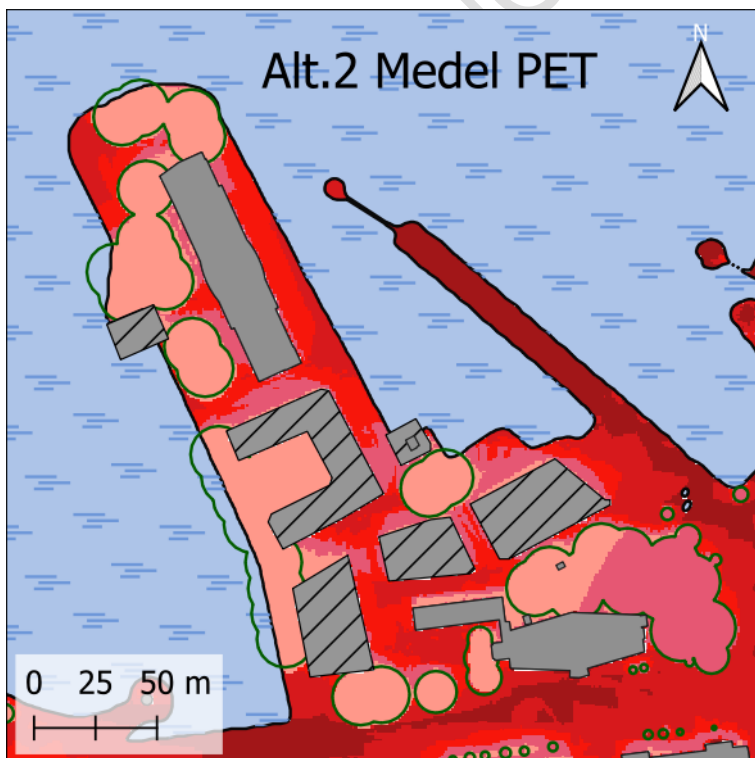
Alt. 1



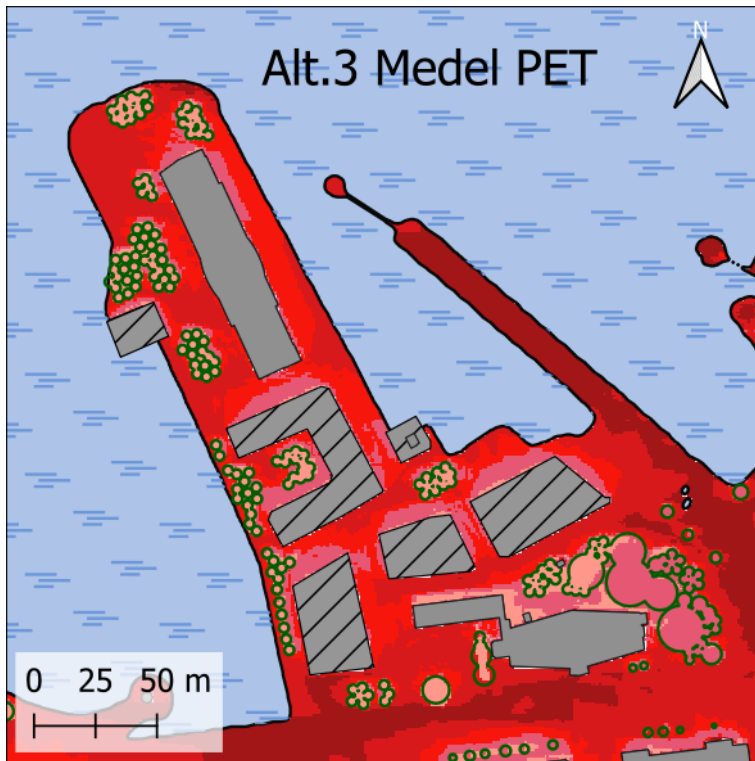
Alt. 2 – träd år 0



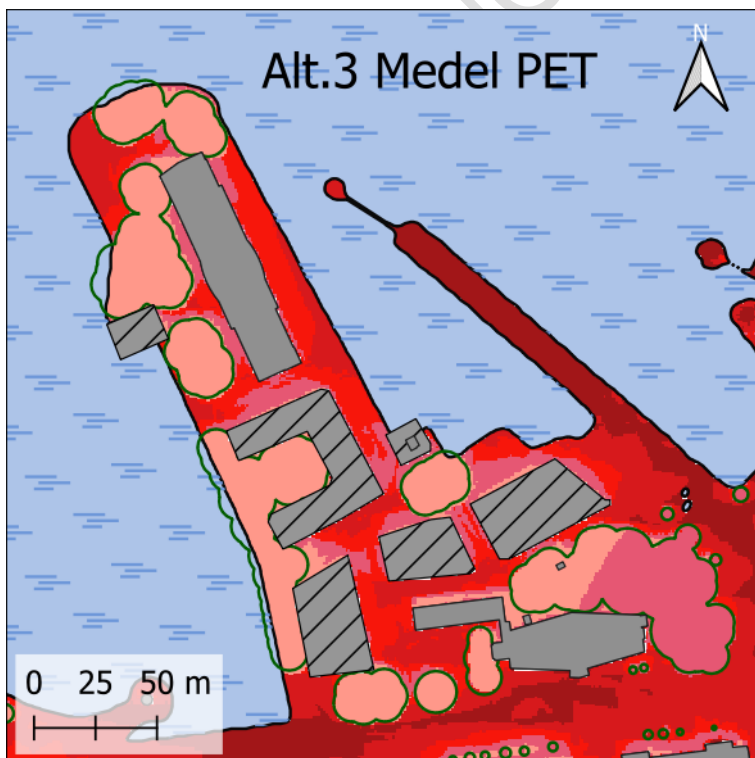
Alt. 2 – träd år 30



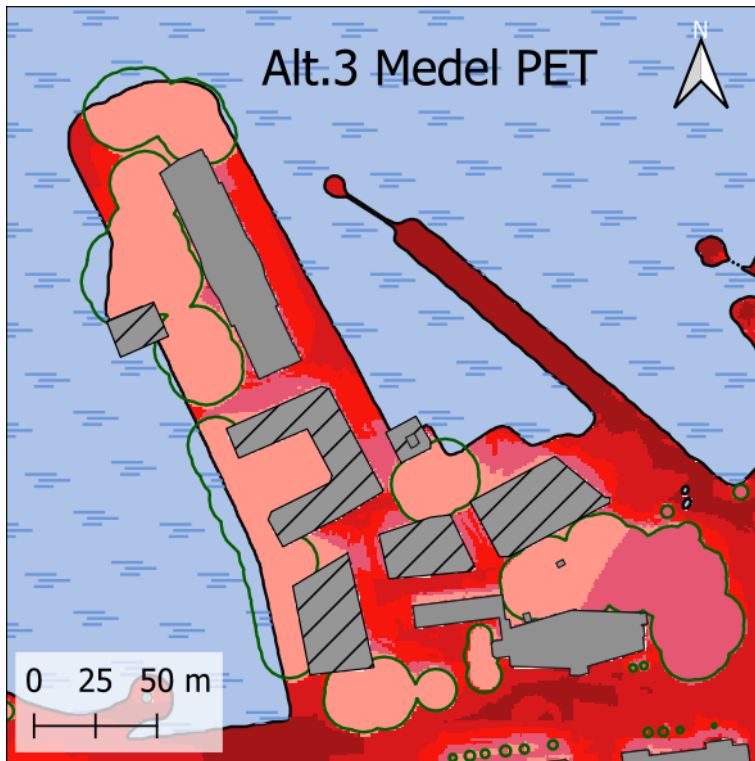
Alt. 2 – träd år 70



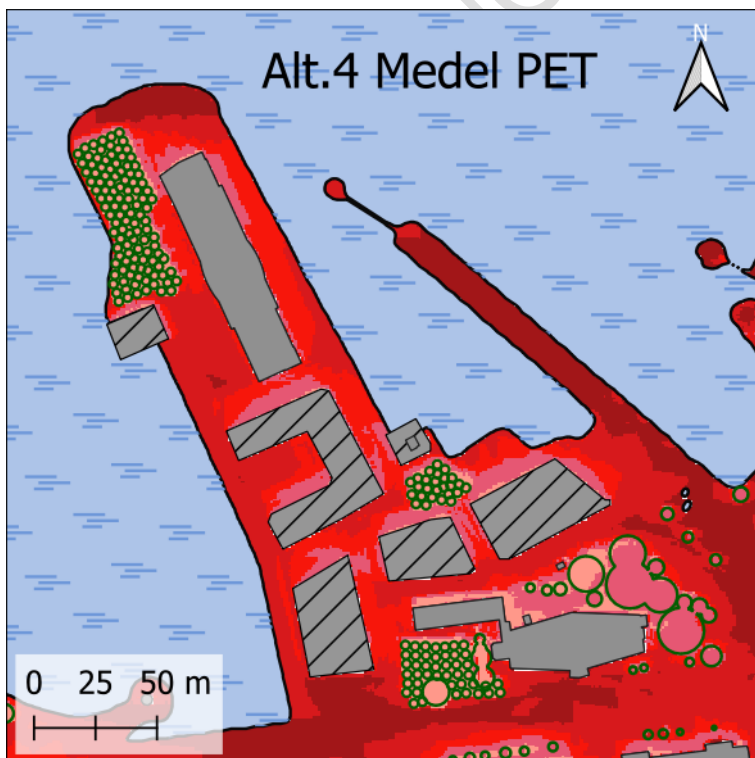
Alt. 3 – träd år 0



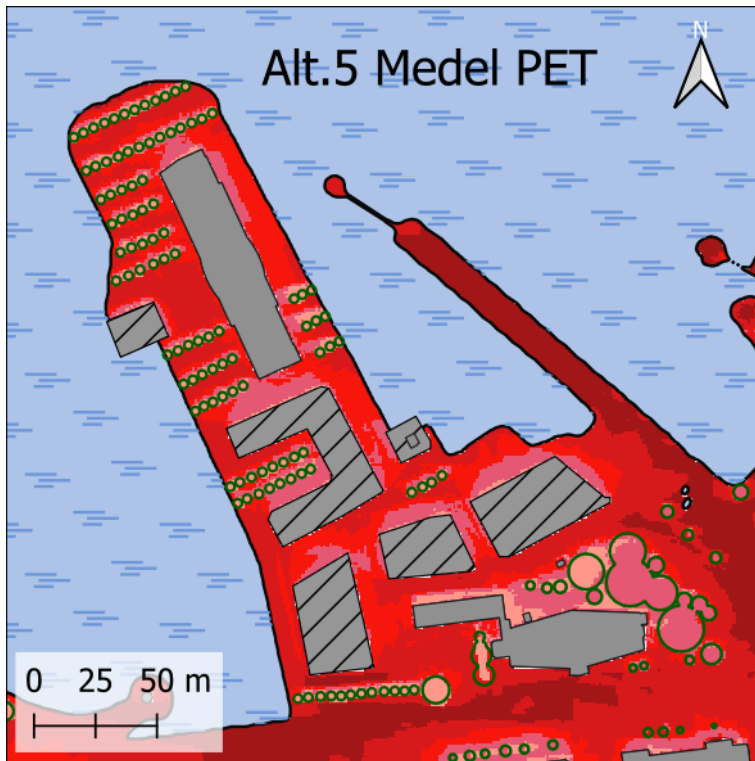
Alt. 3 – träd år 30



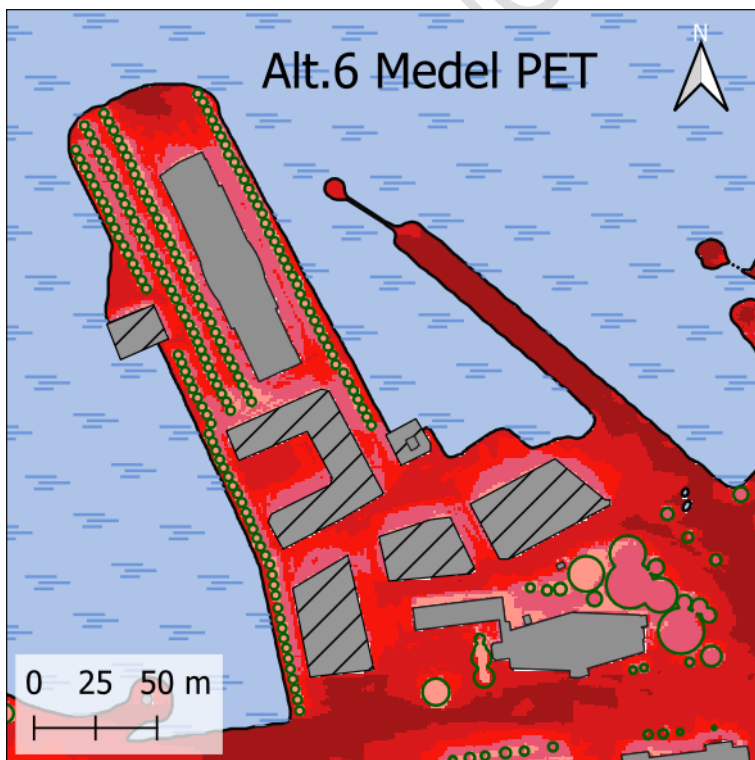
Alt. 3 – träd år 70



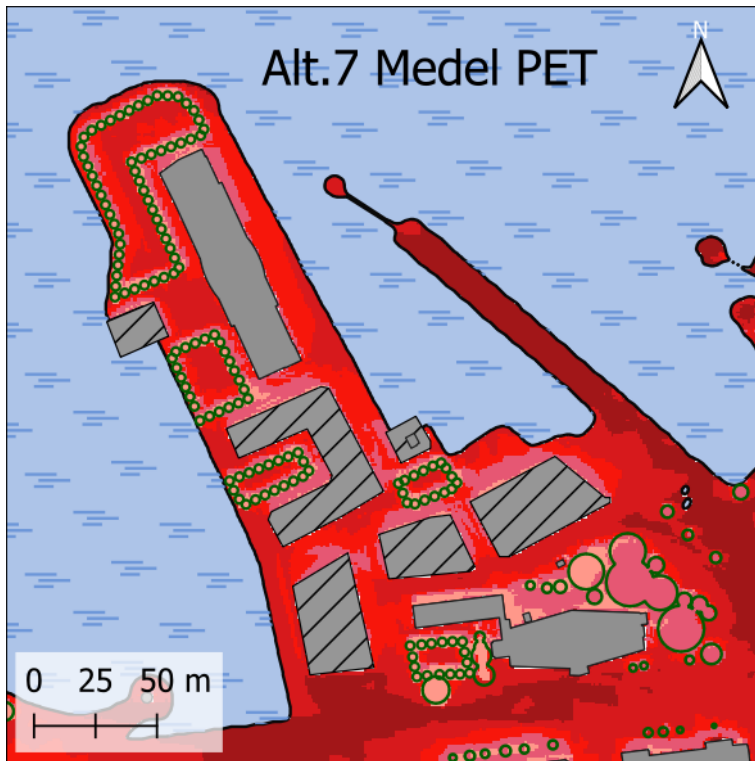
Alt. 4 – träd år 0



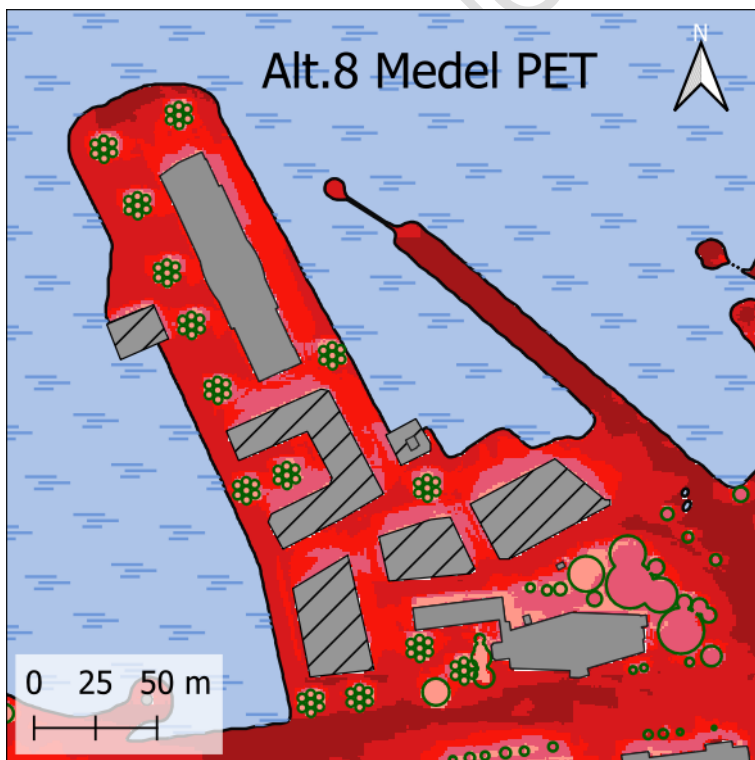
Alt. 5 – träd år 0



