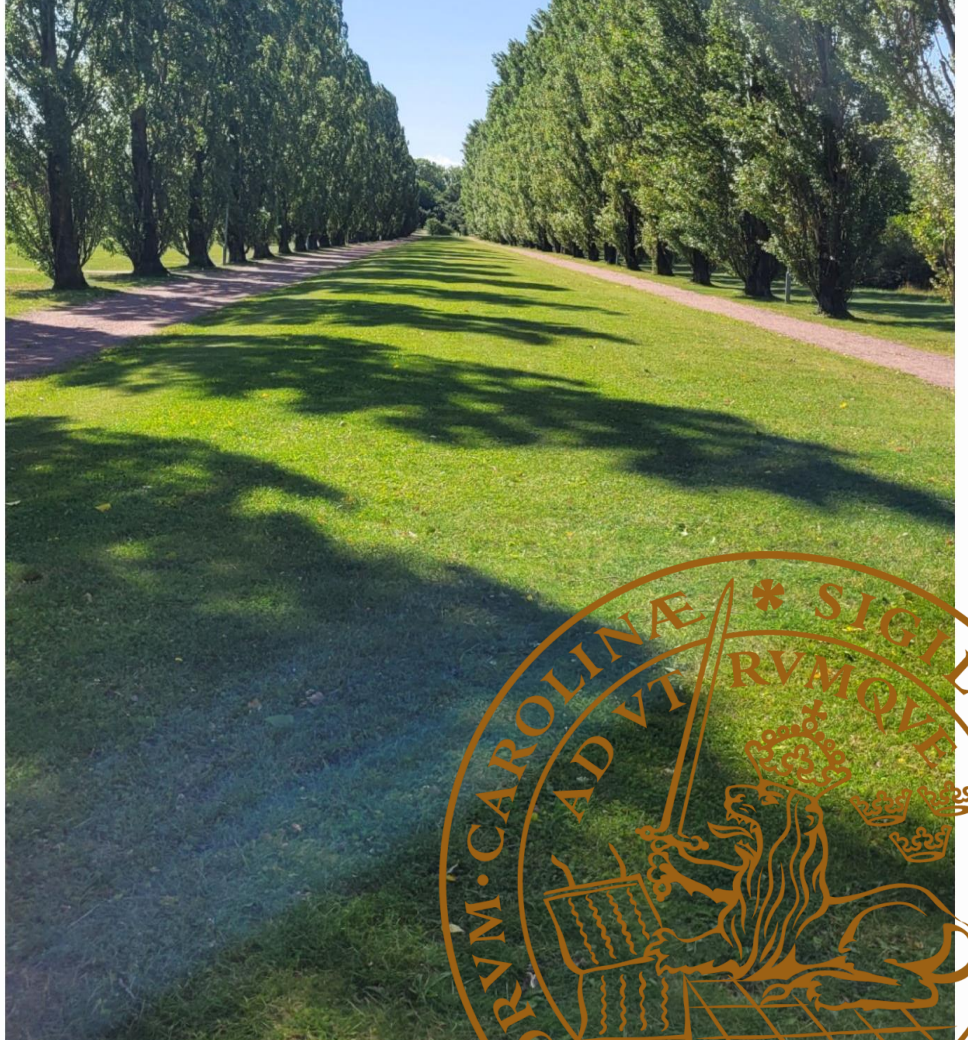


# Stadsträdens resiliens under ett förändrat klimat

En fallstudie i Malmö stad

KATHARINA BORGSTRÖM-LOHDE 2024  
MVEM14 EXAMENSARBETE FÖR MASTEREXAMEN 30 HP  
MILJÖVETENSKAP | LUNDS UNIVERSITET





# Stadsträdens resiliens under ett förändrat klimat

En fallstudie i Malmö stad

Katharina Borgström-Lohde

2024



**LUNDS**  
UNIVERSITET

Katharina Borgström-Lohde

MVEM14 Examensarbete för Masterexamen 30 hp, Lunds universitet

Huvudhandledare: Peter Olsson, CEC, Lunds universitet

Biträdande handledare: Helena Hanson, CEC, Lunds universitet

CEC - Centrum för miljö- och klimatvetenskap

Lunds universitet

Lund 2024

# Abstract

Recent years of reoccurring heatwaves in urban areas have led to an awareness of the negative effect heat can have on people and ecosystems. Trees play an important role in cooling urban areas but need to maintain their vitality to do so. Therefore, this paper aims to investigate the resilience of the tree community in Malmö from the perspective of an increased mean annual temperature (MAT). In this study, the effect an increased MAT could have on a single tree individual is investigated. Therefore, each tree was assigned a risk value for MAT which were then combined to estimate the possible impact on the resilience of the tree community in Malmö. Approximately 40 000 trees were analysed for the climate scenarios RCP4.5 and RCP6.0 for the years 2050 and 2070. Beside that a possible difference in risk values for MAT between districts, later planted trees and native trees was investigated. This was done by analysing tree data, climate data as well as a heatmap. Maps were created in Q-GIS and different statistical analyses were carried out in R-studio. The results show that up to 94% of the investigated tree individuals and approx. 72% of the investigated species in Malmö will experience a nonoptimal MAT. It can be concluded that trees can play an important role for a future heat mitigation strategy. Furthermore, it is important for cities to investigate their tree community not only on a species level but also on an individual level. This since it is common that a few tree species make up a big proportion of the total community, which could lead to an increased vulnerability in the tree community.

**Keywords:** Urban Trees, Stadsträd, Klimatförändring, Värmeöar, Stadsplanering, Ekosystemtjänster, Climate resilience



# Populärvetenskaplig sammanfattning

Solen skiner, det är tidigt på morgonen och det känns redan varmt i staden. En sådan dag är det många som söker svalkan, men vart ska de gå i städerna?

Stadsmiljön domineras ofta av bebyggelse, gator och andra hårdgjorda ytor som kan upplevas väldigt varma. Många söker sig till områden i städer där de kan svalka sig och undkomma värmen, vilket blir allt viktigare för invånare i urbana områden och städer. Parker och andra områden som skuggas av träd kan vara viktiga eftersom dessa områden kan skilja sig i temperatur jämfört med deras omkringliggande områden. Idag är det känt att grönområden, parker och träd kan bidra till att förbättra såväl fysisk som psykisk hälsa. Uppkomsten av värmeöar i städerna är ett alltmer uppmärksammat fenomen och möjligheten att grönska kan motverka detta och samtidigt leverera olika ekosystemtjänster som ren luft, hantera vatten efter extremt regn med mera blir allt viktigare. I en tid där det frekvent rapporteras om varmare somrar och nya varmerecord sätts världen över är det av stor betydelse att kunna möta dessa utmaningar.

Frågan som kommer upp i detta sammanhang är hur våra träd mår idag? Hur kan de tolerera framtida förhållanden som prognostiseras vara torrare och varmare. Därför är det viktigt att undersöka trädens resiliens, bland annat trädens tolerans mot förändrade temperaturer och regnmönster för att utifrån resultaten bygga upp ett motståndskraftigt och resilient trädbestånd i städerna.

För att förstå hur träden kommer kunna tolerera framtida klimatförändring har det undersökts huruvida 169 trädarter i Malmö kommer kunna tolerera de förutsagda förändringarna i avseende till årsmedeltemperatur.

För stadsplanerare och landskapsarkitekter är det viktigt att kunna planera en stads trädbestånd så att det är motståndskraftigt och kan fortsätta vara små oaser i städer för människor och andra levande organismer. Frågan som behövs undersökas är hur bra de befintliga stadsträden klarar framtida värmeextremer och klimatförändring.





# Innehållsförteckning

## Innehåll

<b>Abstract .....</b>	<b>3</b>
<b>Populärvetenskaplig sammanfattning .....</b>	<b>5</b>
<b>Innehållsförteckning .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Inledning .....</b>	<b>11</b>
1.1 Klimatförändringar .....	11
1.2 Värmeöar och mikroklimat .....	12
1.3 Naturbaserade lösningar .....	13
1.4 Stadsträdens funktioner och deras effekt på mikroklimat .....	14
1.5 Att tänka på diversitet .....	14
1.6 Syfte .....	15
1.7 Frågeställningar .....	15
1.8 Angränsning .....	16
1.9 Etiska reflektion .....	16
<b>2. Bakgrund .....</b>	<b>17</b>
2.1 Konventioner och mål för att motverka klimatförändringens negativa konsekvenser .....	17
2.1.1 Klimatkonvention .....	17
2.1.2 Parisavtal .....	17
2.1.3 Globala mål .....	18
2.1.4 Nationella mål .....	18
2.2 Olika RCP:er (Representative Concentration Pathways, RCP) .....	19
2.2.1 Trädens funktion i städer .....	19
2.2.2 Inhemska eller icke inhemska arter .....	20
2.2.3 Hur jobbar Malmö stad och andra städer idag med deras trädbestånd .....	20

<b>3. Material och Metod .....</b>	<b>23</b>
3.1 <i>Beskrivning av området och Malmö som fallstudie .....</i>	23
3.1.1 Framtida klimat i Skåne .....	23
3.2 <i>Insamling och beskrivning av data .....</i>	24
3.2.1 Malmö träd databas.....	24
3.2.2 Trädens tolerans mot förändrade klimatförutsättningar .....	24
3.2.3 Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) värmekartering.....	25
3.3 <i>Databearbetning och analys.....</i>	25
3.3.1 Analys .....	25
3.3.2 Programvaror .....	27
3.3.3 Grafisk schema över analysen.....	28
<b>4 Resultat.....</b>	<b>29</b>
4.1 <i>Resiliens hos träden i Malmö och deras fördelning mellan olika riskklasser för     årsmedeltemperatur.....</i>	29
4.2 <i>Bättre förutsättningar för träd planterade sedan år 2000?.....</i>	35
4.3 <i>Finns det några skillnader mellan de olika distrikten i Malmö med avseende på resiliens och     utsatthet.....</i>	35
4.4 <i>Resiliens hos inhemska träd mot en förändrad årsmedeltemperatur.....</i>	41
<b>5. Diskussion .....</b>	<b>43</b>
5.1 <i>Hur stor andel av de undersökta träden kommer kunna tolerera ett förändrat klimat med     fokus på årsmedeltemperaturen och skulle det kunna ha en negativ effekt på trädens kylande     effekt? .....</i>	44
5.2 <i>Finns det några skillnader mellan de olika distrikten med avseende på resiliens och     utsatthet? .....</i>	45
5.3 <i>På vilket sätt skiljer sig träden som planterades från 2000 fram till 2018 i resiliens jämfört     med alla undersökta träd i avseende på sårbarhet för en ökad årsmedeltemperatur under ett     förändrat klimat.....</i>	46
5.4 <i>Hur många av de i Sverige 30 inhemska trädarterna är planterade i Malmö stad samt hur     bra är deras förmåga att kunna tolerera en förändring av årsmedeltemperatur.....</i>	47
5.5 <i>Osäkerheter i rapporten och vidare forskning .....</i>	48
5.5.1 Inkluderar andra RCP samt tidpunkter och andra faktorer.....	48
5.5.2 Utöka undersökningsmaterialet.....	48
5.5.3 Multipla stressfaktorer och hur de kan tas med i analysen.....	49
5.5.4 Förändrat klimat och förändrad klimatzon .....	49

5.5.5 Andra möjligheter till vidare studier .....	50
<b>6. Slutsatser .....</b>	<b>52</b>
<b>Tack .....</b>	<b>54</b>
<b>Referenser .....</b>	<b>56</b>
<b>Bilagor .....</b>	<b>65</b>



# 1. Inledning

Klimatförändringar påverkar människor över hela världen, men på olika sätt. Inte sällan står det i nyheterna om dess följder så som extremt regn som medför översvämning (SVT Nyheter Gävleborg, 2023), samt extrem värme och värmeöar (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), 2018; Sveriges television (SVT) Nyheter, 2024). I städer blir dessa fenomen intensivare. Städer som t.ex. Aten har därför planer att plantera fler träd för att motverka detta (Aftonbladet, 2024). Olika studier har fokuserat på hur bra och effektiva träden kylvärmer städer och vilken betydelse inkludering av olika arter kan ha samt huruvida de befintliga arterna kan tolerera ett förändrat klimat (Rahman et al., 2020; Sjöman & Busse Nielsen, 2010; Wang et al., 2021). I detta arbete undersöks resiliensen Malmöstrads träd på individnivå mot ett förändrat klimat. I städer planteras olika trädarter i olika kvantiteter av olika anledningar. För att kunna riskbedöma en stads trädbestånd är det därför viktigt att analysera detta på individnivå eftersom en analys på art nivå inte ger en helhetsbild.

## 1.1 Klimatförändringar

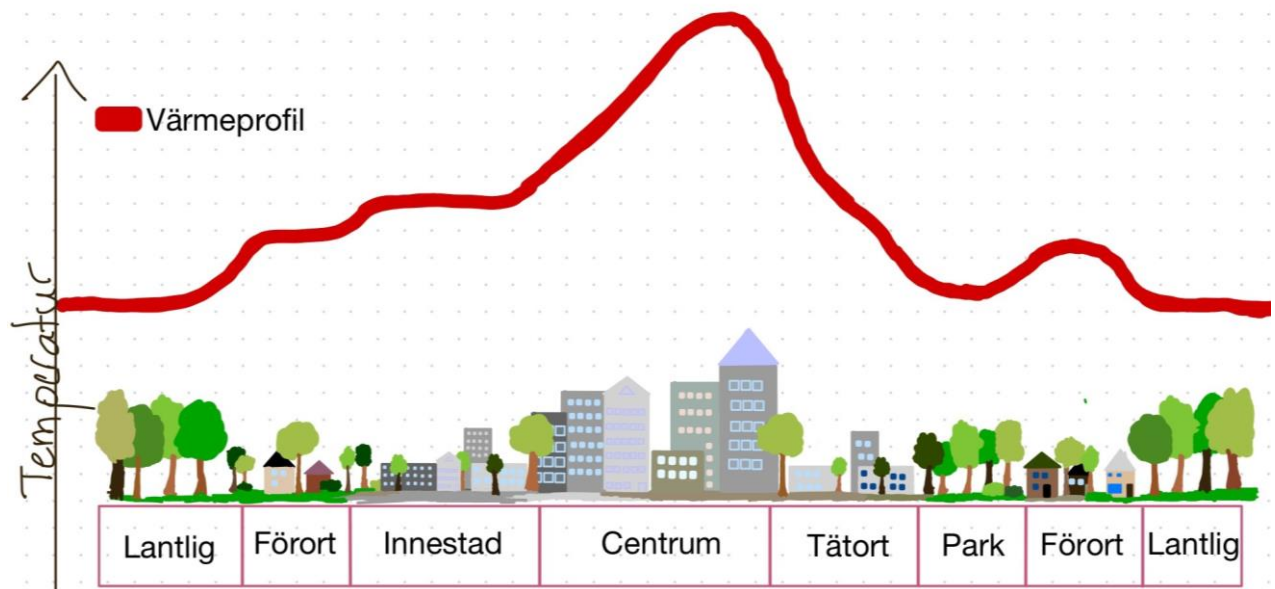
Världen står inför många utmaningar, däribland den pågående klimat- och biodiversitetskrisen (Naturvårdsverket, 2021b). Under decennier har utsläppet av olika typer av växthusgaser ökat, vilket leder till stigande temperaturer (The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023). Enligt IPCC:s rapport från 2023 kommer utsläppen och därmed temperaturen öka under den närmaste framtiden. Utsläppen leder till ett förändrat klimat såsom flera och längre torrperioder, ökad max- och genomsnittstemperatur och, förändring av nederbörds-mönster med mera. Ett förändrat klimat kan leda till att extrema väderhändelser sker oftare och med en ökad intensitet. Ett exempel på detta är värmeböljor som idag återkommer ca var 20e år och under framtida klimat förutspås kunna återkomma med tre årsintervall. Dessa förändringar kommer påverka människor, djur och ekosystem men intensiteten kan skilja sig åt beroende på den geografiska platsen. Klimatförändringens negativa konsekvenser kan intensifieras ytterligare beroende på den befintliga miljön, där urbana miljöer är et exempel (IPCC, 2023).

## 1.2 Värmeöar och mikroklimat

Urbaniseringen leder till ett modifierat landskap med en förändrade energibalans (Taha, 1997) vilket kan leda till mikroklimat i dessa områden som skiljer sig från omgivningen (Bowler et al., 2010; de Quadros & Mizgier, 2023). Under det senaste århundradet har det skett ett stort skifte i var befolkningen bor från att nära 90% av Sveriges befolkningen bodde på landet till att 85% numera bor i urbana områden (Statistikmyndigheten, 2015). Liknade trender kan observeras i andra delar av världen till exempel Nordamerika, Brasilien med flera (United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division, 2018).

Ett specifikt fenomen till följd av detta är uppkomsten av värmeöar, vilket är områden som påvisar en högre temperatur jämfört med sin omgivning (Taha, 1997). Underliggande mekanismer som bidrar till bildningen av värmeöar är flera, så som ett förändrat lägre albedo av bebyggelse jämfört med naturliga habitat (Ouyang et al., 2022), större kapacitet att lagra värme i bebyggelse och infrastrukturanläggningar, mindre grönytor, högre andel hårdgjorda ytor samt ökade utsläpp av värme genom mänsklig aktivitet (Taha, 1997). Albedo kan definieras som en ytas förmåga att reflektera inkommande solstrålning. Ljusa ytor kan reflektera en större andel av den inkommande strålningen än mörka och värms därmed inte upp lika mycket (Norwegian Polar Institute, u.å). Intensiteten av värmeöar kan variera i urbana miljöer och brukar vara högst i centrala delar av städer (figur 1). Magnituden av värmeöar definieras som skillnaden mellan väderstationer i staden och de i närliggande lantliga miljöer. Uppkomsten av värmeöar kan resultera i negativa konsekvenser för människor och natur. Dessa omfattar ökad utsatthet för värmestress, degradering av livsmiljön samt försämrad hälsa och välmående hos människor (de Quadros & Mizgier, 2023; IPCC, 2023).

Ett sätt att försöka minska dessa negativa effekter är att integrera en större andel natur i städer, ofta kallat naturbaserade lösningar (IPCC, 2023).



**Figur 1 Temperaturprofil i städer**

Temperatur profil över olika urbana miljöer inspirerat av Copernicus European Commission (u.å.) och skapat av Katharina Borgström-Lohde

### 1.3 Naturbaserade lösningar

Under de senare åren har utmaningar och negativa konsekvenser till följd av klimatförändringar blivit allt större. Ett sätt att möta klimatförändringens negativa konsekvenser är att integrera fler naturbaserade lösningar i skogar, lantbruk, kustmiljö och urbana miljöer. Inom städer har det hitintills används grå infrastruktur för att hantera dessa utmaningar, men för att uppnå en mer hållbar utveckling behövs det kompletterande alternativ. Naturbaserade lösningar som inkluderar både grön och blå infrastruktur kan spela en viktig roll (Naturvårdsverket, 2021b). Naturbaserade lösningar lyfts bland annat av IPCC (IPCC, 2023) som en viktig del i att kunna möta och lösa både klimat och biodiversitets krisen i framtiden.

I urbana miljöer kan träd tillhandhålla olika ekosystemtjänster som t.ex. temperaturregulering, minskad översvänningsrisk, minskad buller- och luftföroreningsbelastning och möjlighet till rekreation med flera (Boverket, u.å.).

I denna rapport ligger fokus på den urbana miljö och trädens förmåga att kyla denna urbana miljö och därmed förbättra mikroklimatet. I urbana miljöer används träd på olika sätt som till exempel. gatuträd, i parker, alléer eller som små grupper som exempelvis *pockets parks* på olika typer av underlag. En bra planerad och rätt

implementerad naturbaserad lösning kan bidra med många positiva effekter (Seddon et al., 2020).

## 1.4 Stadsträdens funktioner och deras effekt på mikroklimat

Träd kan ha stor effekt på sin omgivande termiska miljö (de Quadros & Mizgier, 2023). Dessa positiva effekter är inte bara märkbara vid trädet utan också i dess omgivning (Chang & Li, 2014).