Alt. 6 – träd år 0



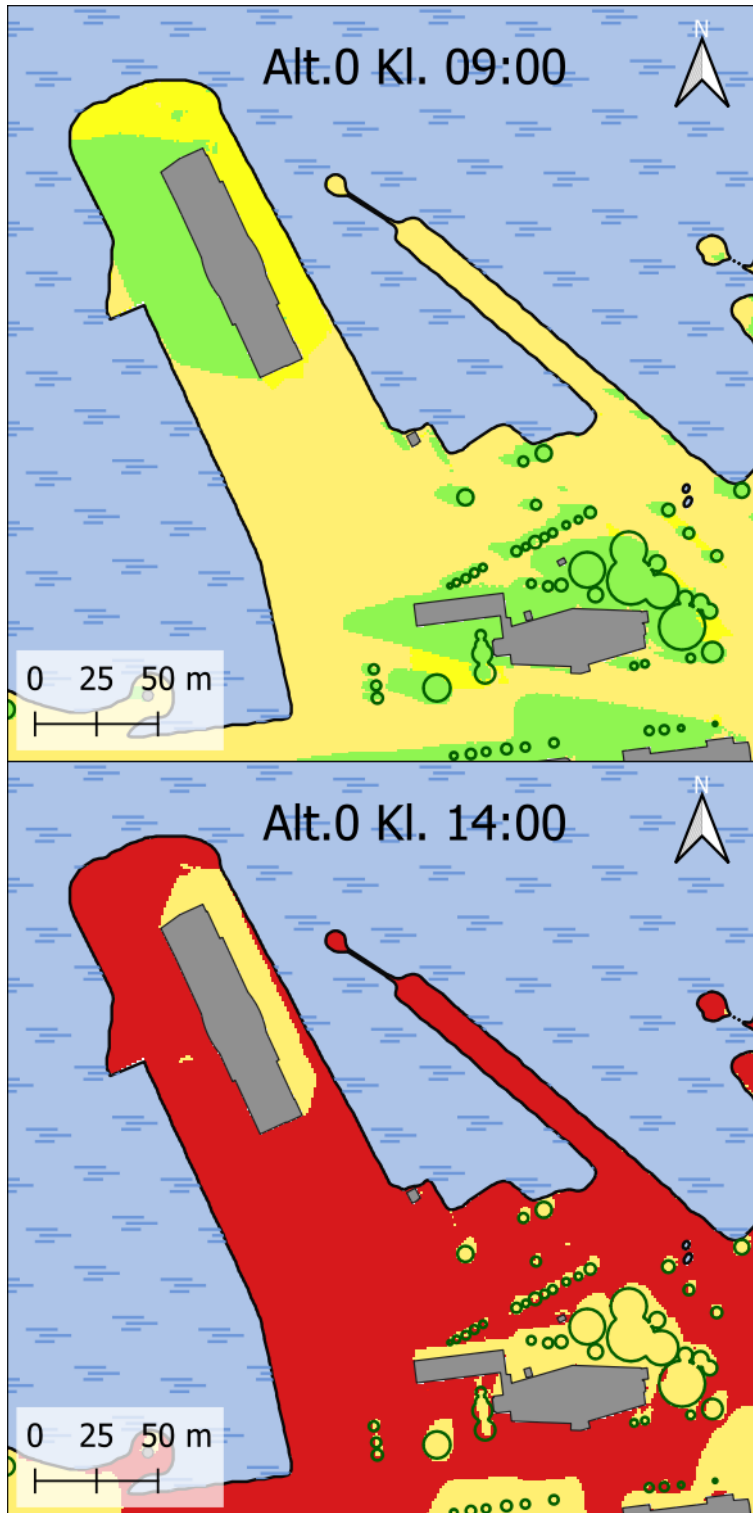
Alt. 7 – träd år 0

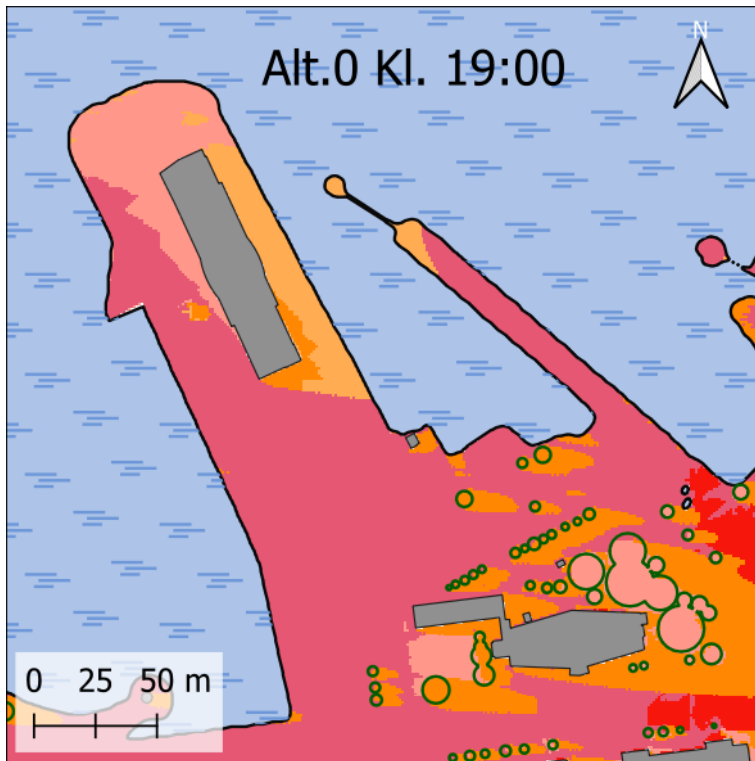


Alt. 8 – träd år 0

Timvärde PET

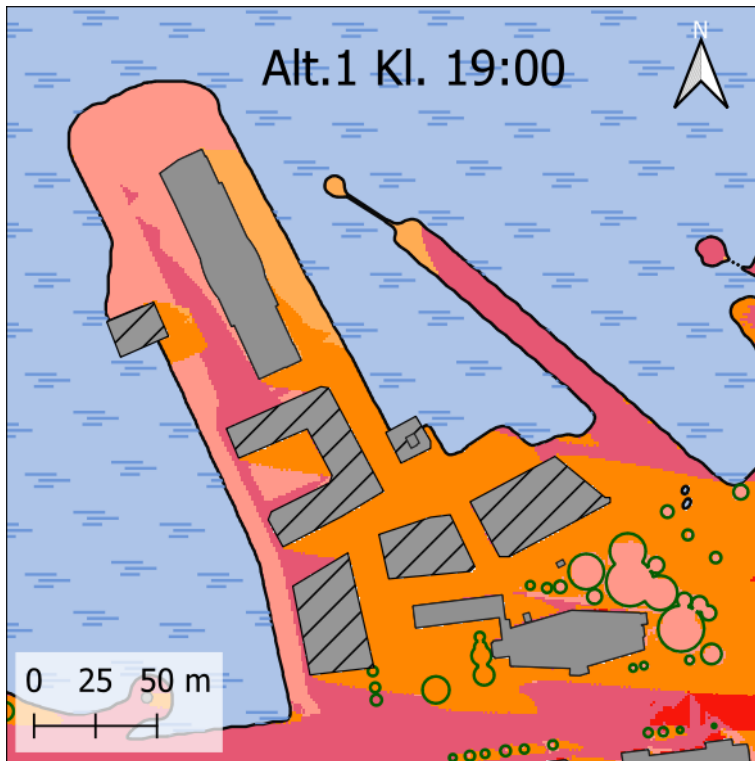
Extremt varm dag nutid (1994-07-26)





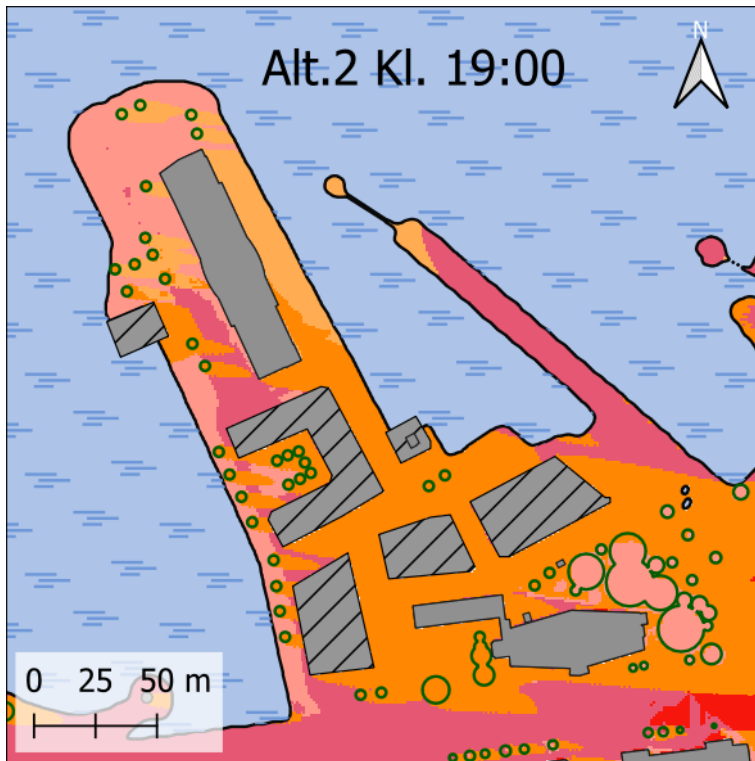
Alt. 0 – 09:00; 14:00; 19:00



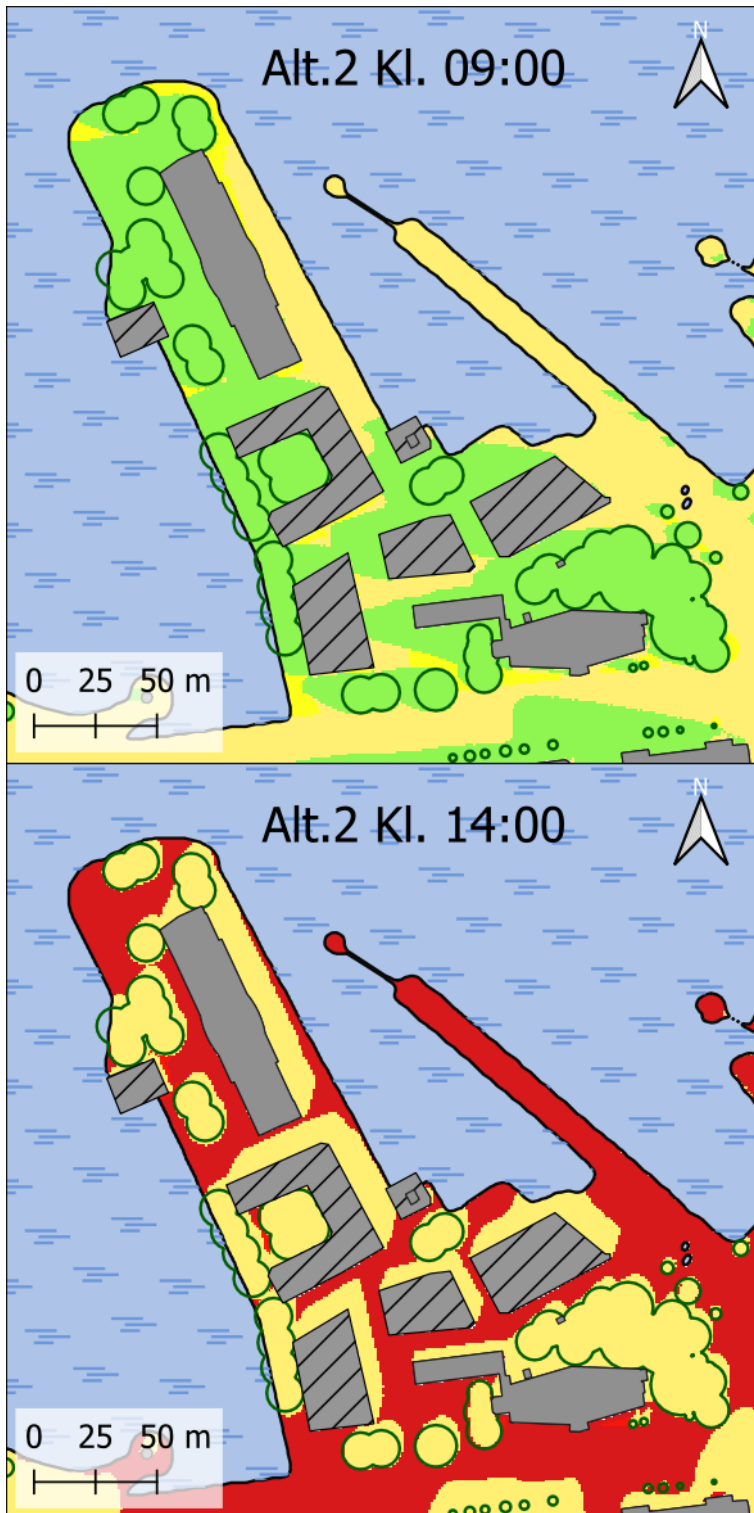


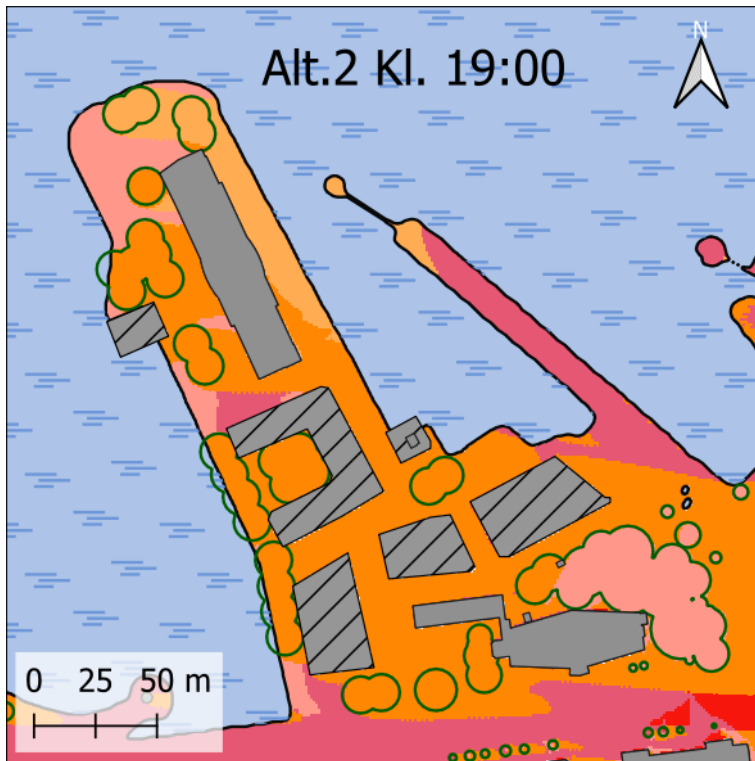
Alt 1 – 09:00; 14:00; 19:00



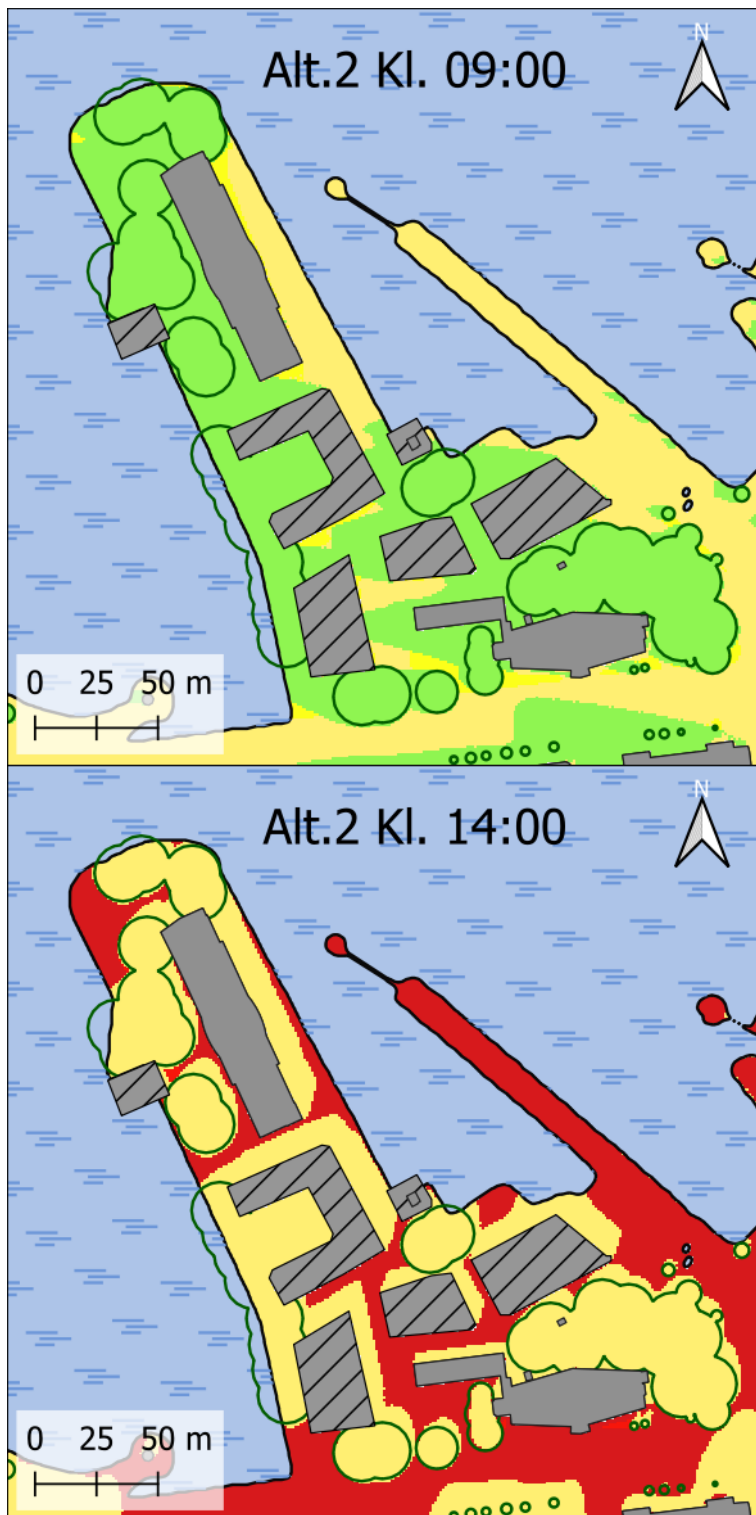


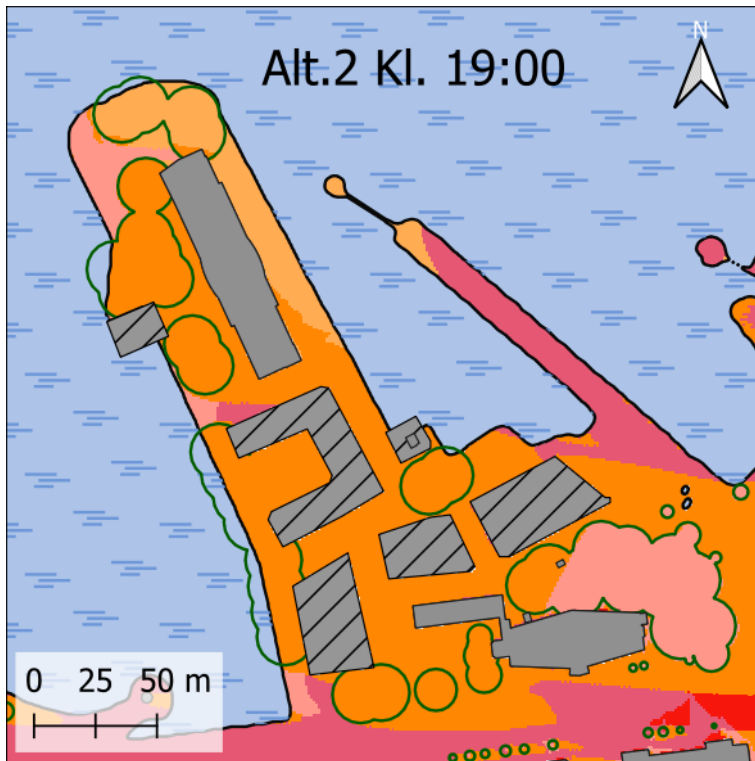
Alt. 2 – träd år 0 – 09:00; 14:00; 19:00