Det är två huvudmekanismer som utgör trädens kylningsförmåga: 1), dess förmåga att skugga sin omgivning och 2) dess förmåga att transpirera vatten (Rahman et al., 2020). Hur effektivt träden kan motverka uppkomsten av värmeöar beror på flera faktorer (Oke, 2006) t.ex. trädets vitalitet, storlek och krontäckning (Rahman et al., 2020; Sjöman et al., 2024).

Rahman et al. undersökte i sin rapport från 2020 olika faktorer som kan ha inverkan på trädens förmåga att bidra till en svalare miljö i städer. En av huvudfaktorerna som nämns i deras rapport är val av trädart vilken bör väljas utifrån den specifika platsen där den ska planteras och efter det rådande klimatet.

Med begränsad yt-tillgång i städer för klimatanpassning är multifunktionella lösningar önskvärda och träd kan vara en del av lösningen se kap. 1.3.

## 1.5 Att tänka på diversitet

Målet med att planera en stads trädbestånd är att det ska vara vitalt och ha en hög resiliens (Pretsch et al., 2023). En av huvudfrågorna är vilka trädarter som ska planteras för att åstadkomma detta. Här ligger den största utmaningen för trädgårdsingenjörer, ekologer, stadsplanerare med flera. En på senare tid mer använd tumregel är 10-20-30 som introducerades av Frank S. Santamour (2003). Tumregeln syftar till att det inte ska förekomma mer än 10% av en art, 20% av ett släkte och 30% av en familj av träd. Detta kan bidra till att minska utsattheten för sjukdomsanfall som t.ex. almsjukan (Raupp et al., 2006) samt negativ påverkan till följd av klimatförändringar (Cheng et al., 2021). Denna regel har använts och lett till ett mer diversit trädbestånd i olika städer. Av det ovan nämnda riktmärket är det många städer som är nära att nå mål för familj och släkte medan riktvärdet i för art inte uppnås i samma utsträckning (Kendal et al., 2014).



## 1.6 Syfte

Syftet med denna studie är att riskbedöma trädets resiliens mot ett förändrat klimat. Som ett fall analyseras Malmö stads trädbestånd utifrån data från 2018, inklusive dess artvariation och fördelningen av antalet träd i olika distrikt. Detta för att kunna kartlägga de olika trädarternas tolerans mot ett förändrat klimat och därmed kunna bibehålla sin förmåga att dämpa uppvärmningen och kyla de urbana miljöer som de befinner sig i.

Med begreppet resiliens avses i detta projekt följande definition: ”Ekosystems förmåga att under förändrade omständigheter eller efter en störning kunna återhämta sig och fortsätta leverera ekosystemtjänsterna” (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), 2013).

I denna studie analyserades och riskbedömdes Malmö trädbeståndets resiliens mot ett förändrat klimat och dess möjlighet att kyla ner staden och motverka uppkomsten av värmeöar i ett framtida klimat.

## 1.7 Frågeställningar

Hur stor andel av de undersökta träden kommer kunna tolerera ett förändrat klimat med fokus på årsmedeltemperaturen och skulle det kunna ha en negativ effekt på trädets kylande effekt?

Finns det några skillnader mellan de olika distrikten i Malmö med avseende på resiliens och utsatthet?

På vilket sätt skiljer sig träden som planterades från 2000 fram till 2018 i resiliens jämfört med alla undersökta träd i avseende på sårbarhet för en ökad årsmedeltemperatur under ett förändrat klimat?

Hur många av de i Sverige 30 inhemska trädarterna är planterade i Malmö stad samt hur bra är deras förmåga att kunna tolerera en förändring av årsmedeltemperatur?

## 1.8 Avgränsning

Under projektet kommer inte trädens påverkan på luftföroreningar, buller, vattenhantering samt påverkan på den mentala hälsan eller, kolinlagrings kapacitet med mera att analyseras. Vidare undersöks inte i vilka områden det hade varit möjligt att integrera fler träd. Endast effekter av en förändrad årsmedeltemperatur (MAT) kommer att analyseras. Undersökning av aspekter som nederbörd eller maxtemperatur inkluderas inte i analysen. Förutom det så görs det en geografisk avgränsning till arealen av Malmö stad och de träd som finns i Malmö stads träddatabas.

## 1.9 Etiska reflektion

I denna rapport analyseras data för att kunna bedöma risker för olika träd. Allt material och software som används refereras till respektive författare. Analysen har genomförts på ett sådan sätt att det ska kunna bidra till att förstå komplexiteten och helheten av trädplantering i urbana miljöer. Därför har det inkluderats så många träd som möjligt.

## 2. Bakgrund

Klimatförändring är ett mycket uppmärksammat ämne idag. Det diskuteras över hela världen både i stora internationella sammanhang och på lokal nivå. Samtidigt blir allmänheten alltmer medveten om de utmaningar som dessa förändringar medför. För att minimera klimatförändringens negativa konsekvenser och förbättra arbetet finns det olika konventioner samt globala och nationella mål.

### 2.1 Konventioner och mål för att motverka klimatförändringens negativa konsekvenser

#### 2.1.1 Klimatkonvention

Det officiella namnet för klimatkonventionen är United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Konventionen arbetades fram av FN och trädde i kraft 1994. Ändamålet är att införa åtgärder för att begränsa klimatförändringen. Den tillkom eftersom klimatförändringen är en av de största framtida utmaningarna som alla bidrar till och påverkas av i olika omfattning. Parisavtalet, (se nedan), är kopplat till klimatkonvention (Naturvårdsverket, u.å.-a).

#### 2.1.2 Parisavtal

Parisavtalet trädde i kraft i november 2016 och är ett globalt avtal rörande begränsning av den globala uppvärmningen samt att stödja de som drabbas av klimatförändringens negativa följder. Ett av målen med avtalet är att hålla den globala uppvärmningen under 2 °C och försöka att begränsa den till 1,5 °C. Samtidigt strävas det efter att förbättra anpassningsförmågan till klimatförändringens negativa effekter och handskas med uppkomna skador. För att dokumentera och planera åtgärder finns det en regelbok kopplad till avtalet. Enligt Naturvårdsverket har nästan alla länder i världen skrivit under avtalet som följs upp var femte år (Naturvårdsverket, u.å.-b).

### 2.1.3 Globala mål

Globala och nationella mål har tagits fram för att bedriva ett arbete mot en mer hållbar och rättvis framtid för kommande generationer.

Globalt finns det så kallade Agenda 2030 som antogs av Förenta nationerna (FN) i september 2015. Agenda 2030 innehåller 17 globala hållbarhetsmål som i sin tur består av flera delmål. FN:s 193 medlemsländer ledde arbetet att ta fram dessa 17 mål och deras delmål. I detta arbete anses mål 13 *bekämpa klimatförändringar* och mål 11 *hållbara städer och samhällen* som mest relevant (FN:s utvecklingsprogram (UNDP), 2023).

### 2.1.4 Nationella mål

För att jobba mot ett mer hållbart samhälle i avseende till resurshållning, biodiversitet och klimatförändring har det arbetats fram olika nationella miljömål. I Sverige finns det idag 16 miljömål. I början bestod miljömålen av 15 mål som antogs 1999, sedan har det kontinuerligt jobbats med målen samt lagts till målet om ett rikt växt- och djurliv (Naturvårdsverket, 2021a).

Alla mål består av olika etappmål samt preciseringar och ett övergripande generationsmål. Det mest relevanta för detta arbete är målet om *att begränsa klimatpåverkan* samt *god bebyggd miljö*. Riksdagen har fastställt ett syfte för varje mål. Syftet med målet om att begränsa klimatpåverkan är att ”den globala medeltemperaturökningen begränsas till långt under 2 grader Celsius över förindustriell nivå och ansträngningar görs för att hålla ökningen under 1,5 grader Celsius över förindustriell nivå. Sverige ska verka internationellt för att det globala arbetet inriktas mot detta mål.” (Naturvårdsverket, 2018a)

Miljömålen om god bebyggd miljö definieras av riksdagen som följande:

”Städer, tätorter och annan bebyggd miljö ska utgöra en god och hälsosam livsmiljö samt medverka till en god regional och global miljö. Natur- och kulturvärden ska tas till vara och utvecklas. Byggnader och anläggningar ska lokaliseras och utformas på ett miljöanpassat sätt och så att en långsiktigt god hushållning med mark, vatten och andra resurser främjas” (Naturvårdsverket, 2023).

Målet om god bebyggd miljö har tio preciseringar som är fastställda av regeringen (Naturvårdsverket, 2018b).

## 2.2 Olika RCP:er (Representative Concentration Pathways, RCP)

För att kunna veta vad som kan förväntas under ett framtida förändrat klimat behövs det modeller och scenarion som kan indikera vilken typ av förändring och vilken omfattning dessa kan ha.

RCP:er är sådana scenarier och används i olika sammanhang. RCP:er är relativt kända bland allmänheten i dag och används bland annat av olika myndigheter så som Sveriges geologiska undersökning (SGU), Naturvårdsverket, IPCC med flera (Naturvårdsverket, 2024; SGU, 2020; IPCC, 2023). Scenariernas benämning kommer från de olika antaganden kring hur strålningsbalansen utvecklas och innefattar bland annat: scenarierna 2.6, 4.5, 6.0, och 8.5. Sifferna står för hur mycket av den inkommande strålningen som stannar inom atmosfären och anges i Watt/m<sup>2</sup>. De är baserade på olika antagande för framtiden som inkluderar utveckling av utsläpp av växthusgaser, förändringar i markanvändning som avskogning med mera. Scenarierna sträcker sig fram till 2100 (SMHI, 2013).

Scenarierna skulle kunna sammanfattas som att 2.6 är ett optimistiskt scenario, 4.5 och 6.0 en medelväg och 8.5 är ett scenario med största negativa påverkan där utsläppen fortsätter att öka (SGU, 2020; van Vuuren et al., 2011).

Enligt en analys av Collins et al. (2013) kommer de ovan nämnda scenarierna leda till olika uppvärmning av den genomsnittliga ytemperaturen. I jämförelse med ytemperaturen för tidsperioden 1986 – 2005 kommer temperaturen för åren 2081 – 2100 stiga för RCP2.6 med 0,3 °C – 1,7 °C, för RCP4.5 med 1.1 °C – 2,6 °C, för RCP6.0 med 1,4 °C – 3,1 °C och för RCP8.5 med 2,6 °C – 4,8 °C.

### 2.2.1 Trädens funktion i städer

Klimatanpassning av urbana miljöer blir allt viktigare under ett förändrat klimat och, som det nämnts i kap. 1.3 kan träd bidra med flera olika funktioner.

Trädens förmåga att motverka uppvärmning och bildning av värmeöar kan påverkas av olika faktorer och det är olika mekanismer som bidrar till en svalare urban miljö.

Ett exempel är en studie av Rahman et al. från 2019 som jämförde två olika arter av stadsträd i München. Det kunde påvisas en skillnad i kylningskapaciteten av markytans temperatur. Över gräsytor fastställdes en effekt på 3 °C för varje enhet av Leaf area index (LAI), medan det över asfalt kunde vara upp mot 6 °C för varje enhet LAI (Rahman et al., 2019).

Andra studier har fokuserat på parker i urbana miljöer och deras inverkan på den omkringliggande termiska miljön. Chang and Li (2014) kunde i sin studie i Taipei observera en generellt lägre temperatur i parker samt reducerad värmebelastningen i

omgivande områden. Dessutom konstaterade de att parker med en hög kylningseffekt tenderade att ha svalare omkringliggande miljöer. Parkernas kylande effekt kan upplevas i omgivande områden på upp till 840 meter avstånd, men kylningseffektens genomsnittliga räckvidd understeg 200 m (Lin et al., 2015).

Wang et al. (2021) har undersökt betydelsen av artdiversitet i urbana miljöer för trädens kylande effekt. Studiens resultat visade att ett högt Shannon-Wiener diversitetsindexvärde associeras med ett positivt samband på kylningseffekt. Rendon et al. (2024) har kommit fram till liknade resultat, det vill säga att ett högre Shannon-Wiener diversitetindex ger bättre kylningseffekt.

### 2.2.2 Inhemska eller icke inhemska arter

Diversitet inom urbana trädbestånd har undersökts ur olika hållbarhetsperspektiv, t.ex. angrepp av olika sjukdomar såsom almsjuka eller motståndskraft i ett förändrat klimat. Oftast handlar frågan om huruvida icke inhemska träd ska introduceras och hur deras påverkan på befintliga ekosystem eller biom skulle vara.

Frågan är komplex och måste betraktas från olika perspektivet och nyanseras (Davis et al., 2011). Sjöman et al. (2016) belyser frågan i sin publikation ur ett skandinaviskt perspektiv. Enligt Mossberg och Stenberg (2005) finns det 30 inhemska trädarter i Sverige. Sjöman et al. (2016) har i sin studie undersökt dessa 30 arter med avseende på två aspekter: utbrottsrisken för sjukdomar -och skadedjursangrepp samt i vilken mån arten förmår att överleva i stadens ofördelaktiga förutsättningar. Deras resultat visade att efter deras valda kriterier är det enbart fyra arter som skulle kunna användas. Vidare resonerar de att inkludera träd som inte är inhemska i Sverige idag, kan vara av fördel med tanke på det framtida klimatet (Sjöman et al., 2016).

Utbrottet av almsjukan (*Ophiostoma ulmi*) har visat hur nödvändig det är att ha ett diversifierat trädbestånd inom urbana miljöer. Malmö förlorade till exempel alla stora almar, och totalt fälldes fram till 2017 ca 40 000 träd på grund av sjukdomen (Malmö stad, 2017).

### 2.2.3 Hur jobbar Malmö stad och andra städer idag med deras trädbestånd

Idag är många städer och kommuner medvetna om betydelsen av grönska och träd både för mikroklimat och mentalt välmående, så också i Sverige (Boverket, u.å.). I flera städer har det inkluderats trädplaner eller trädstrategier t.ex. Malmö (Wirén, 2005), Lund (Lund kommun, 2024), Uppsala, (Uppsala kommun, 2024) och Kalmar (Kalmar kommun, 2018). Fokus i denna rapport är en fallstudie av träden i Malmö, men studier kan relateras till andra städer

I Malmö arbetas det aktivt för att skapa ett hållbart trädbestånd (Malmö stad, 2024b). I trädplanen för Malmö från 2005 står det att ”Träden och trädmiljöerna i Malmö är en omistlig resurs som alla berörda bör värna om och utveckla” (Wirén, 2005). Policyn som Malmö kommun jobbar efter är:

”Att inom hela Malmö skydda, vårda, återplantera och utveckla stadens och landsbygdens träd och trädbestånd” (Wirén, 2005).

För att uppnå detta har trädplanen åtta huvudmål som bland annat inkluderar att: öka trädens vitalitet, öka variationen av karaktärsskapande trädmiljöer, kompensera för alla träd som går förlorade.

Almsjukan har även i andra delar av Sverige som Stockholm (Stockholm stad, 2024), Kalmar (SVT Nyheter, 2020) med flera haft större utbrott. Dessa leder ofta till att stora delar av beståndet behövs fällas.

Förutom almsjukan så är angrepp av hästkastanjemalen ett problem. Den upptäcktes i södra Sverige under 2003 och har spridit sig norrut mot Uppsalaområdet. Angrepp av Kastanjemalen leder till att bladen blir bruna tidigare än normalt och påverkar därmed dess funktion att tillhandahålla olika ekosystemtjänster (Björkman, 2013). En översiktlig inventering av de 1837 (år 2018) hästkastanjer i Malmö har visat att hälften av dessa har små angrepp och ca 100 har medelstora angrepp (Malmö stad, 2024c). En sjukdom som förutspås kunna orsaka stora problem i framtiden är släktet *Phytophthora* som betyder ”växtförstörare” (Sveriges landbruksuniversitet (SLU), 2024). Släktet *Phytophthora* är en svampliknande algsvamp (Matsiakh & Menkis, 2023). Flera arter av släktet *Phytophthora* har hittats i Sverige. Bland annat hittades *P. plurivora* i Sverige och i Malmö (SLU, 2024) där det behandlades med fosfit (Malmö stad, 2024c).





## 3. Material och Metod

För att kunna analysera trädbeståndet resiliens och utsatthet och bedöma dess kylande effekt under en förändrad årsmedeltemperatur användes olika underlag som: Malmös träddatabas från 2018, klimat data från Esperon-Rodriguez et al. (2022), värmekartering från MSB för 2018–2020 (MSB, u.å.) samt Lantmäteriets distriktskarta (Lantmäteriet, u.å.). Analysen genomfördes i olika program som Microsoft Excell, Q-GIS och R-studio se figur 2 samt avsnitt 3.2 och 3.3.

### 3.1 Beskrivning av området och Malmö som fallstudie

Denna studie genomförs på Malmö stads trädbestånd med data från år 2018. Malmö är Sveriges tredje största stad med 362 133 invånare och är beläget i södra Sverige, Skåne (Malmö stad, 2023). Årsmedeltemperatur är 9,1 °C och årsmedelnederbörd är 658 mm/år (Malmö stad, 2024a). Enligt den senaste referensperioden 1991–2020 tillhör Skåne den varmt tempererade zonen med lövskog (Cfb) (SMHI, 2009).

För att få en bättre förståelse för hur ett framtida klimat och dessa extremer kan bli, har rapporten ”Klimatanalys för Skåne län” (Gunn Persson et al., 2012) använts.

#### 3.1.1 Framtida klimat i Skåne

I rapporten ”Klimatanalys för Skåne län” från Sveriges SMHI av (Gunn Persson et al., 2012) har det undersökts vilken påverkan den globala uppvärmningen bedöms ha på det regionala klimatet.

Baserat på 16 klimatscenarier har SMHI prognostiserat det förväntade klimatet för Skåne fram till år 2100 (Gunn Persson et al., 2012). De förväntade förändringarna har kvantifierats genom att jämföras med referensperiod 1961–1990.

Utredningen prognostiserar att åretsmedeltemperaturen kan öka med 3,8 °C från 7,2 °C till 11 °C. Ökningen kommer vara märkbar under alla säsonger men den största förändringen förväntas under vintern. Förutom förändrad temperatur förväntas en förändring i nederbördsmonster och nederbördsmängd. Årsmedelnederbörden förväntas öka med ca 20% för årsmedel samt en ökad regnmängd för kraftiga regn. Samtidigt som en ökad regnmängd prognostiseras fram till år 2100 kommer dagar som

klassas med torra öka med 50 – 80 dagar per år. Även varma perioder där dygnsmedeltemperatur är högre än 20°C under minst fem dagar i följd förväntas öka till ungefär fem perioder per år (totalt 25 dagar) (Gunn Persson et al., 2012).

## 3.2 Insamling och beskrivning av data

### 3.2.1 Malmö träd databas

Träddatabasen har tillhandhållits av Malmö stad och är från år 2018. Malmö har under flera år tagit fram en mycket detaljerad databas över de träd som står på allmän mark. Varje registrerat träd har ett id nummer, information om plats, art med namn både på svenska och latin samt varianter och underarter, diameter i brösthöjd (dbh), vitalitet, när den har registrerats, sista besök samt planteringsdatum. I databasen finns det 646 träd vars art är okänd, dessa exkluderades från vidare analys.

### 3.2.2 Trädens tolerans mot förändrade klimatförutsättningar

För att beräkna vilka träd som kan komma att utsättas för risk användes data framtagen i en studie av Esperon-Rodriguez et al. (2022). I studien har de potentiella följder av ett förändrat framtida klimat på 3129 träd- och buskarter för 164 städer i 78 länder undersökts.

De har modellerat framtida klimat genom att analysera tio olika globala klimatmodeller och beräknat medianen för fem olika relevanta klimatfaktorer: årsmedeltemperatur (MAT), genomsnittstemperaturen för den varmaste månaden (MTWM), årsnederbörd (AP), genomsnittstemperaturen för den kallaste månaden (MTCM) och nederbörd för årets torraste kvartal (PDQ).