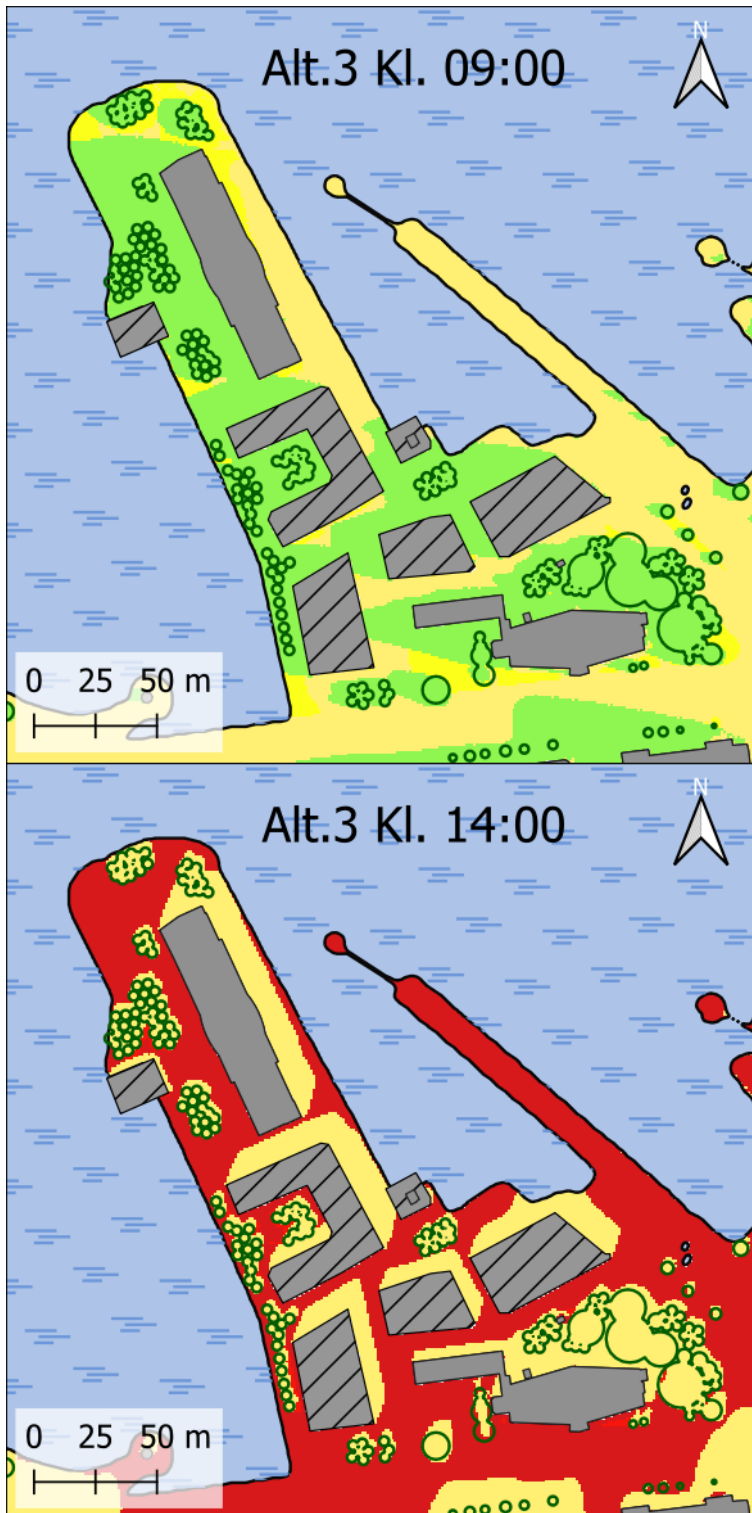


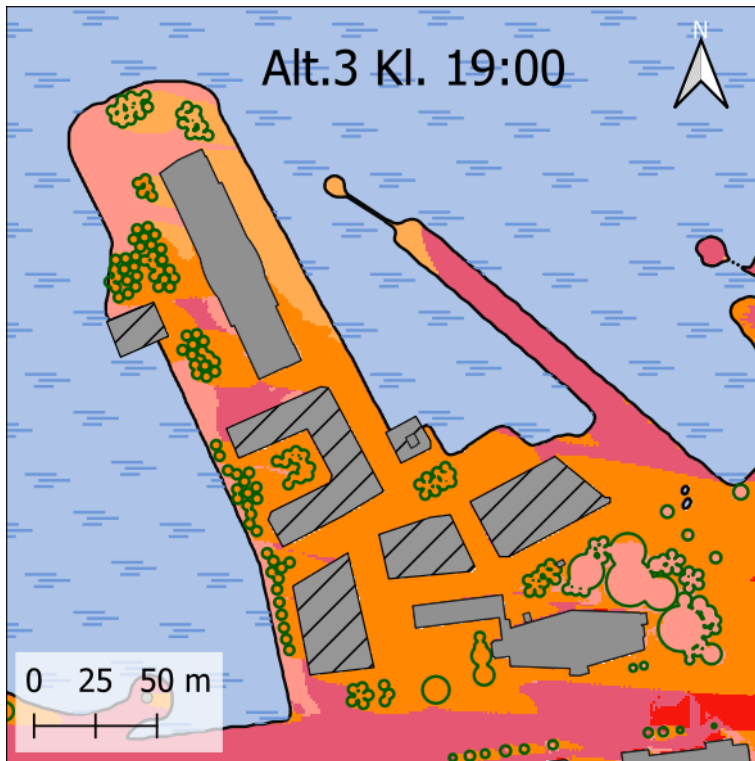
Alt. 2 – träd år 30 (08:00; **09:00**; 10:00; 11:00; 12:00; 13:00; **14:00**; 15:00; 16:00; 17:00; 18:00; **19:00**; 20:00)



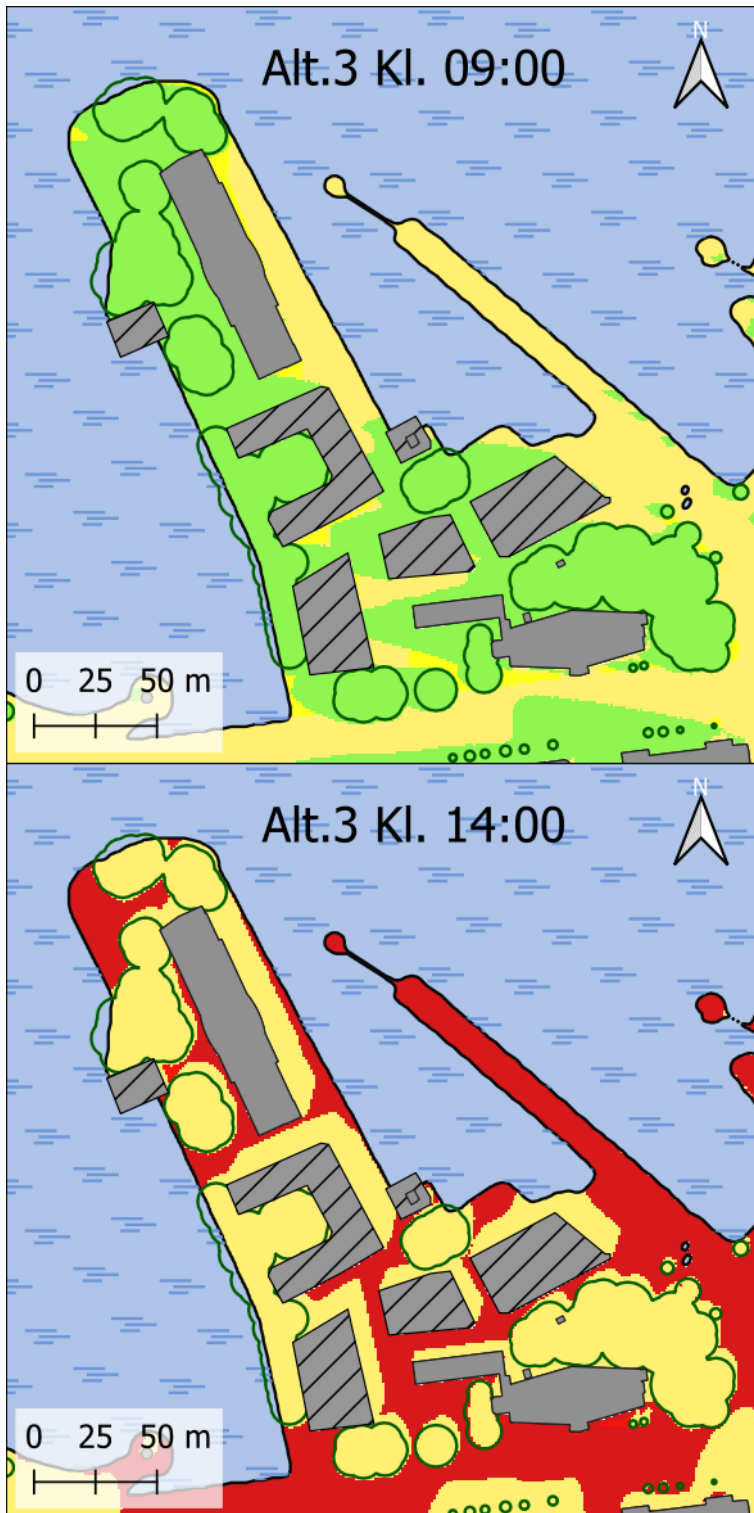


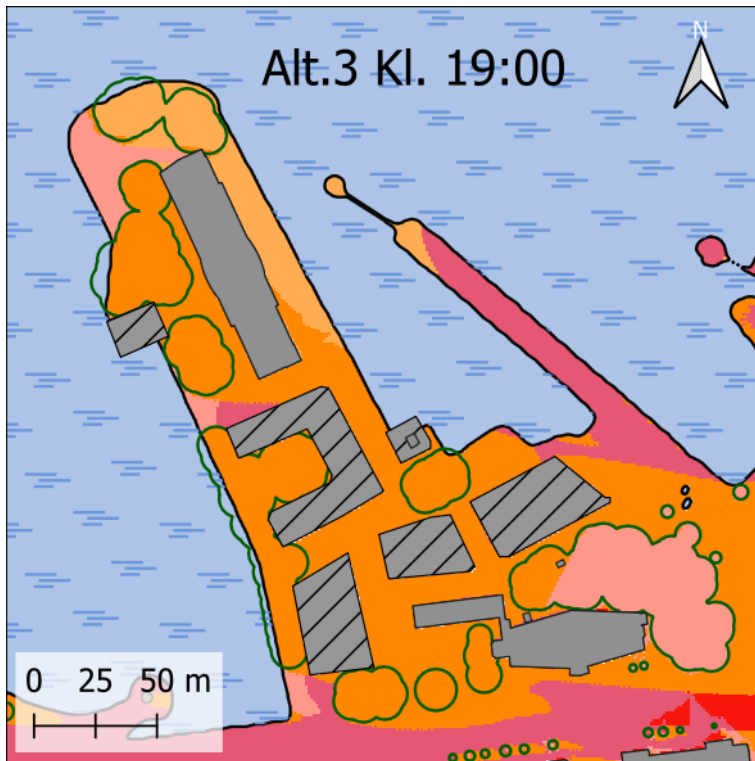
Alt. 2 – träd år 70 – 09:00; 14:00; 19:00





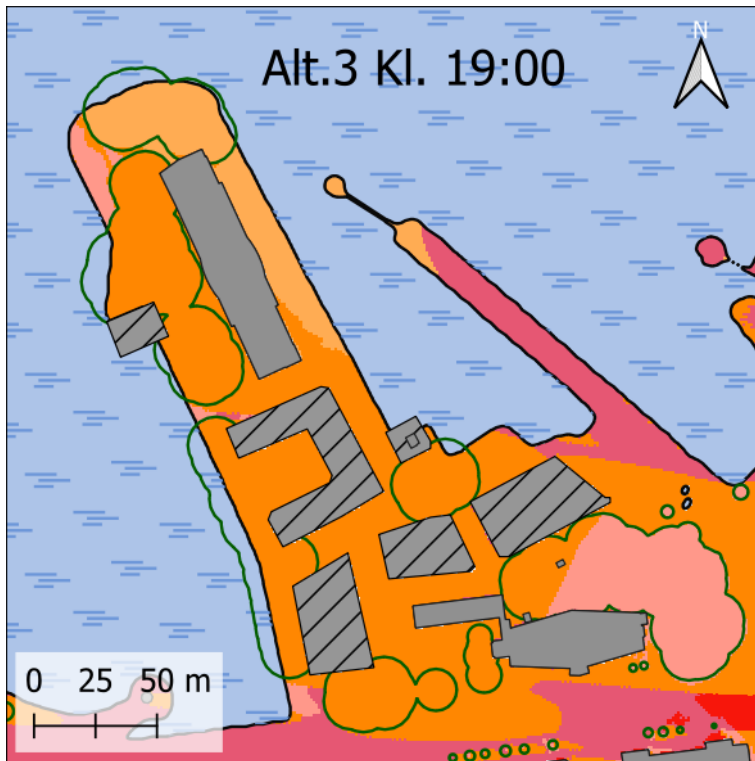
Alt. 3 – träd år 0 (MK 63) – 09:00; 14:00; 19:00





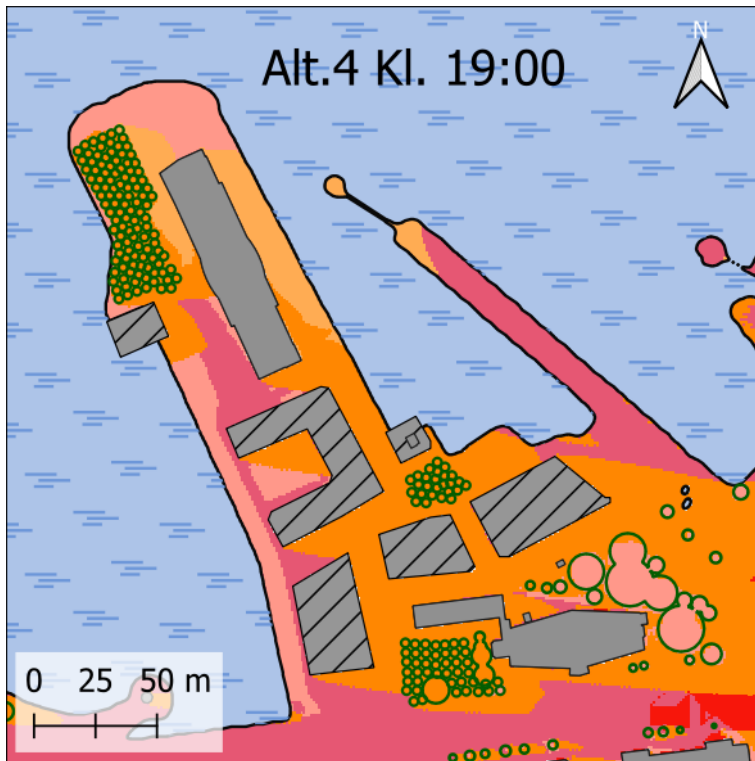
Alt. 3 – träd år 30 – 09:00; 14:00; 19:00





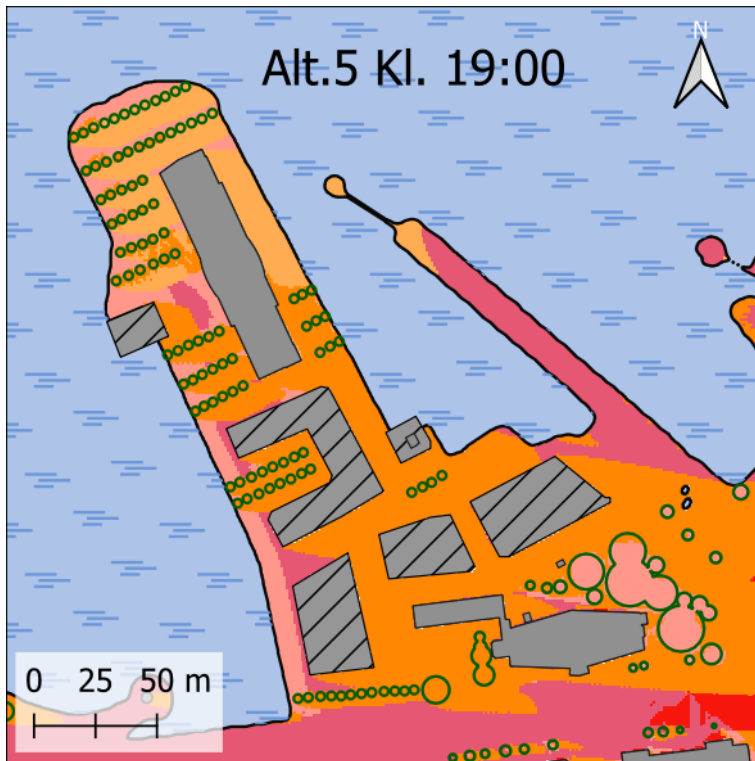
Alt. 3 – träd år 70 – 09:00; 14:00; 19:00