I deras studie analyserades två tidsperioder, 2041–2060 (2050) samt 2061–2080 (2070) i kombination med RCP scenarion 4.5 och 6.0. Förutom framtida klimat beräknade de också nisch gränsvärden för den undre 5:e och övre 95:e percentilen för de ovan nämnda klimatfaktorerna. Ett riskvärde (R) för varje art beräknades enligt följande:

$R = E - S$  för MAT och MTWM där

E = utsattheten, för ett förändrat klimat i framtiden och dess dimension

S = säkerhetsmarginal, olika arters känslighet för klimatförändringar och hur de kan tolerera dessa

MAT = mean annual temperature (årsmedeltemperatur)

MTWM = mean annual temperature for the warmest month (genomsnittstemperatur för den varmaste månaden)

I denna rapport undersöks enbart risken för en förändrad högre årsmedeltemperatur (MAT). Ett riskvärd för årsmedeltemperatur lika med 0 eller mindre än 0 innebär att träden befinner sig i en miljö som är inom deras tolererbara årsmedeltemperatur. (Esperon-Rodriguez et al., 2022).

### **3.2.3 Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) värmekartering**

För att synliggöra trädens kylande effekt används MSB:s värmekartering (MSB, u.å) för tidsperioden 2018–2020 i kombination med träddata som har använts till denna rapport.

Data till karteringen har samlats in med satelliten Landsat 8 som passerar Sverige var 16:e dag vid samma tidpunkt kl. 11 på förmiddagen. I de fall där data från Landsat 8 inte kunde användas pga. olika felkällor använde de data från Landsat 7 och Landsat 9. För den valda kartan har data tagits fram under tidsperioderna:

(1) 2018-06-01 till 2018-08-31

(2) 2019-06-01 till 2019-08-30

(3) 2020-06-01 till 2020-07-29

Den framtagna kartan består av olika raster med celler (30m x 30 meter) som innehåller värden i grader Celsius för markyttemperaturen (Land Surface Temperature (LST)) (MSB, 2024).

## **3.3 Databearbetning och analys**

### **3.3.1 Analys**

För att få en överblick av vilken information som kan vara relevant gjordes först en kvalitetsgranskning av träddatabasen. Därefter togs allmän statistik över hur många arter, varianter, underarter, vilka som har den högsta förekomsten samt åldersfördelningen fram. Parallellt söktes det efter information som beskrev olika arters förmåga att kunna bibehålla sin vitalitet under förändrade klimatförutsättningar. Esperon-Rodriguez et al. (2022) har i sin rapport tagit fram riskvärden för olika

klimatfaktorer (se ovan) som användes för att bedöma Malmös trädets förmåga att kunna bibehålla sin vitalitet under andra förutsättningar.

Träd i Malmös träd databas matchades på artnivå med träden i Esperon-Rodriguez et al. (2022). Av de 65 070 träden som omfattar 495 olika arter i Malmö stads träd databas, kunde 40 266 träd av 169 olika arter matchas med Esperon-Rodriguez et al. (2022). Detta motsvarade ca 62% av träden och 34% av trädarterna i Malmös träd databas, (se bilaga 1).

För att förstå om stadens olika områden utsätts för olika risker för deras träden med avseende på årsmedeltemperatur, analyserades risken för de olika träd i respektive område i en GIS-miljö. För att kunna analysera en eventuell befintlig geografisk skillnad på distriktsnivå användes Lantmäteriets distriktsindelning (Lantmäteriet, u.å.). Informationen användes till framtagandet av olika kartor som visar varje enskilda trädets riskvärde för det beräknade förändrade årsmedeltemperaturvärdet för de olika tidsperioderna och RCP scenarier. De från Esperon-Rodriguez et al. (2022) framtagna riskvärdena kategoriserades i olika intervaller. Eftersom det bara var några få trädindivider som hade ett riskvärde under -6 respektive över 6 grupperades de ihop till värden <-6 respektive > 6. Övriga träd inom intervallet -6 till 6 delades in i grupper med ett intervallsteg t.ex. -6 – -5; -5 – -4 osv. Ett högt värde för R innebär i sammanhanget att träden befinner sig långt ifrån sitt optimum med avseendet på årsmedeltemperatur. Dessa värden användes för varje träd i GIS för att framställa de ovan nämnda kartorna och bedöma den spatiala sårbarheten samt riskerna för de olika distrikten.

För att studera trädens kylande effekt användes MSB:s värmekartering (MSB, u.å.) för tidsperioden 2018 – 2020. Anledningen att den perioden valdes var en ovanligt hög förekomst av högsommar dagar under sommaren 2018, vilket kan vara intressant för att undersöka situationer med hög värmebelastning (MSB, 2024). För visualisering infogades värmekarteringen i en GIS miljö där den jämfördes med kartlager över de olika trädens växtplats samt distrikt

Antalet träd som kan tolerera ett förändrat klimat analyserades genom att inkludera kartlager över de undersökta träden med deras respektive riskvärde, en värmekartering (MSB, u.å.) och kartlager över Malmös distrikt i R.Studio. Analysen genomfördes på både stads- och distriktsnivå. Underlagen för dessa analyser togs fram genom att:

1. Tilldela träden till dess respektive distrikt.
2. Kategorisera träden inom varje enskilt distrikt enligt ett riskvärde över respektive under 0.

Vidare har ett möjligt samband mellan antalträd och den uppmätta markytetemperaturen undersökts. Eftersom trädens skugga är en av huvudfaktorerna för deras kylningskapacitet (Rahman et al., 2020). valdes det att inkludera en buffert med tio meter radie runt träden. Ett viktat medelvärde beräknades eftersom olika

rasterpixlar av värmekarteringen extraherades för varje träd på grund av tio meters bufferten. Detta gjordes genom att lägga ihop informationen från MSB värmekartering och Malmös trädatabas.

### 3.3.2 Programvaror

*Excel (Microsoft® Excel® för Microsoft 365 MSO (Version 2406 Build 16.0.17726 20078) 64-bitars)*

Excel användes för att skapa en överblick över de två databaserna. Dessutom gjordes en första sortering och databaserna matchades efter arter i programmet. Utöver det utfördes det enklare beräkningar med Excel.

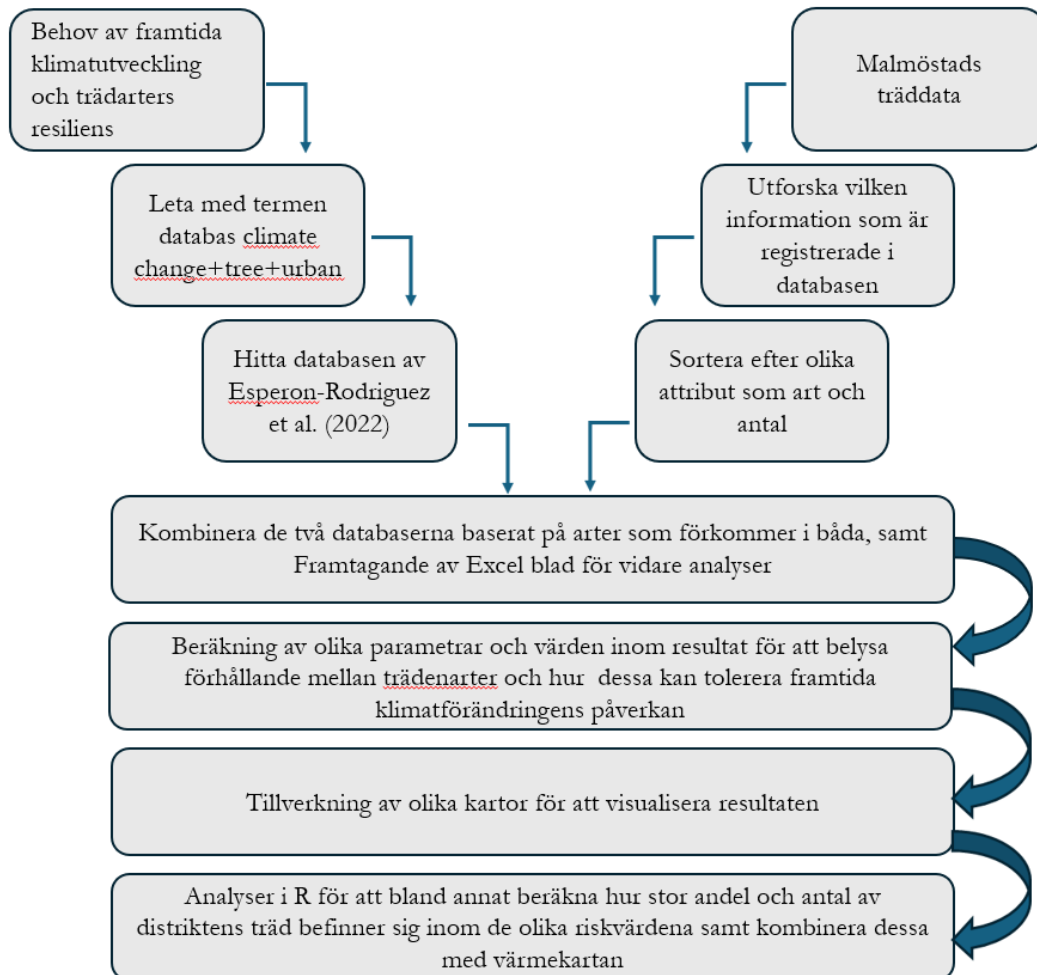
*QGIS (Version 3.36)*

QGIS 3.36 användes för att analysera den rumsliga och geografiska fördelningen av träden samt för visualisering i form av olika kartor.

*R (R version 4.3.1 (2023-06-16 ucrt))*

R version 4.3.1 (R, 2023) användes för att genomföra olika typer av GIS-analyser där olika datakällor behövde kombineras. För analyserna användes olika paket: sf paketet version 1.0-1.6 (Pebesma & Bivand, 2023; Pebesma, 2018), terra paketet version 1.7-78 (Hijmans, 2024) och exactextractr paket version 0.10.0 (Baston, 2023).

### 3.3.3 Grafisk schema över analysen



**Figur 2**

Grafisk redovisning över arbetsgången under rapporten fram till resultaten.