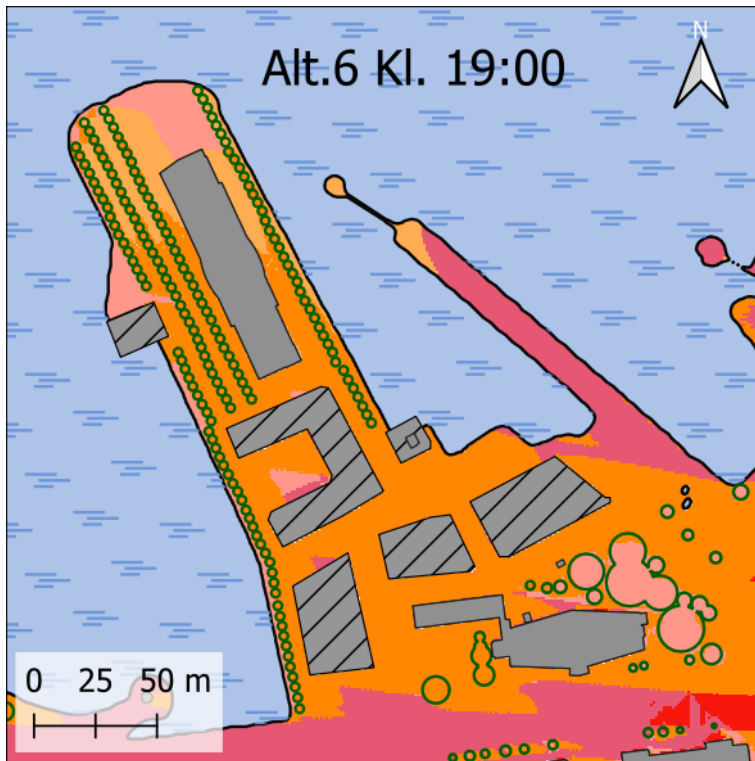
Alt. 4 – träd år 0 – 09:00; 14:00; 19:00





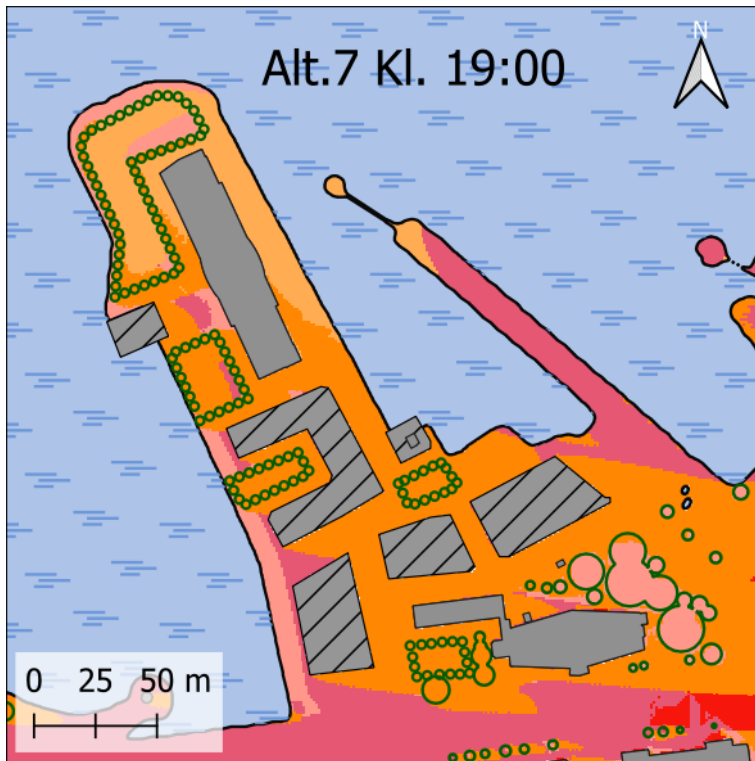
Alt. 5 – träd år 0 – 09:00; 14:00; 19:00





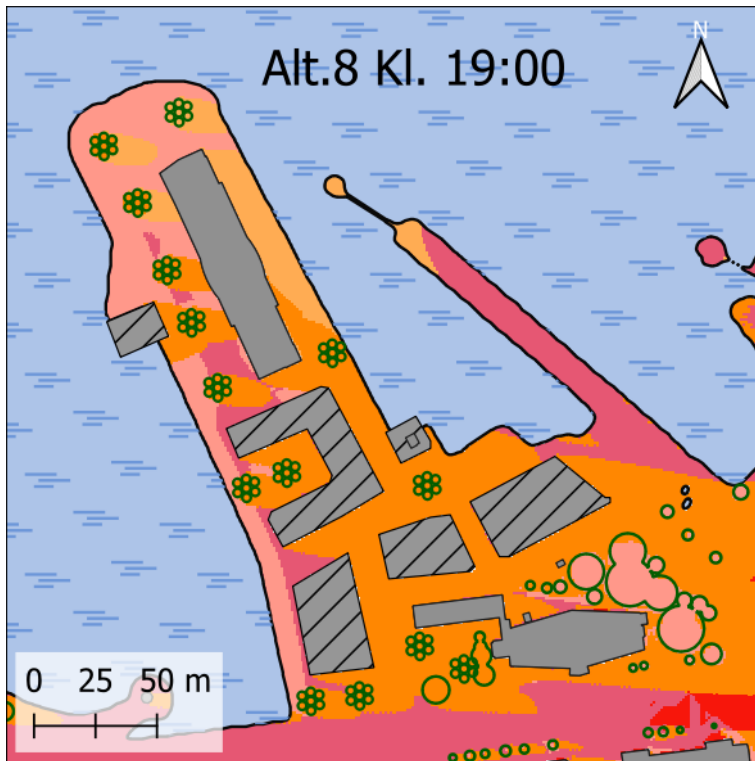
Alt. 6 – träd år 0 – 09:00; 14:00; 19:00





Alt. 7 – träd år 0 – 09:00; 14:00; 19:00





Alt. 8 – träd år 0 – 09:00; 14:00; 19:00

Bilaga 7 – Resultat Lorensborgsgatan

Medelvärde PET (kl. 08:00 - 20:00)

Högsommardag nutid (2022-06-24)

Alt 0 MK 4

Alt 1 – träd år 0 MK 14

Alt 1 – träd år 0 MK 15

Alt 1 – träd år 0 MK 16

Alt 3 – träd år 0 MK 26

Alt 3 – träd år 0 MK 27

Alt 3 – träd år 0 MK 28

GRANSKNINGSVERSION

Extremt varm dag nutid (1994-07-26)



Alt. 0



Alt. 1 – träd år 0



Alt. 1 – träd år 30



Alt. 1 – träd år 70



Alt. 3 – träd år 0



Alt. 3 – träd år 30

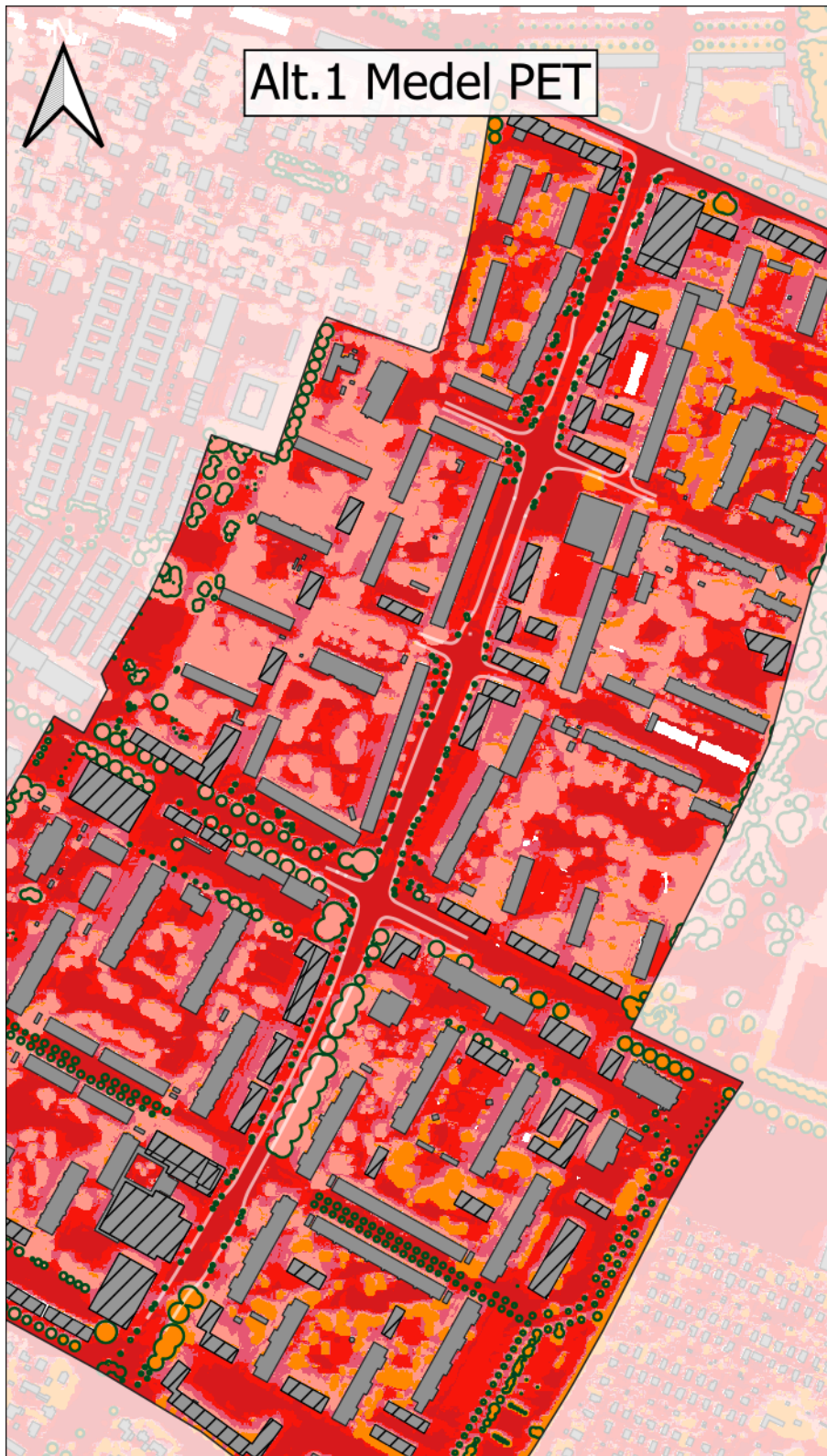


Alt. 3 – träd år 70

Extremt varm dag i framtiden (slutet av seklet enligt klimatscenario RCP4,5)



Alt. 0



Alt. 1 – träd år 0



Alt. 1 – träd år 30



Alt. 1 – träd år 70



Alt. 3 – träd år 0

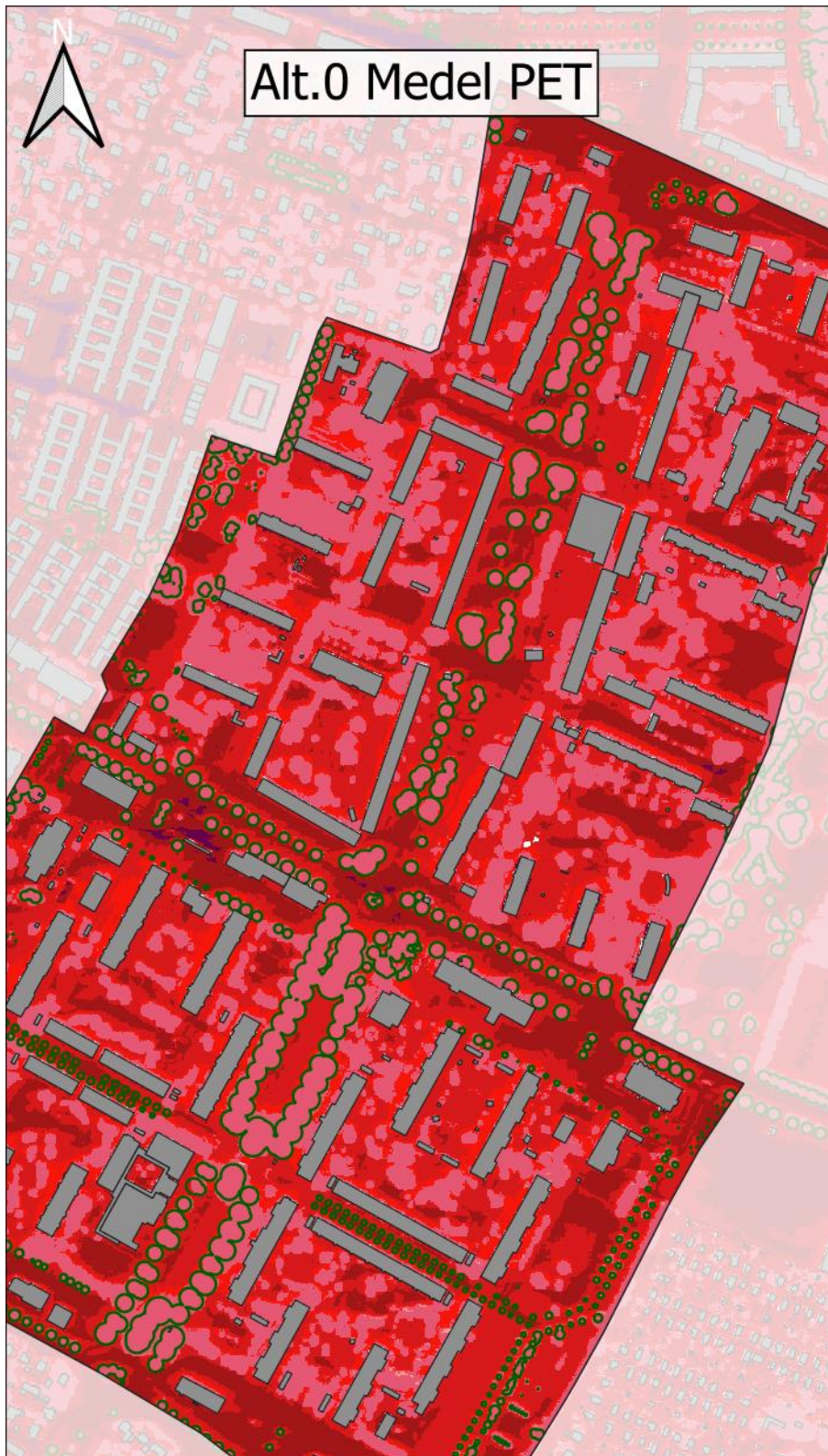


Alt. 3 – träd år 30



Alt. 3 – träd år 70

Extremt varm dag i framtiden (slutet av seklet enligt klimatscenario RCP8,5)



Alt. 0



Alt. 1 – träd år 0



Alt. 1 – träd år 30



Alt. 1 – träd år 70



Alt. 3 – träd år 0



Alt. 3 – träd år 30



Alt. 3 – träd år 70

Timvärde PET

Extremt varm dag nutid (1994-07-26)



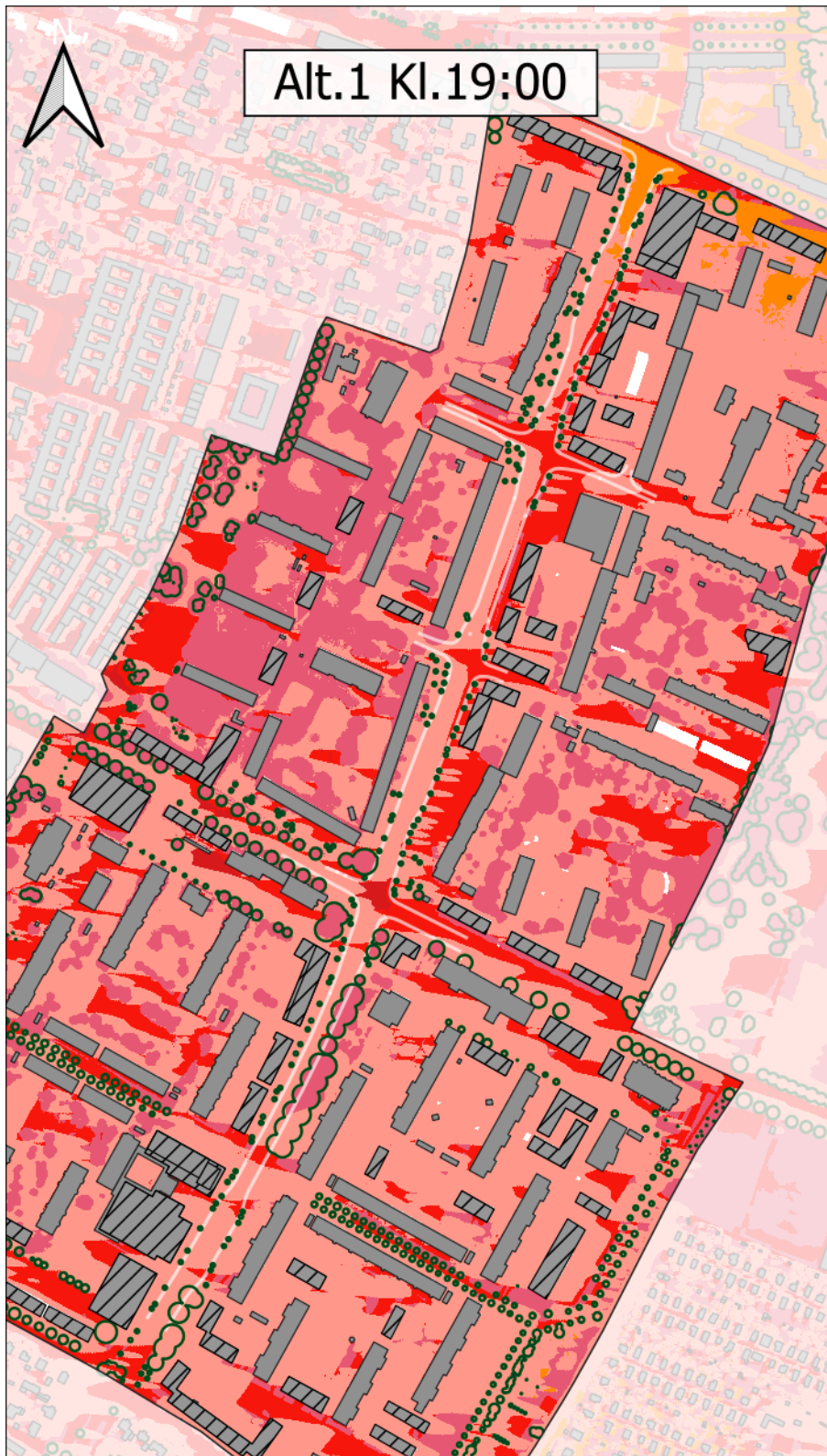




Alt. 0 – (08:00; **09:00**; 10:00; 11:00; 12:00; 13:00; **14:00**; 15:00; 16:00; 17:00, 18:00; **19:00**; 20:00)