## 4 Resultat

### 4.1 Resiliens hos träden i Malmö och deras fördelning mellan olika riskklasser för årsmedeltemperatur

I Malmö stad finns det många olika trädarter. Dessa förekommer i olika antal från 1 till 4919. I rapporten har 40 266 av totalt 65 070 träd som är registrerade och som omfattar 169 av 495 trädarter undersökts med avseende på riskvärdet för årsmedeltemperatur.

För de 169 undersökta arterna i denna studie förekommer elva arter med fler än 1000 individer, totalt 25 877 träd eller 64% av de undersökta träden. Sett till alla registrerade träd i Malmös trädatabas står dessa elva arter för 39,8%. De elva arterna har enligt Esperon-Rodriguez et al. (2022) ett riskvärde över 0 för alla scenarion och de två tidsperioderna.

**Tabell 1**

Antal träd för varje riskvärdesintervall och varje scenario presenterat i denna rapport där ett lägre riskvärde indikerar att trädet kan klara framtida årsmedeltemperatur, medan ett högre riskvärde över 0 indikerar att trädet utsätts för årsmedeltemperaturer som överstiger den tolererbara gränsen.

<b>Riskvärde</b>	<b>MAT RCP 4.5 2050</b>	<b>MAT RCP 6.0 2050</b>	<b>MAT RCP 4.5 2070</b>	<b>MAT RCP 6.0 2070</b>
<-6	310	328	310	310
-6- -5	18		18	18
-5- -4	131	416	80	
-4- -3	335	84	369	416
-3- -2	449	645	215	84
-2 - -1	895	900	498	645
-1 - 0	1648	2544	1175	915
0 - 1	19 880	27 988	5060	2529
1 - 2	12 428	4599	26 028	28 089
2 - 3	3334	2447	5034	4660
3 - 4	1132	612	1687	2285
4 - 5	51	49	89	612
5 - 6	11	10	49	49

> 6			10	10
-----	--	--	----	----

Tabell 2

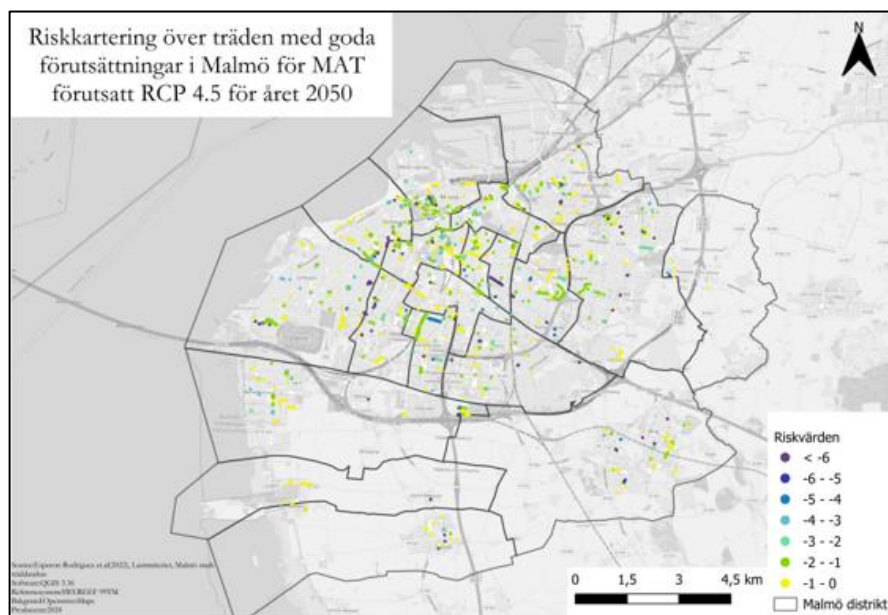
Procentuell fördelning för de olika scenarion av träd, där ett värde under noll indikera att trädet kan tolerera en förändrad årsmedeltemperatur, medan de som har ett värde över noll kommer befinna sig i en miljö där årsmedeltemperaturen överstiger deras toleransintervall.

	<b>MAT RCP 4.5 2050</b>	<b>MAT RCP 6.0 2050</b>	<b>MAT RCP 4.5 2070</b>	<b>MAT RCP 6.0 2070</b>
<b>Andel i % under 0</b>	9,32	12,10	6,56	5,88
<b>Andel i % över 0</b>	90,68	87,90	93,44	94,12

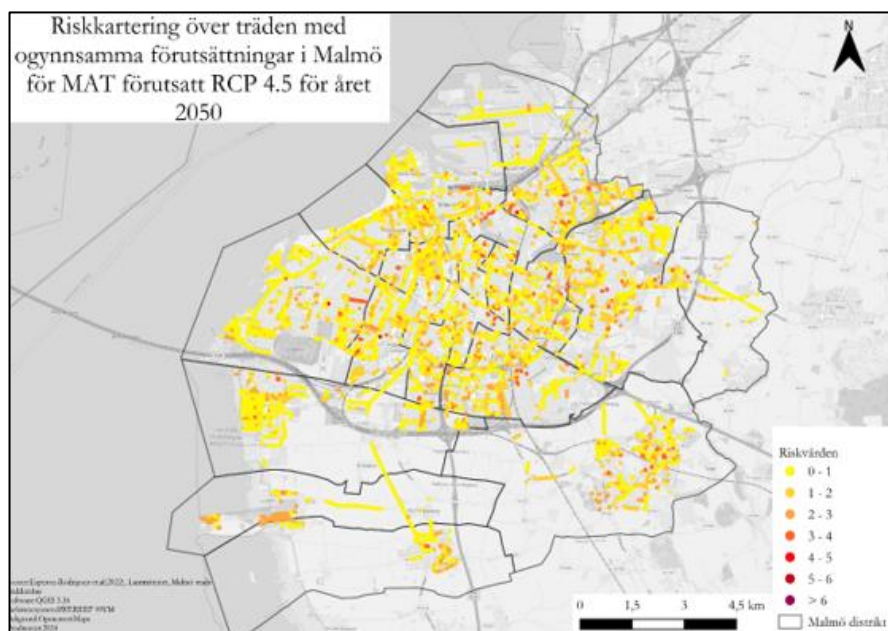
De flesta träden för alla scenarion befinna sig i riskgrupp 1 – 2, se tabell 1 samt figur 3a- - 6a och 3b – 6b (i graferna benämns årsmedeltemperatur med MAT). Ett högre RCP, i detta fall RCP 6.0, leder vid den senare tidpunkten, 2070, till att flera träd kommer att befinna sig i högre riskklasser.

Vid en jämförelse mellan arter har 46 arter (motsvarande 2388 träd) alltid ett riskvärde under 0, 19 arter (motsvarande 1398 träd) skiftar mellan under 0 och över 0 i de olika klimatscenarierna och 104 arter (motsvarande 36 836 träd) har alltid ett riskvärde över 0. På artnivå ger det ett förhållande mellan de arter som har ett riskvärde under och de arter som är över 0 från ca 1 till 4 (27,8%). Jämförs däremot förhållandet på individnivå är det 10 till 19 gånger högre för de träd som har ett riskvärde över 0 jämfört med de träden som ligger under 0.

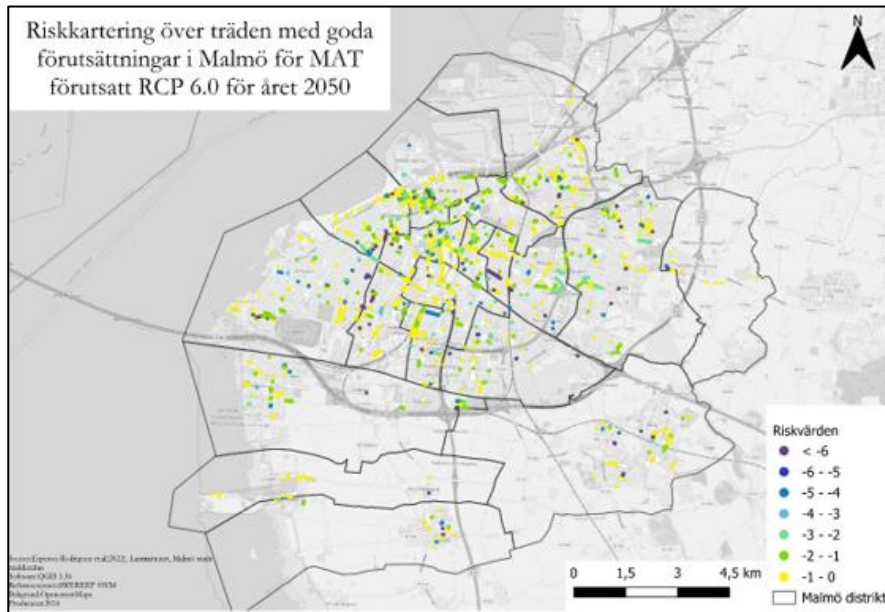




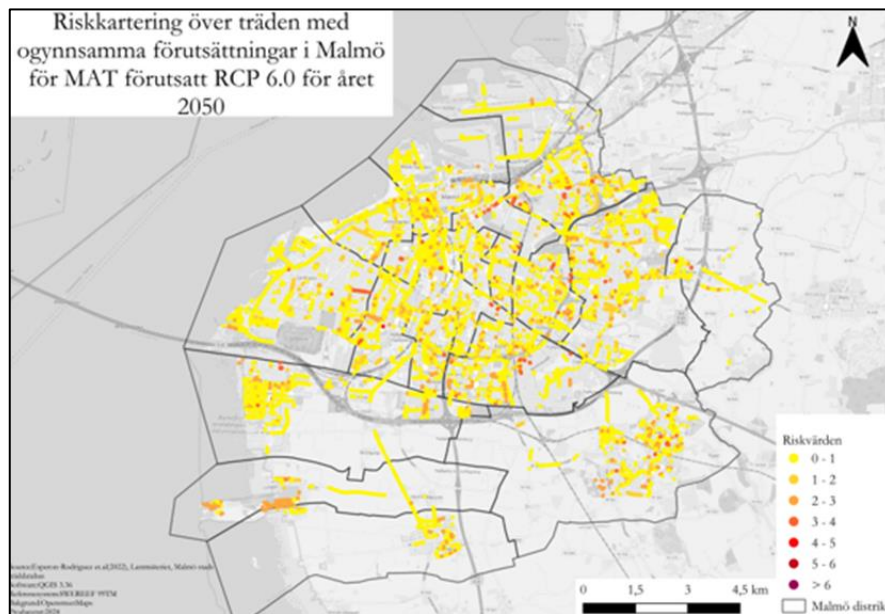
**Figur 3a** Karta över träd med riskvärde under 0 för RCP 4.5 2050, samt distriktsgränser. Varje punkt i kartan representerar ett träd.