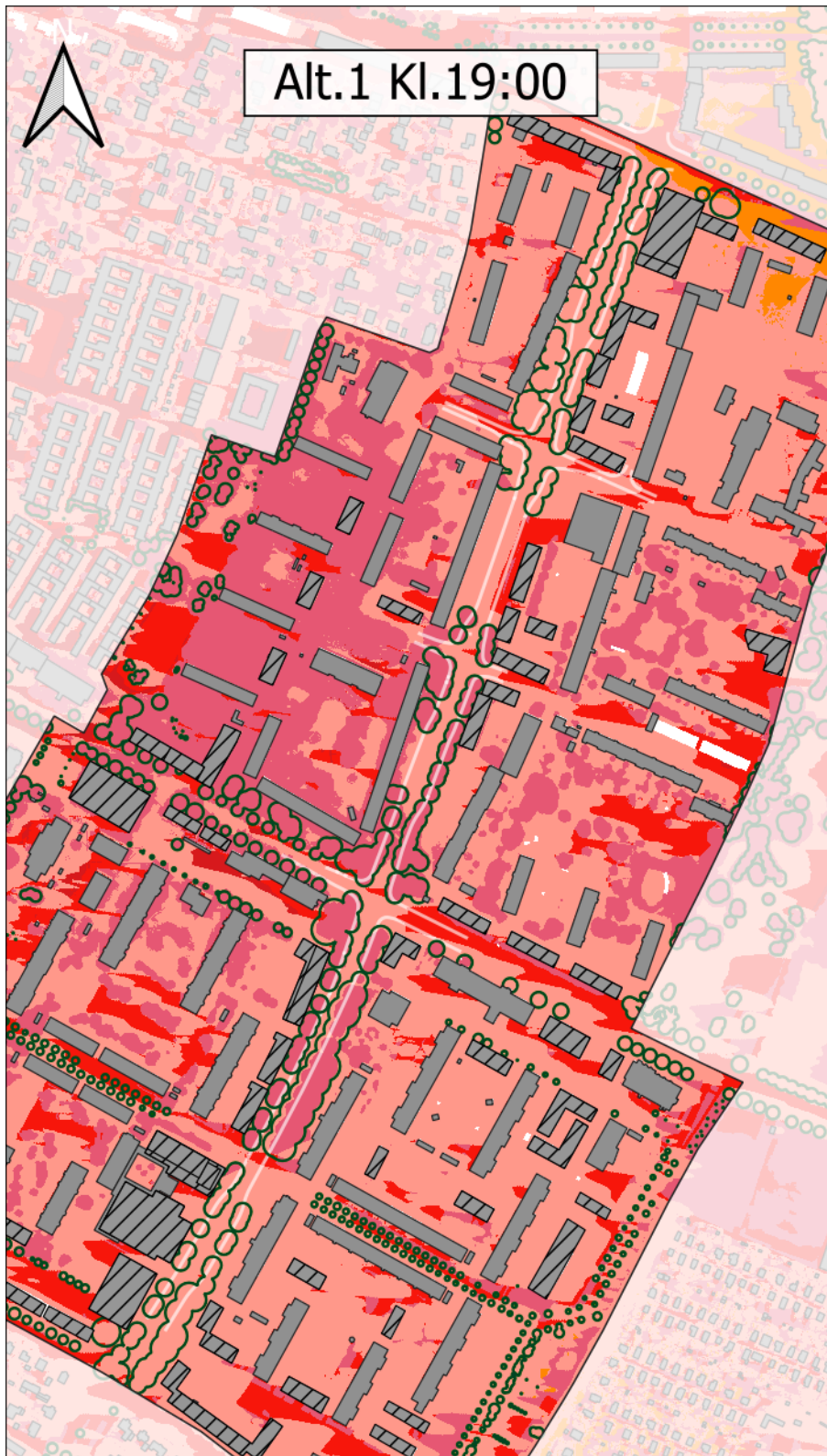




Alt. 1 – träd år 0 – 09:00; 14:00; 19:00

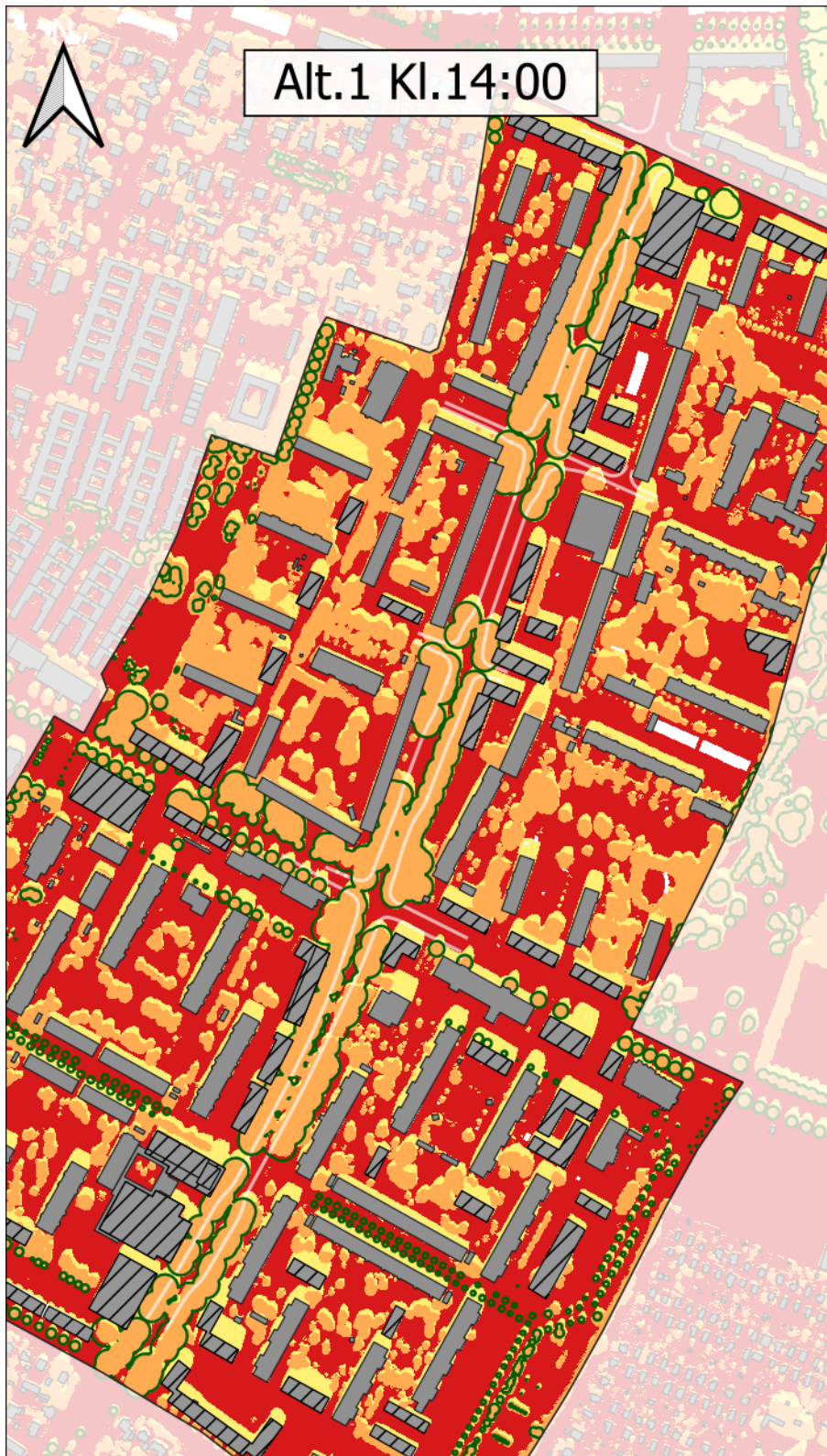


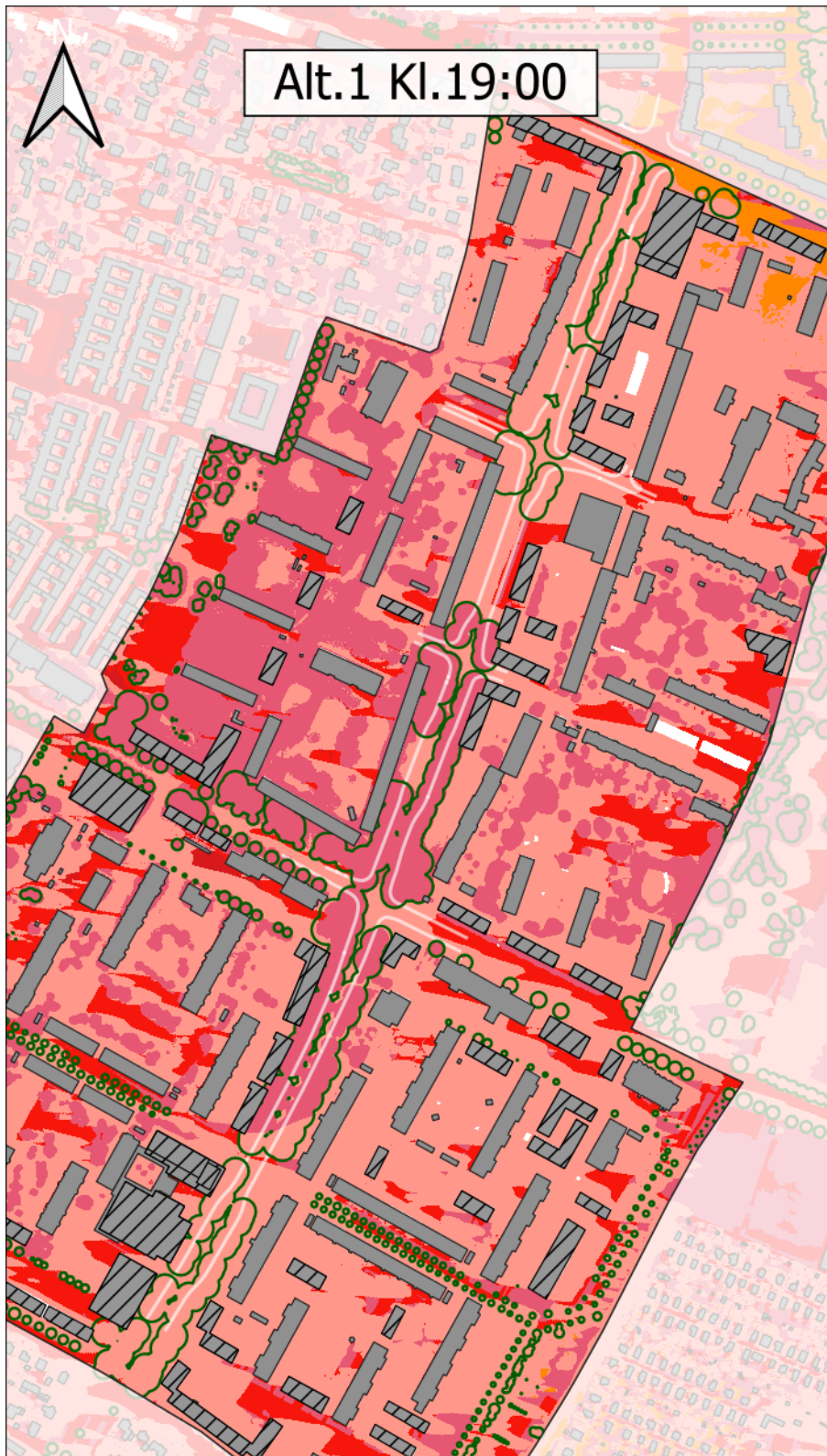




Alt. 1 – träd år 30 – 09:00; 14:00; 19:00







Alt. 1 – träd år 70 – 09:00; 14:00; 19:00



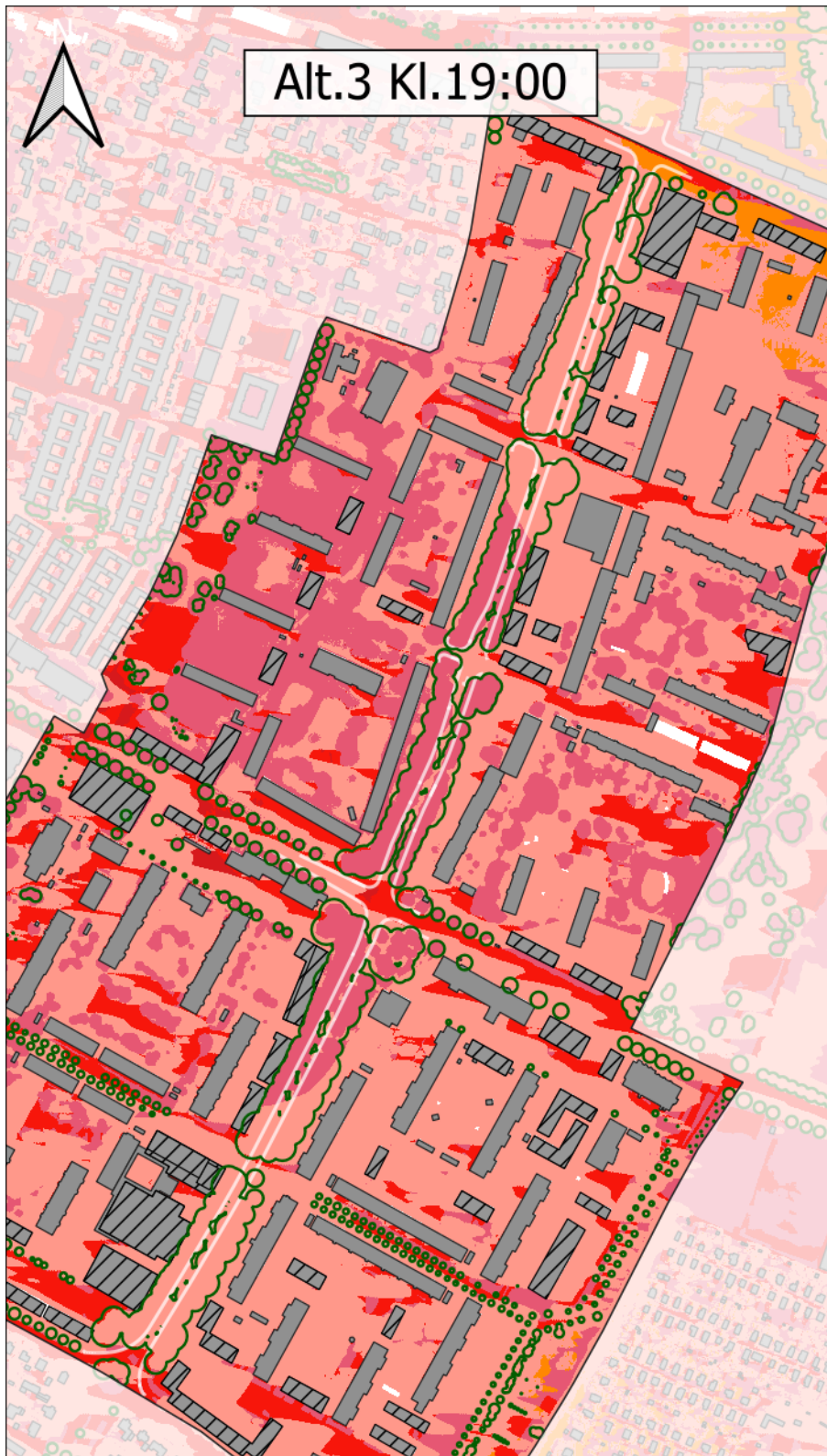




Alt. 3 – träd år 0 – 09:00; 14:00; 19:00



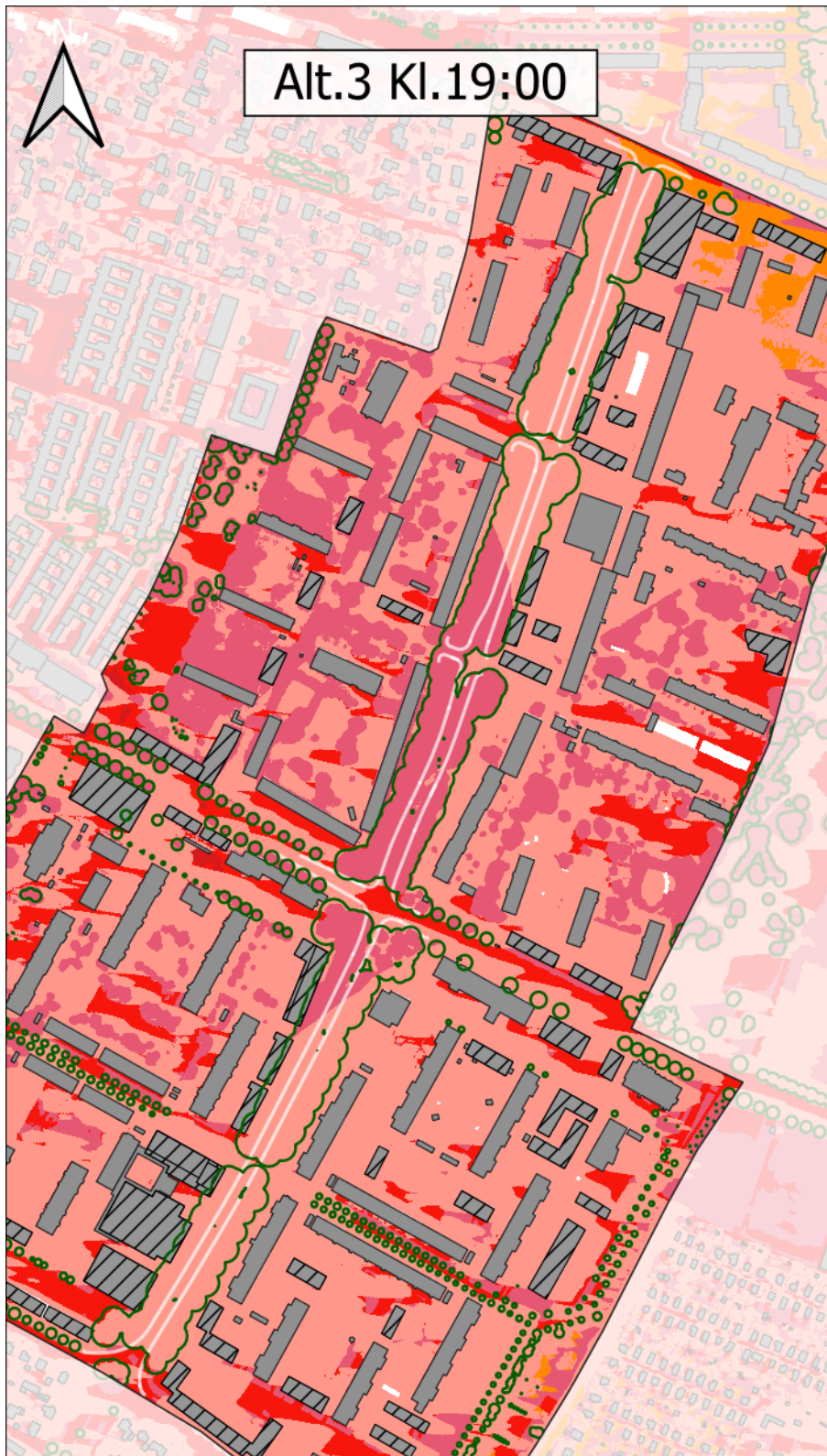




Alt. 3 – träd år 30 – 09:00; 14:00; 19:00





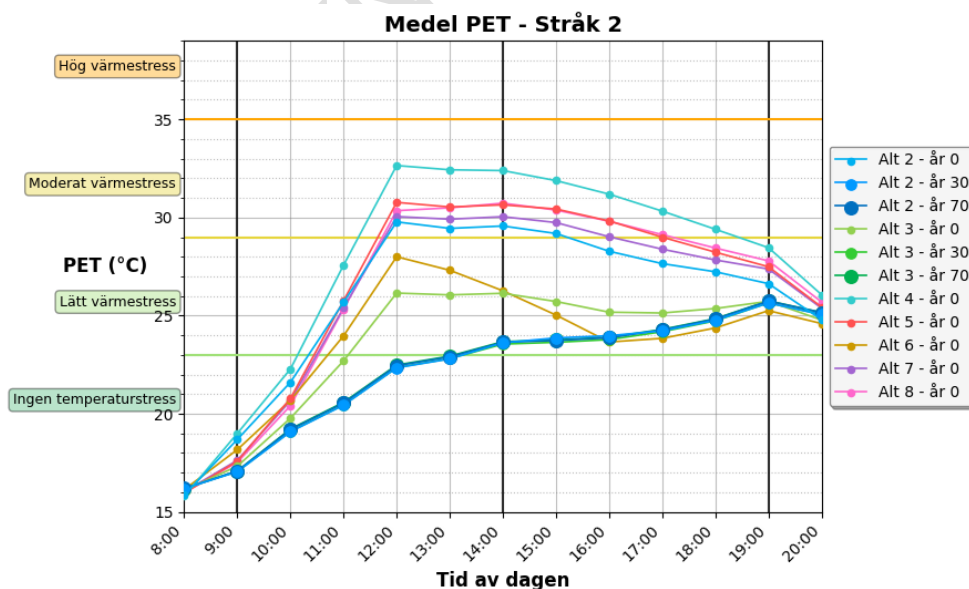