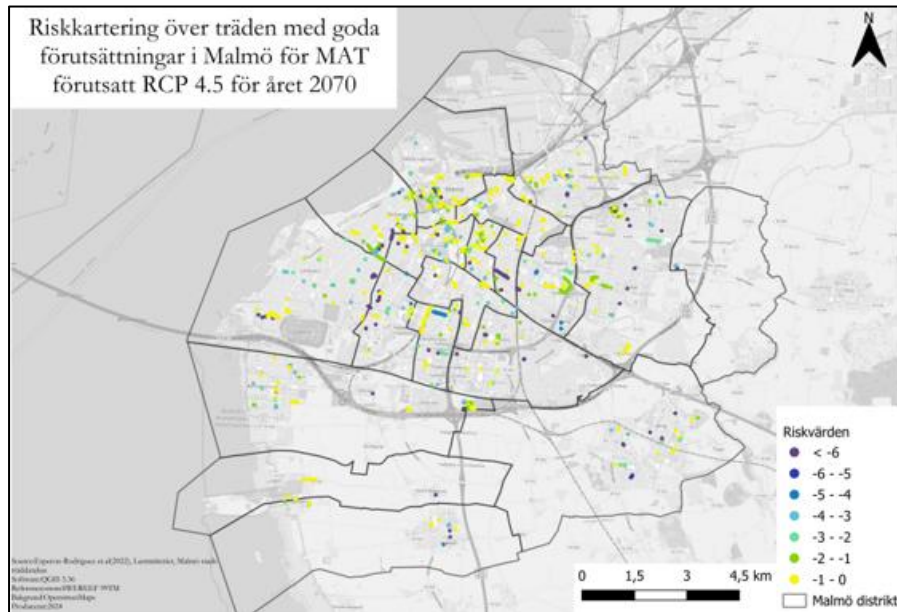
**Figur 3b** Karta över träd med riskvärde över 0 för RCP 4.5 2050, samt distriktsgränser. Varje punkt i kartan representerar ett träd.



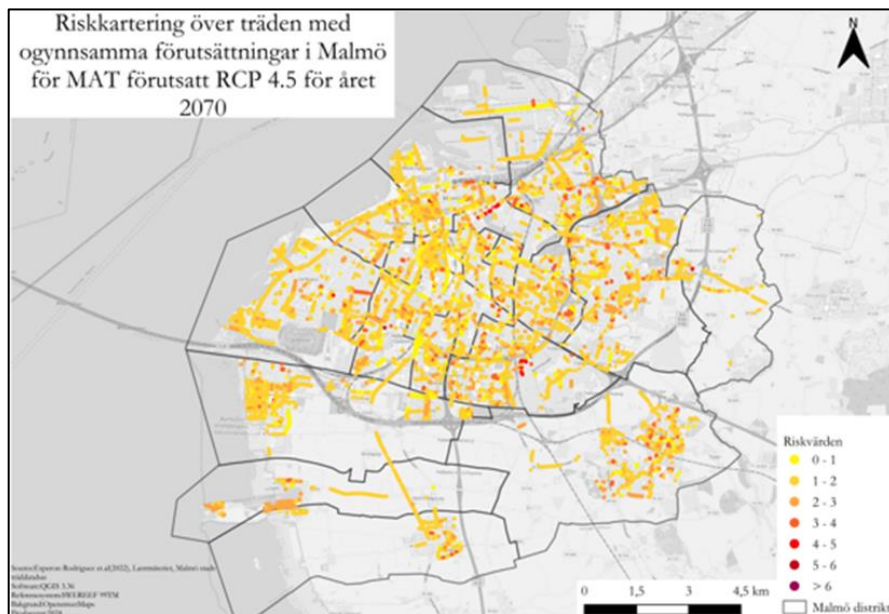
**Figur 4a** Karta över träd med riskvärde under 0 för RCP 6.0 2050, samt distriktsgränser. Varje punkt i kartan representerar ett träd.



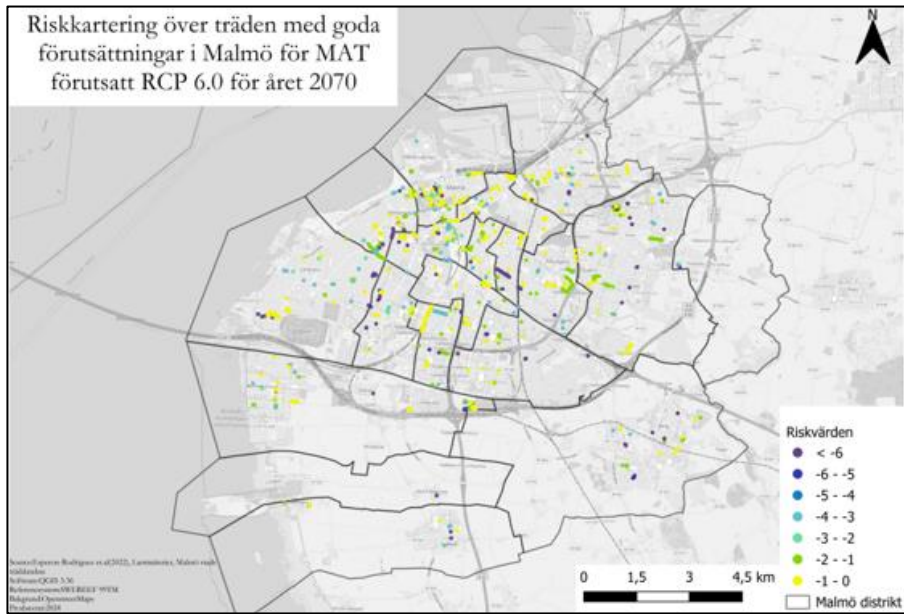
**Figur 4b** Karta över träd med riskvärde över 0 för RCP 6.0 2050, samt distriktsgränser. Varje punkt i kartan representerar ett träd.



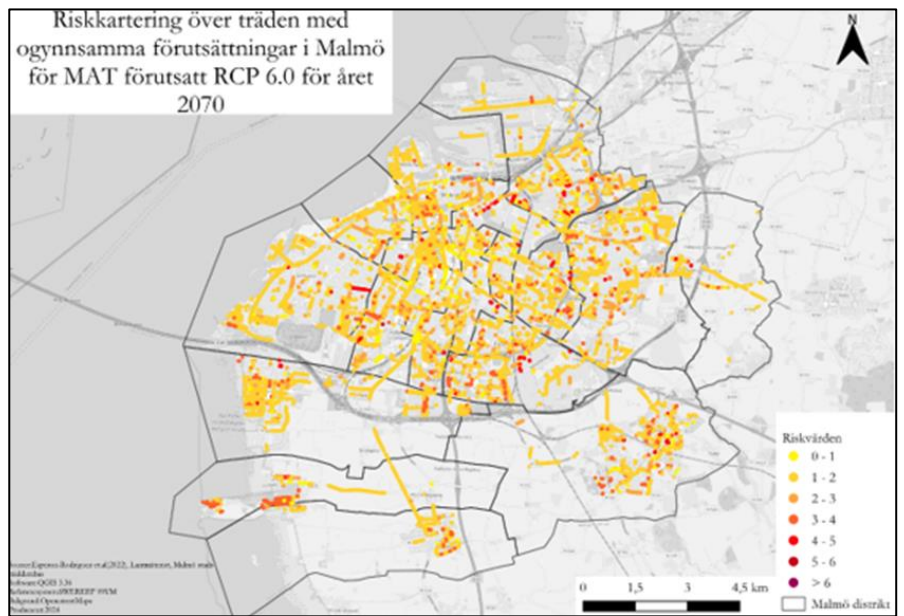
**Figur 52a** Karta över träd med riskvärde under 0 för RCP 4.5 2070, samt distriktsgränser. Varje punkt i kartan representerar ett träd.



**Figur 5b** Karta över träd med riskvärde över 0 för RCP 4.5 2070, samt distriktsgränser. Varje punkt i kartan representera ett träd.



**Figur 63a** Karta över träd med riskvärde över 0 för RCP 6.0 2070, samt distriktsgränser. Varje punkt i kartan representerar ett träd.



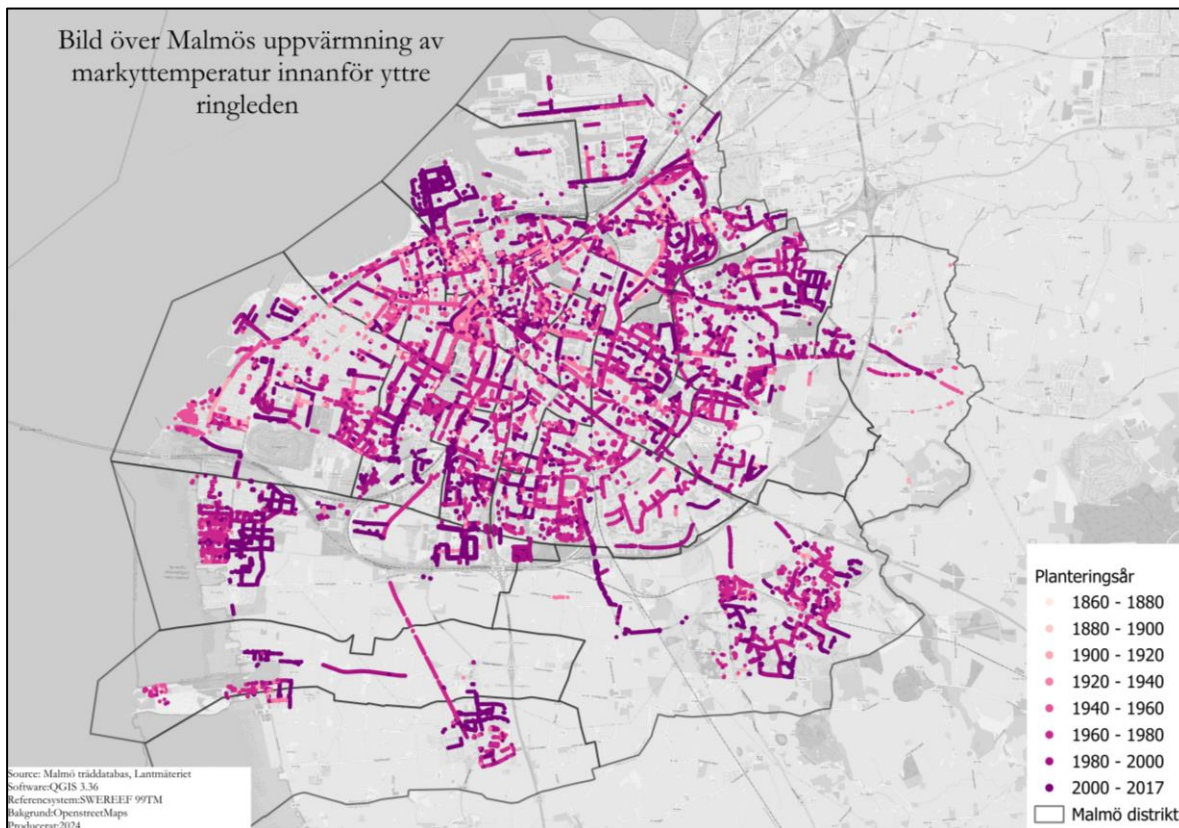
**Figur 6a** Karta över träd med riskvärde över 0 för RCP 6.0 2070, samt distriktsgränser. Varje punkt i kartan representerar ett träd.