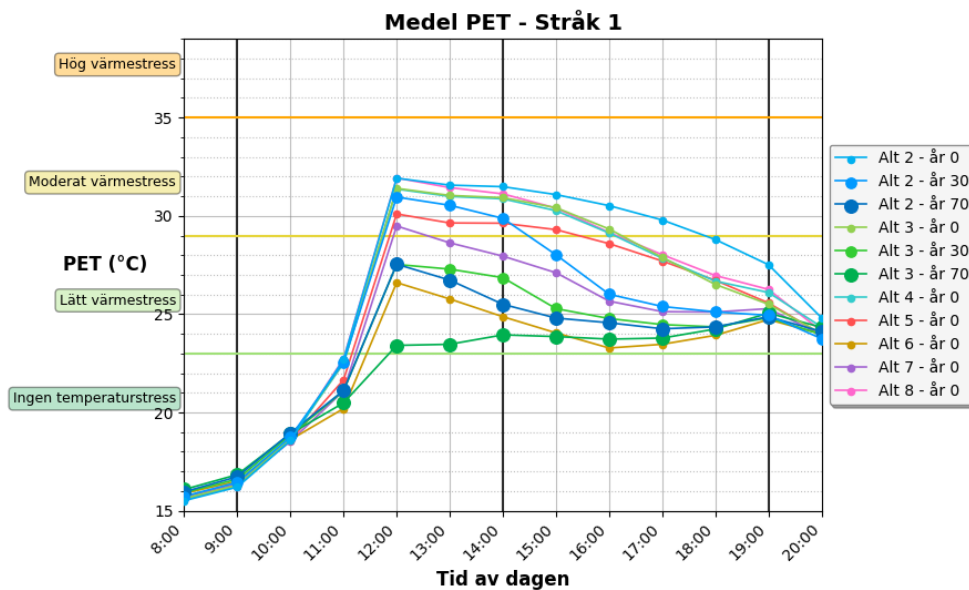


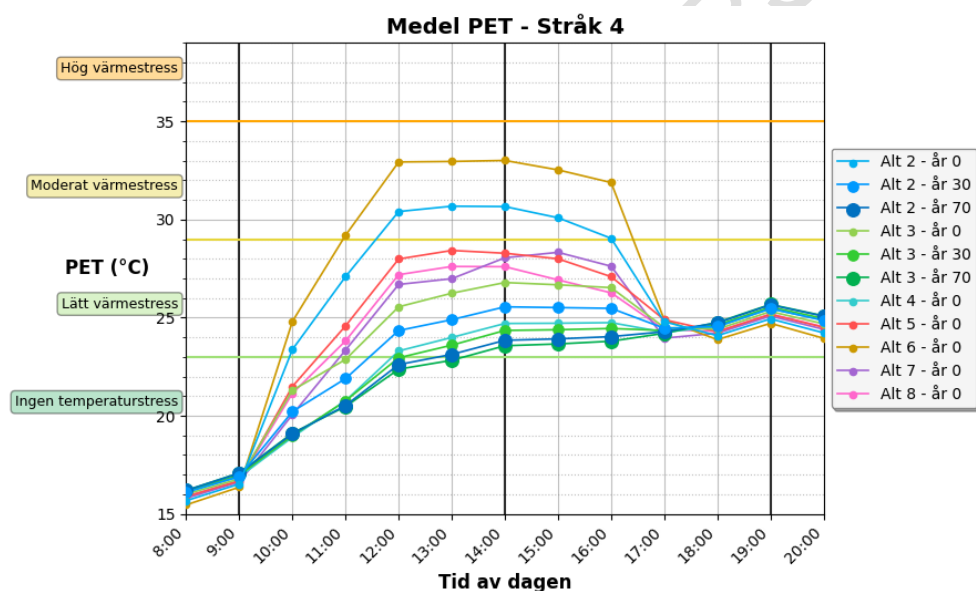
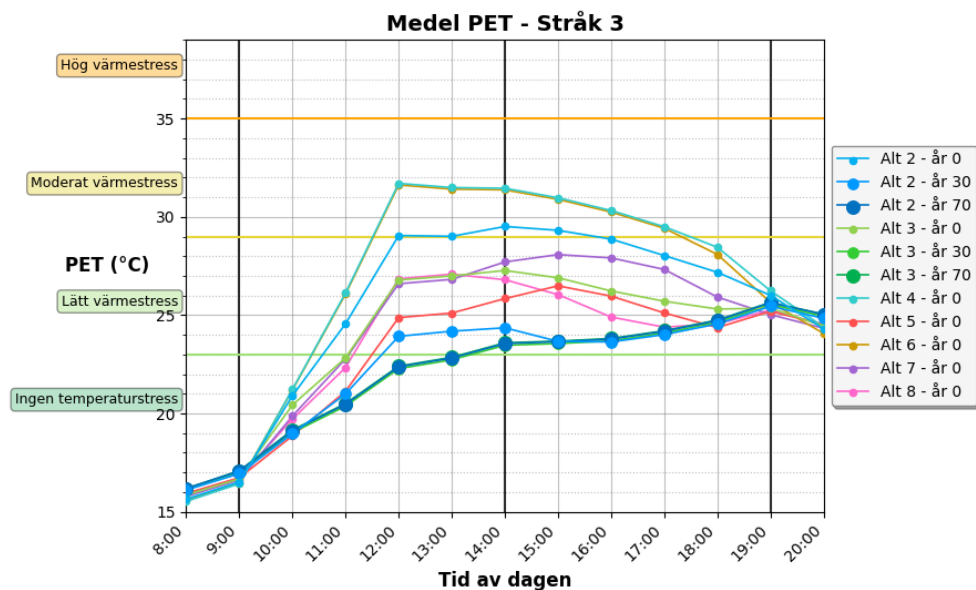
Alt 3 – träd år 70 – 09:00; 14:00; 19:00

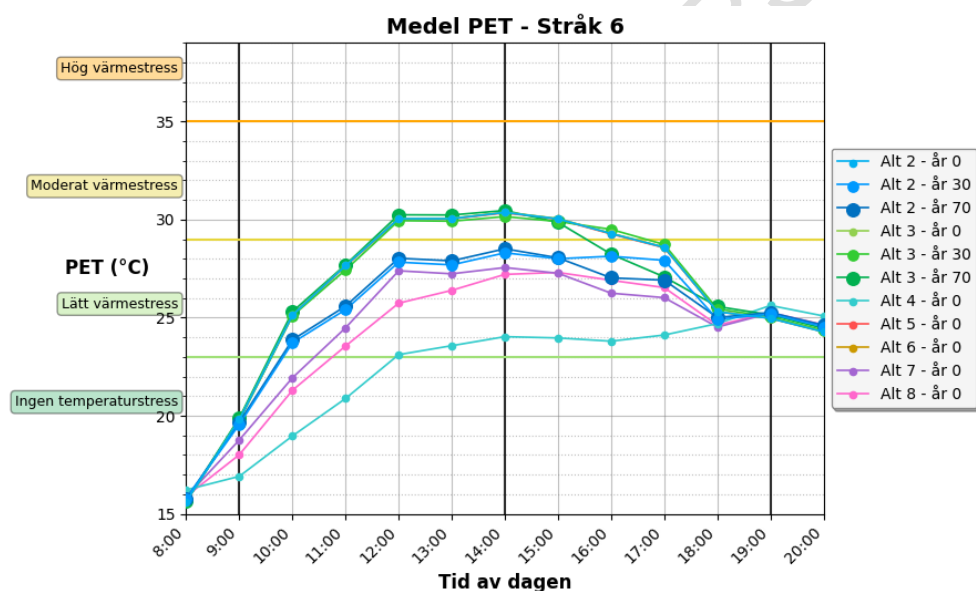
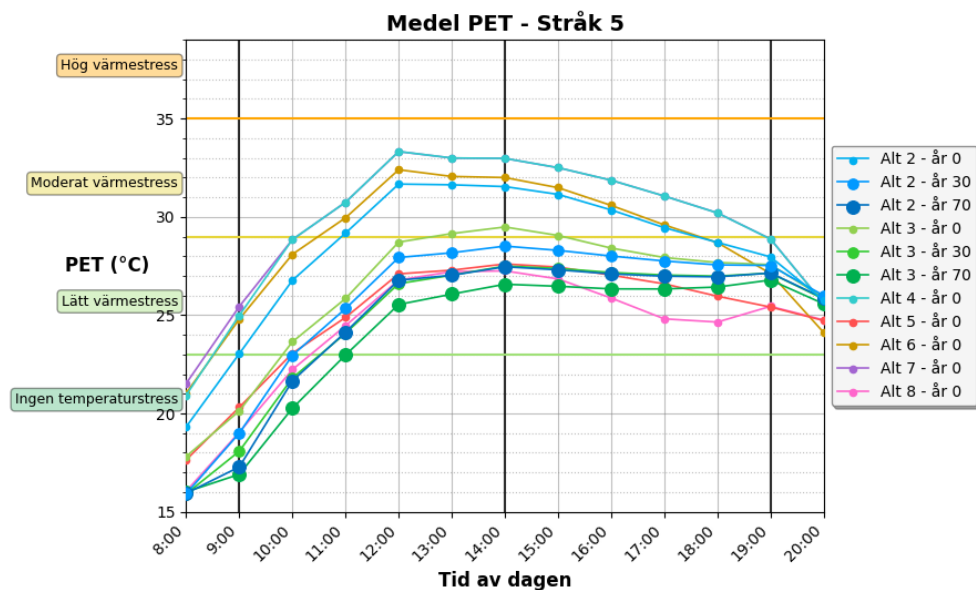
Bilaga 8 – Smörkajen, grafer över värmestress

Högsommardag nutid (2022-06-24)

Inkluderar även trädens förändrade skuggning över tid.

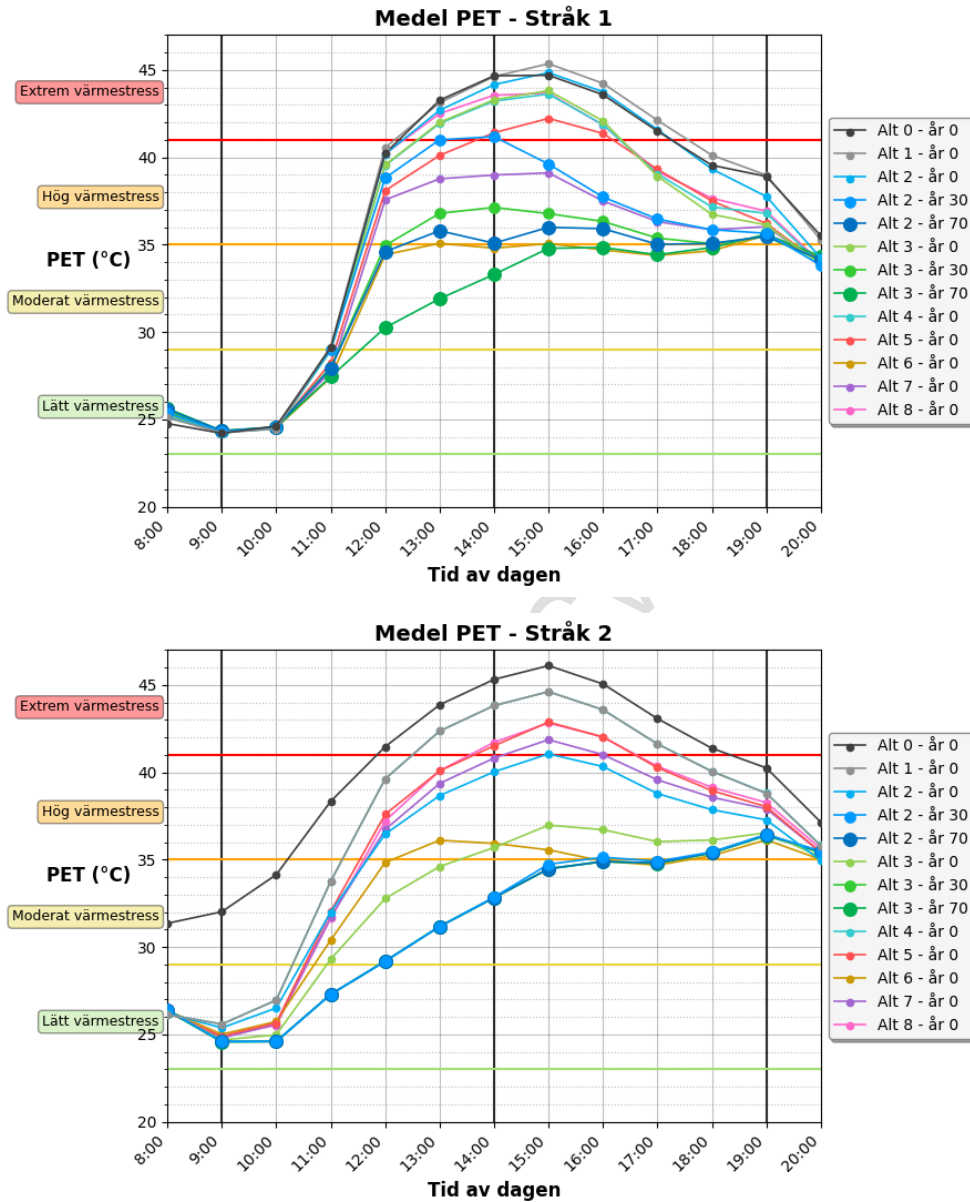


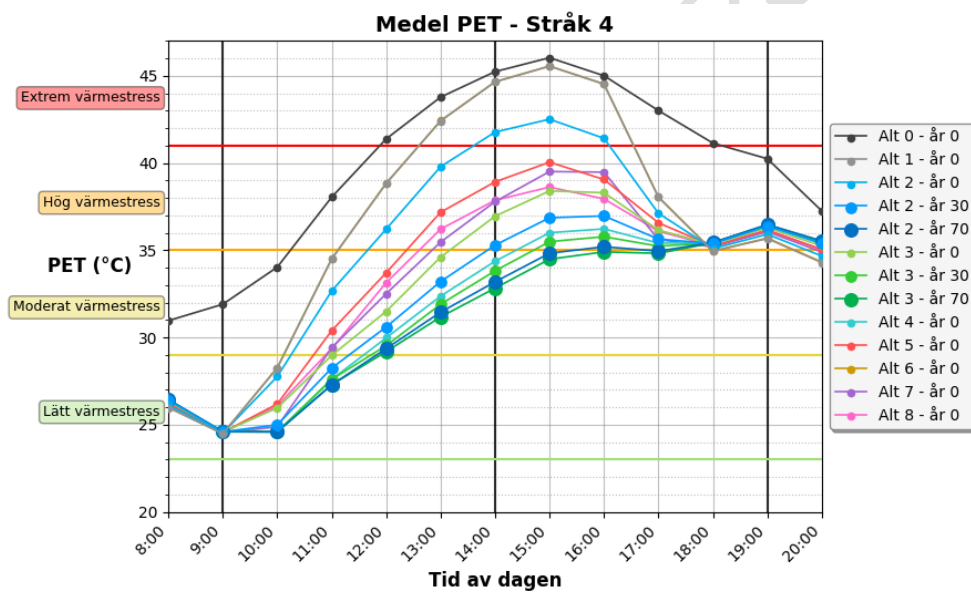
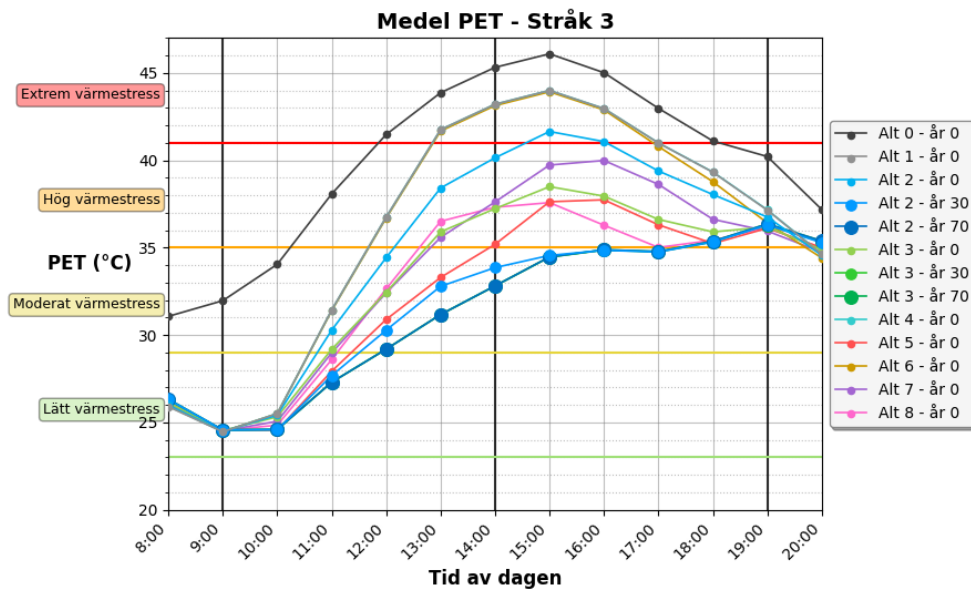


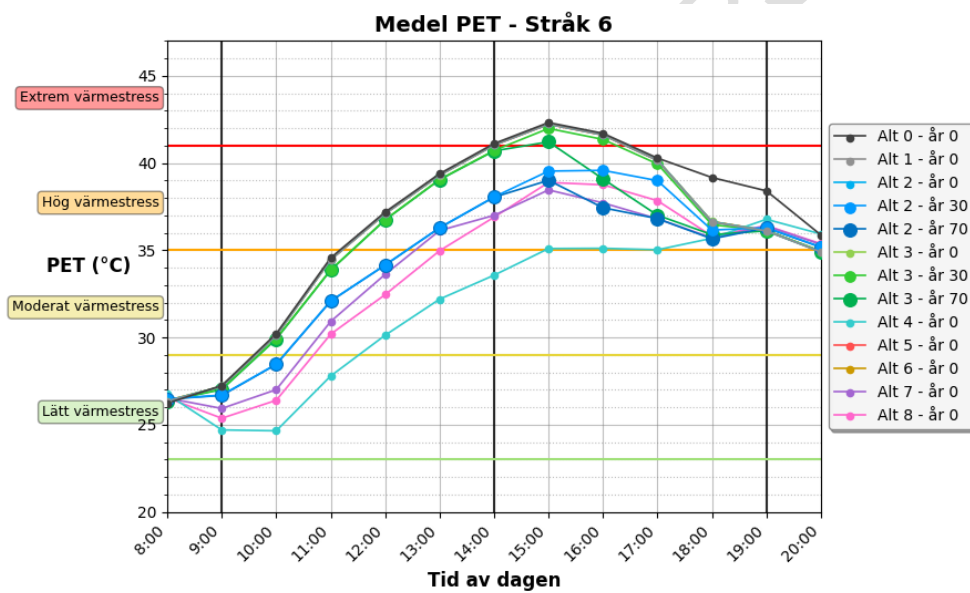
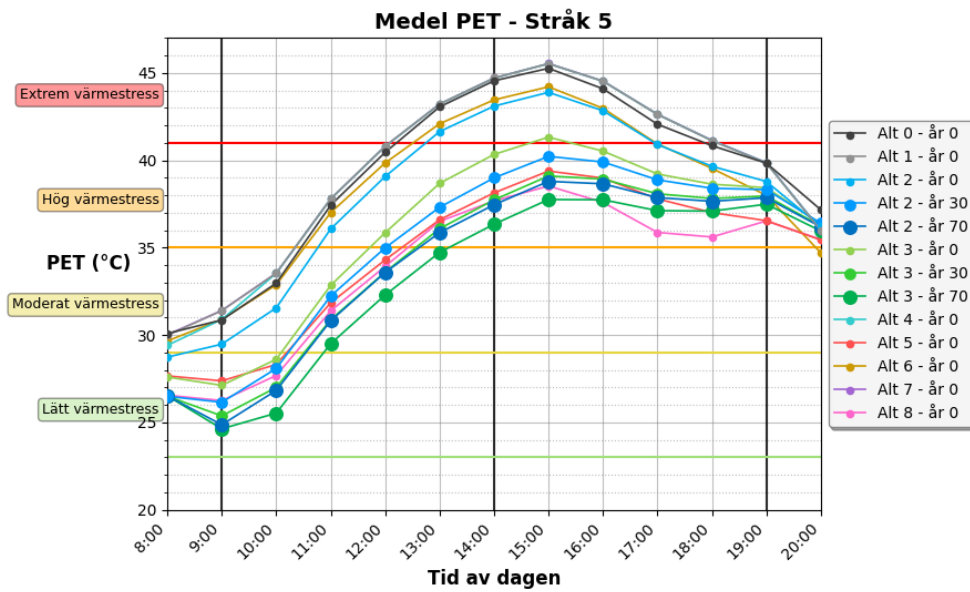


Extremt varm dag nutid (1994-07-26)

Inkluderar även trädens förändrade skuggning över tid.







Bilaga 9 – Lorensborgsgatan, grafer över värmestress

Högsommardag nutid (2022-06-24)

Inkluderar även trädens förändrade skuggning över tid.

Stråk 1

Alt 0 MK 4

Alt 1 – träd år 0 MK 14

Alt 1 – träd år 30 MK 15

Alt 1 – träd år 70 MK 16

Alt 3 – träd år 0 MK 26

Alt 3 – träd år 30 MK 27

Alt 3 – träd år 70 MK 28

Stråk 2

Alt 0 MK 4

Alt 1 – träd år 0 MK 14

Alt 1 – träd år 30 MK 15

Alt 1 – träd år 70 MK 16

Alt 3 – träd år 0 MK 26

Alt 3 – träd år 30 MK 27

Alt 3 – träd år 70 MK 28

Stråk 3

Alt 0 MK 4

Alt 1 – träd år 0 MK 14

Alt 1 – träd år 30 MK 15

Alt 1 – träd år 70 MK 16

Alt 3 – träd år 0 MK 26

Alt 3 – träd år 30 MK 27

Alt 3 – träd år 70 MK 28

Stråk 4

Alt 0 MK 4

Alt 1 – träd år 0 MK 14
 Alt 1 – träd år 30 MK 15
 Alt 1 – träd år 70 MK 16
 Alt 3 – träd år 0 MK 26
 Alt 3 – träd år 30 MK 27
 Alt 3 – träd år 70 MK 28

Stråk 5

Alt 0 MK 4
 Alt 1 – träd år 0 MK 14
 Alt 1 – träd år 30 MK 15
 Alt 1 – träd år 70 MK 16
 Alt 3 – träd år 0 MK 26
 Alt 3 – träd år 30 MK 27
 Alt 3 – träd år 70 MK 28

Stråk 6

Alt 0 MK 4
 Alt 1 – träd år 0 MK 14
 Alt 1 – träd år 30 MK 15
 Alt 1 – träd år 70 MK 16
 Alt 3 – träd år 0 MK 26
 Alt 3 – träd år 30 MK 27
 Alt 3 – träd år 70 MK 28

Stråk 7

Alt 0 MK 4
 Alt 1 – träd år 0 MK 14
 Alt 1 – träd år 30 MK 15
 Alt 1 – träd år 70 MK 16
 Alt 3 – träd år 0 MK 26
 Alt 3 – träd år 30 MK 27
 Alt 3 – träd år 70 MK 28

Stråk 8

Alt 0 MK 4

Alt 1 – träd år 0 MK 14

Alt 1 – träd år 30 MK 15

Alt 1 – träd år 70 MK 16

Alt 3 – träd år 0 MK 26

Alt 3 – träd år 30 MK 27

Alt 3 – träd år 70 MK 28

Stråk 9

Alt 0 MK 4

Alt 1 – träd år 0 MK 14

Alt 1 – träd år 30 MK 15

Alt 1 – träd år 70 MK 16

Alt 3 – träd år 0 MK 26

Alt 3 – träd år 30 MK 27

Alt 3 – träd år 70 MK 28

Stråk 10

Alt 0 MK 4

Alt 1 – träd år 0 MK 14

Alt 1 – träd år 30 MK 15

Alt 1 – träd år 70 MK 16

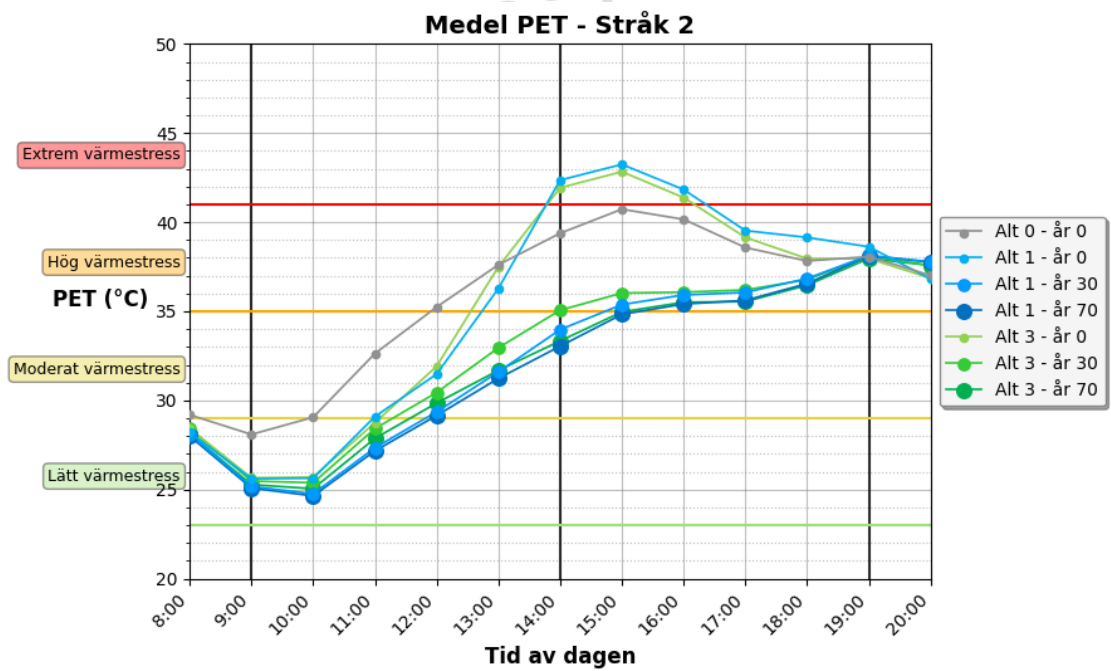
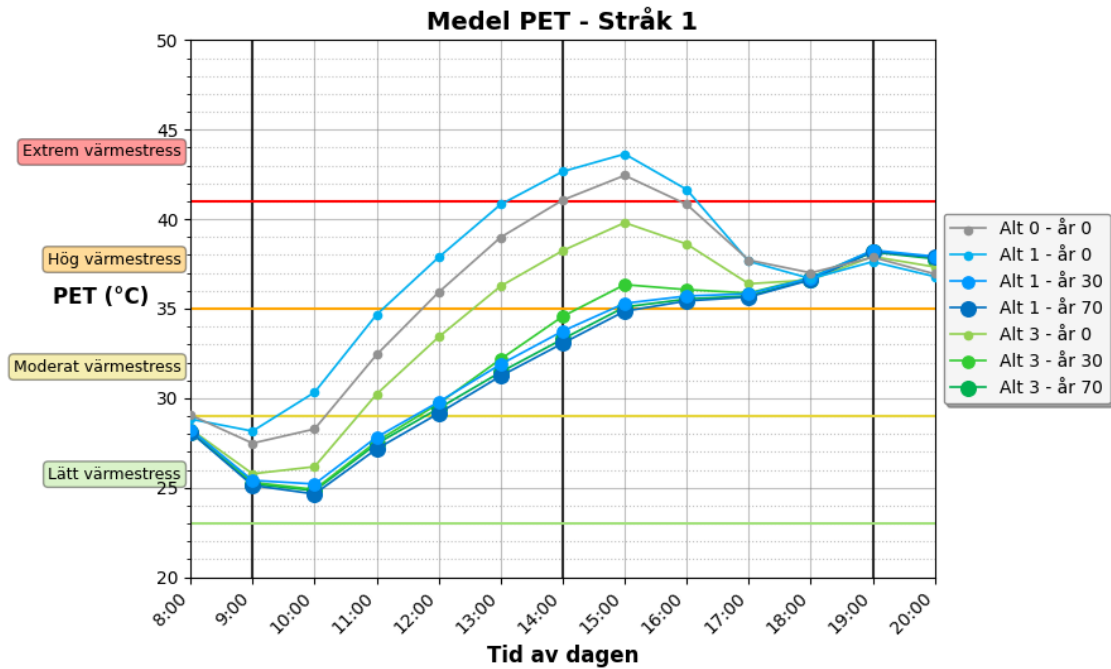
Alt 3 – träd år 0 MK 26

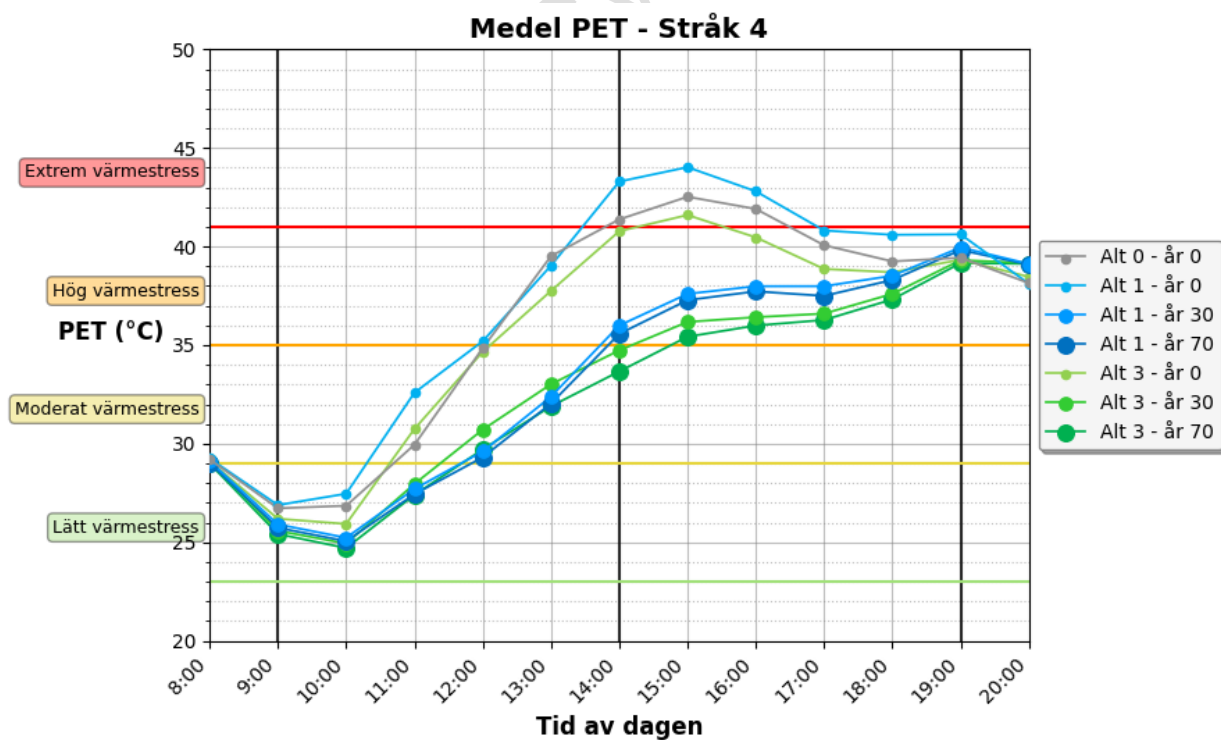
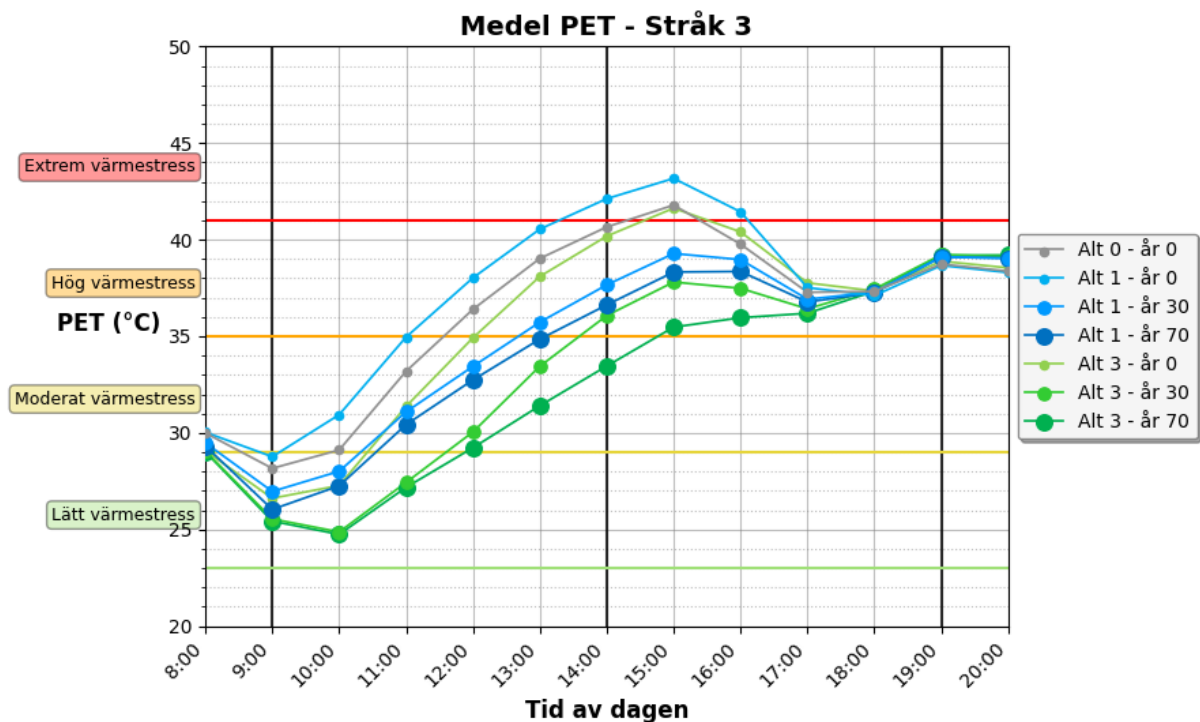
Alt 3 – träd år 30 MK 27

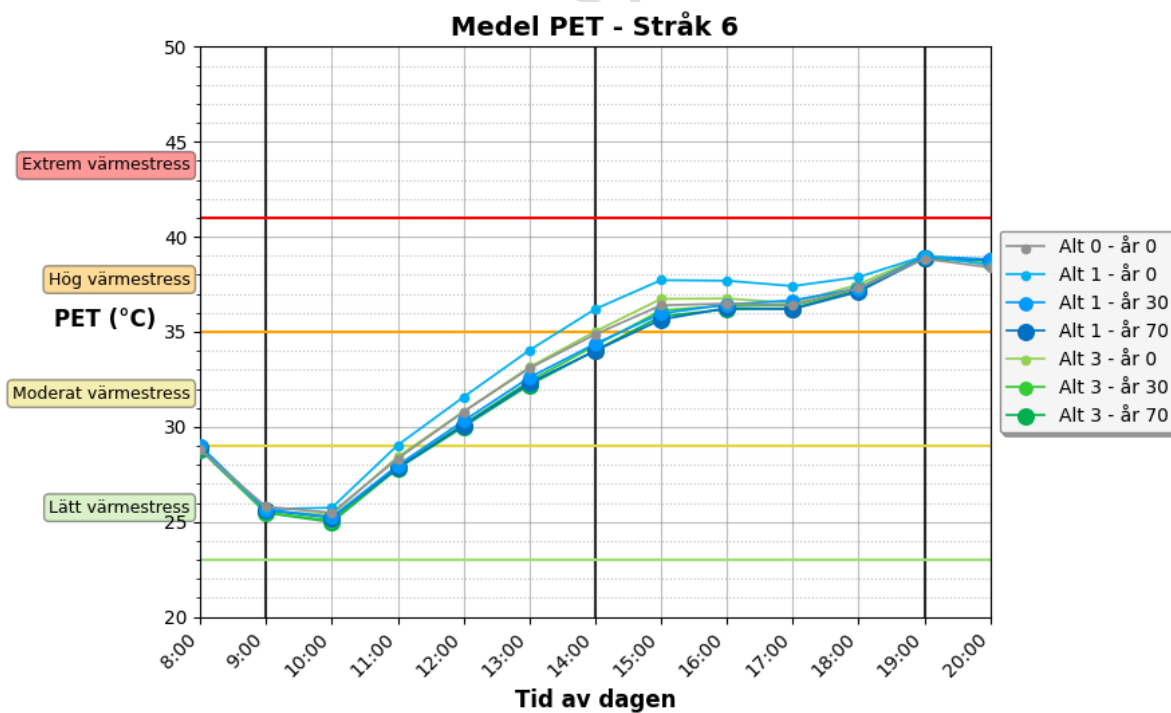
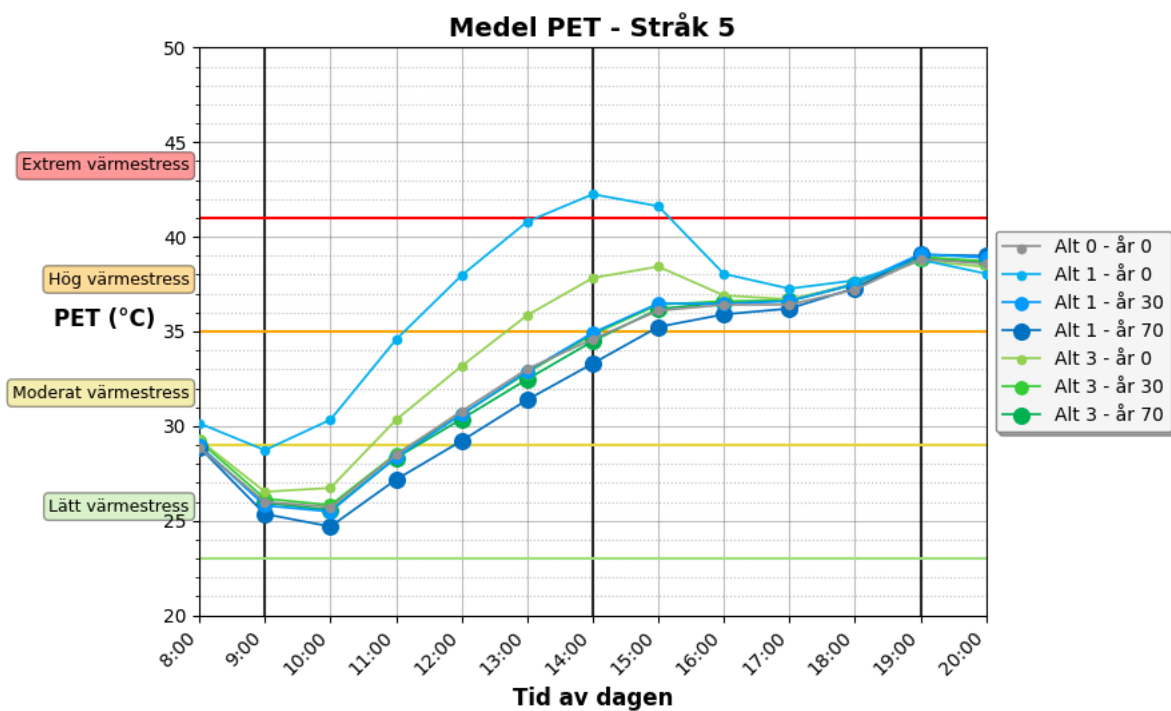
Alt 3 – träd år 70 MK 28

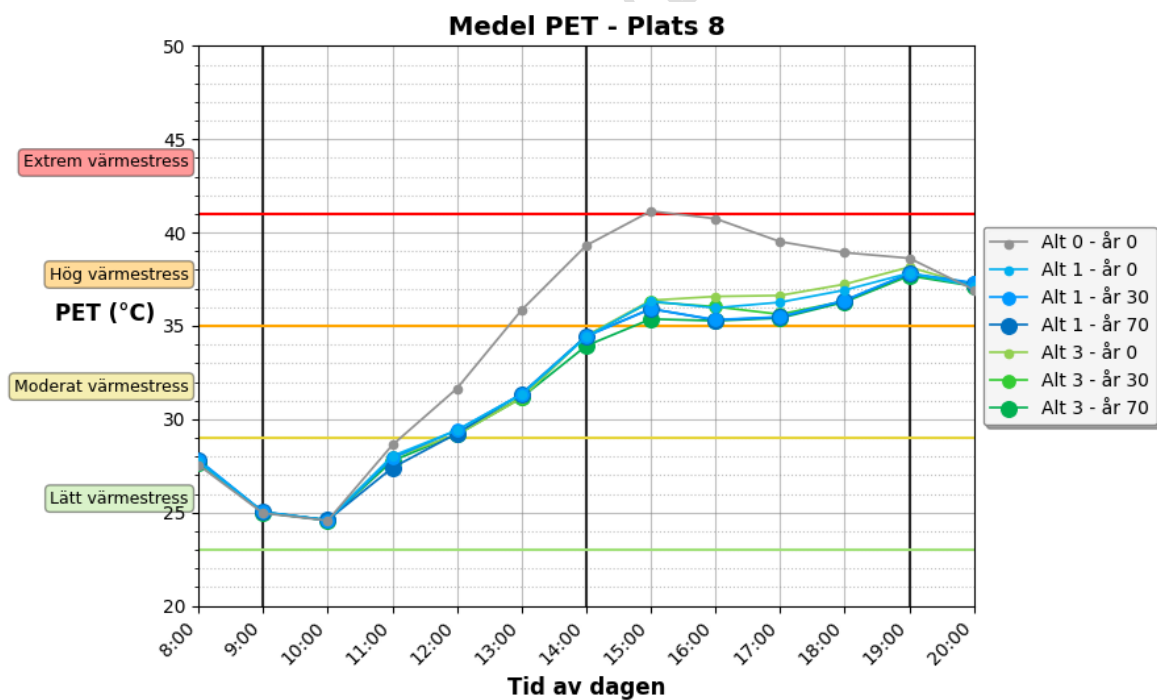
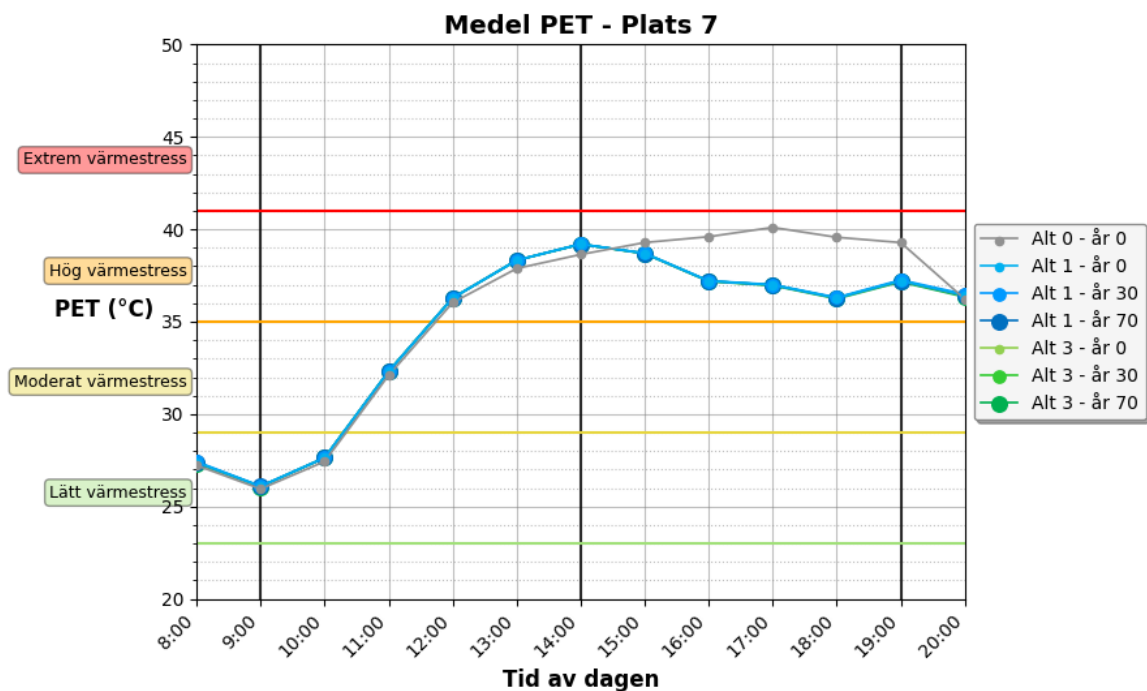
Extremt varm dag nutid (1994-07-26)

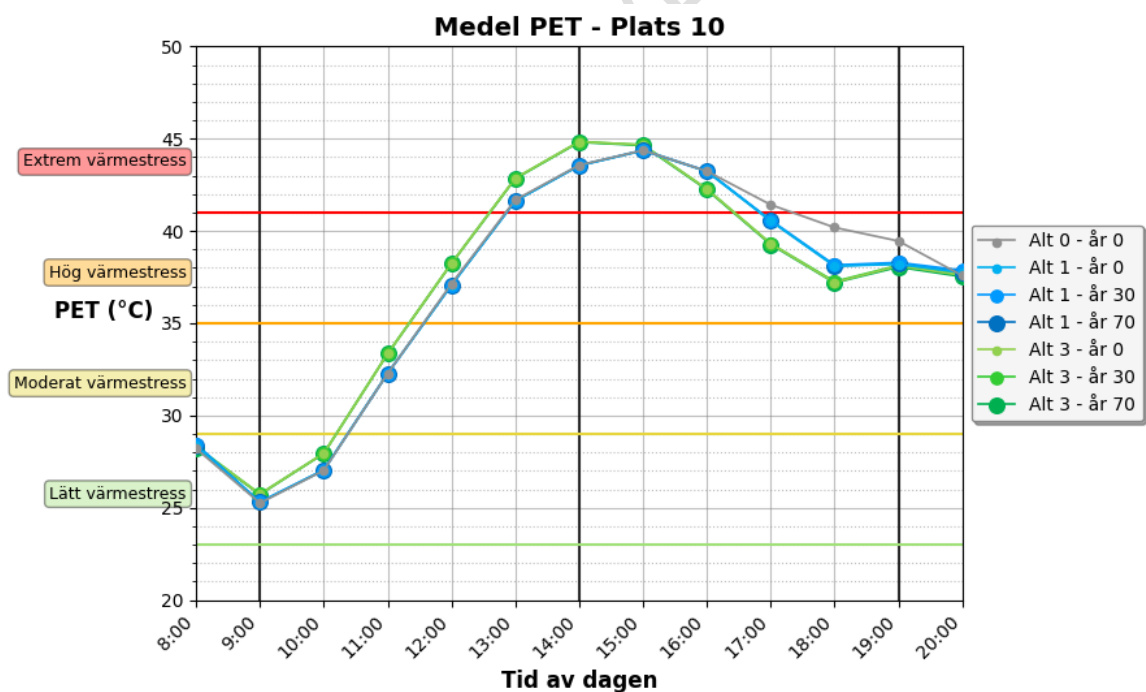
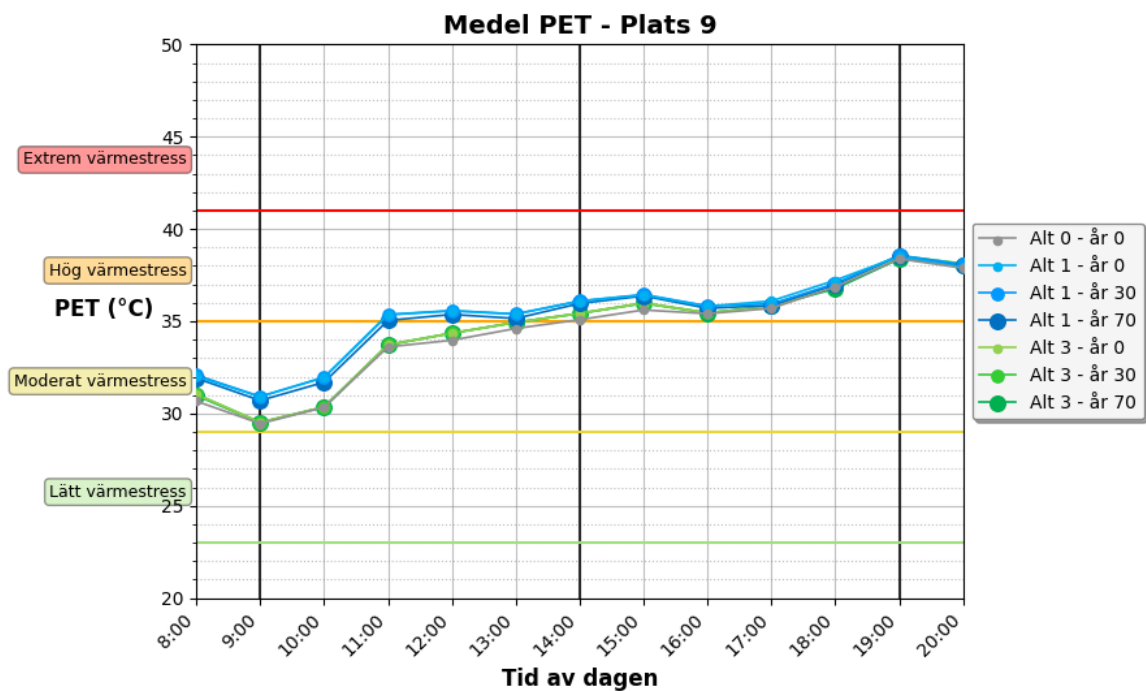
Inkluderar även trädens förändrade skuggning över tid.











Bilaga 10 - Jämförelse mellan PET-modellen och SOLWEIG

Jämförelse mellan Holländska modellen och SOLWEIG för strålningstemperatur

Medelvärde strålningstemperatur SOLWEIG (08:00-20:00)

SMÖRKAJEN

LORENSBORGSGATAN

Medelvärde PET – SOLWEIG (08:00-20:00)

SMÖRKAJEN

LORENSBORGSGATAN

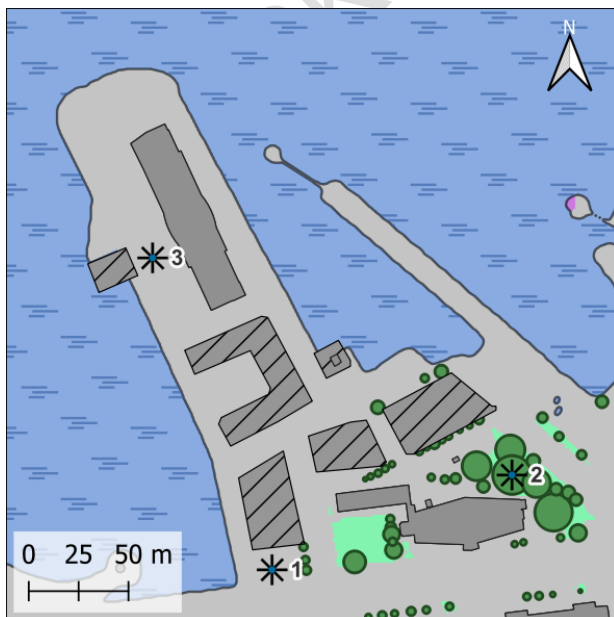
Medelvärde PET – Holländska (08:00-20:00)

SMÖRKAJEN

LORENSBORGSGATAN

GRAFER – PET

Punktjämförelser – SMÖRKAJEN – Punkt 1, 2, 3 – Samma punkter som under kapitel 5.1



Högsommardag – Punkt 1, 2 och 3 (08:00-20:00)

MK 60 PET - Holländska

MK 60 PET – SOLWEIG

Högsommardag – Punkt 1, 2 och 3 (00:00-24:00)

MK 60 PET - Holländska

MK 60 PET – SOLWEIG

MK 60 Strålningstemperatur - SOLWEIG

Extremt varm sommardag – Punkt 1, 2 och 3 (08:00-20:00)

MK 51 PET - Holländska

MK 51 PET – SOLWEIG

Extremt varm sommardag – Punkt 1, 2 och 3 (00:00-24:00)

MK 51 PET - Holländska

MK 51 PET – SOLWEIG

MK 51 Strålningstemperatur - SOLWEIG