## 4.2 Bättre förutsättningar för träd planterade sedan år 2000?

Undersökningen av träden som planterades mellan 2000 och 2018 visar att det fortfarande är en stor andel träd som kommer befinna sig i förhållanden som överstiger deras tolererbara värde för den prognostiserade årsmedeltemperaturen. Av de 40 622 träd som ingick i analysen planterades 11 245 träd år 2000 eller senare och omfattar 137 arter. Av dessa 11 245 träd hade 1373 ett riskvärde under 0 (12,2%), 907 träd skiftade från ett värde under 0 till ett värde över 0 (8,1%) och 8965 träd hade ett värde över 0 (79,7%).

## 4.3 Finns det några skillnader mellan de olika distrikten i Malmö med avseende på resiliens och utsatthet

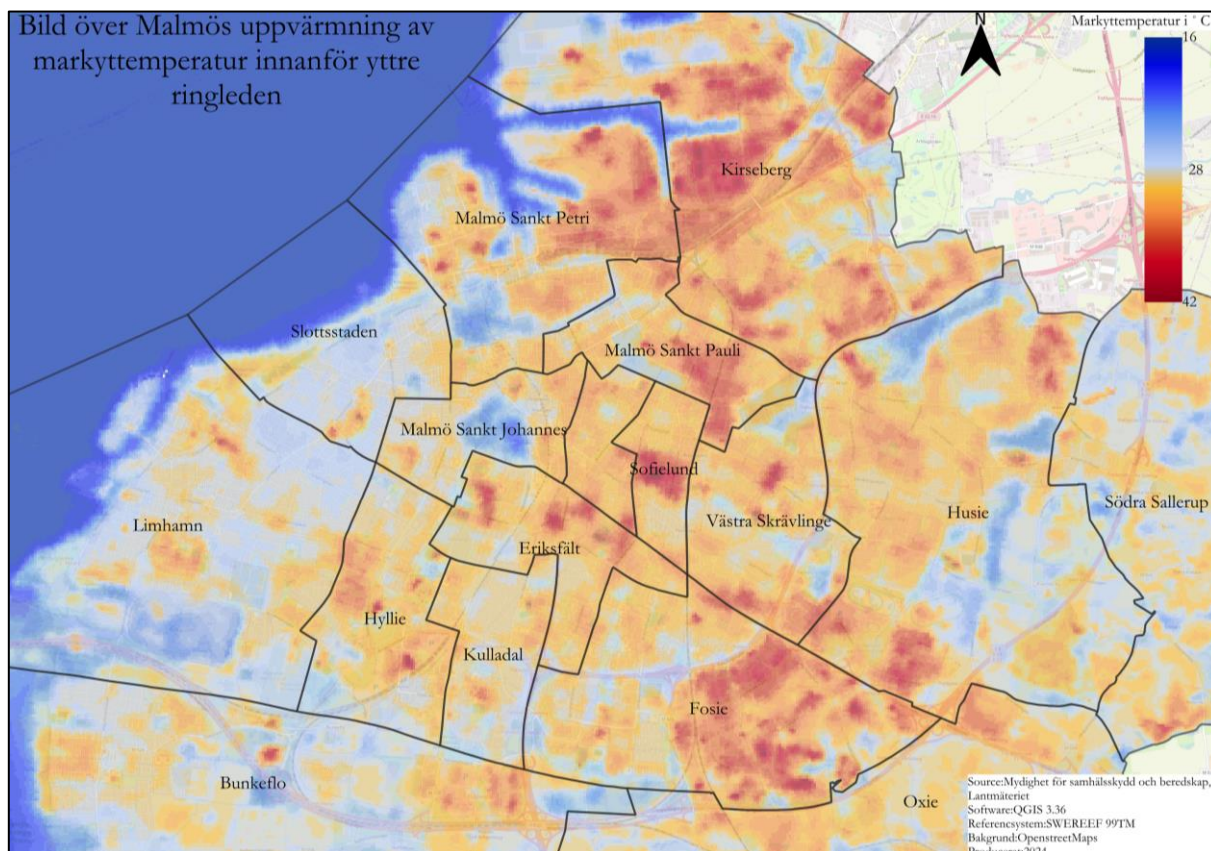
I Malmös stora parker som Pildammsparken (distrikt Malmö Sankt Johannes), Slottsparken (distrikt Malmö Sankt Petri) samt Kungsparken (distrikt Malmö Sankt Petri) återfinns många av Malmös äldsta träd, figur 7. Många av träden inom de nämnda parkerna kommer att skifta till en högre riskgrupp, det vill säga ett högre riskvärde, vilket innebär att dessa träd predikteras befinna sig i en miljö med en årsmedeltemperatur högre än den tolererbara under ett förändrat klimat, figur 3b-6b.



**Figur 7 Trädens åldersfördelning**

Kartor över åldersfördelning i 20 års intervall för träd i Malmö.

Betydelsen av dessa områden blir tydlig vid en jämförelse mellan olika uppmätta temperaturer i MSB:s värmekartering från 2018–2020. Det finns en skillnad på 11 °C mellan Pildammsparken (i närheten av tallriken 23°C) och ett när liggande bostadsområde (34°C). De högsta temperaturerna återfinns över stora byggnader så som shoppingcenter samt t.ex. gamla lokstallarna i Kirseberg med upp mot 42 °C, figur 8.



**Figur 8**

MSB:s värmekartering (MSB, u.å.) som visar markyttemperaturen över Malmö med modifierade färger.

Undersökningar i R visade en skillnad i antal träd för de olika distrikten som är på allmän mark. Samt en skillnad i antalet träd som utsätts för höga riskvärden inom de olika distrikten. I Malmö är det distrikten med de stora parker som innehar ett stort antal träd och dessa är Malmö Sankt Petri (Slotts- och Kungsparken), Malmö Sankt Johannes (Pildammsparken), Kirseberg (Bejerspark) och Limhamn (Hamraspark). Andra distrikt med en hög andel träd är Bunkeflo, Husie och Hyllie. I vissa distrikt befinner sig enbart ett fåtal träd som kunde inkluderas i denna studie. Detta kan bero på olika orsaker t.ex. att det inte finns så många träd eller att de befinner sig på privat mark. Där bland annat distrikten i innerstan som Malmö Sankt Pauli, Sofielund och Eriksfält samt andra distrikt med ett högre andel åkermark, tabell 3.

Tabell 3

Antal och andel träd i de olika distrikten.

Distriktnamn	Antal träd	Andel i %	Distriktnamn	Antal träd	Andel i %
Malmö Sankt Petri (D1)	3500	8,62	Kulladal (D11)	1456	3,58
Bunkeflo (D2)	3256	8,02	Söder Sallerup (D12)	656	1,61
Tygelsjö (D3)	852	2,10	Hyllie (D13)	2502	6,16
Malmö Sankt Pauli (D4)	522	1,29	Kirseberg(D14)	3375	8,31
Västra Klagstorp (D5)	981	2,41	Slottsstaden (D15)	1778	4,38
Husie (D6)	4822	11,87	Limhamn (D16)	4722	11,62
Oxie (D7)	2197	5,41	Fosie (D17)	2351	5,79
Möllevång (D8)	623	1,53	Sofielund (D18)	678	1,66
Eriksfält (D9)	956	2,35	Malmö Sankt Johannes (D19)	3709	9,13
Västra Skrävlinge (D10)	1686	4,15	Total	40 622	100

Tabell 4

Antal och andel träd under olika klimatscenario (RCP) som har ett riskvärde över noll

Distrikt\ antal träd	RCP 4.5 2050	RCP 6.0 2050	RCP4 .5 2070	RCP 6.0 2070	RCP 4.5 2050	RCP 6.0 2050	RCP 4.5 2070	RCP 6.0 2070
D1	3252	3160	3285	3331	92,91%	90,29%	93,86%	95,17%
D2	2914	2898	3011	3025	89,50%	89,00%	92,48%	92,91%
D3	809	802	821	831	94,95%	94,13%	96,36%	97,54%
D4	384	382	404	412	73,56%	73,18%	77,39%	78,93%
D5	931	908	943	978	94,90%	92,56%	96,13%	99,69%
D6	4167	4103	4499	4503	86,42%	85,09%	93,30%	93,38%
D7	2049	2026	2134	2139	93,26%	92,22%	97,13%	97,36%
D8	449	446	481	526	72,07%	71,59%	77,21%	84,43%
D9	870	799	915	923	91,00%	83,58%	95,71%	96,55%
D10	1515	1498	1550	1550	89,86%	88,85%	91,93%	91,93%
D11	1221	1153	1251	1251	83,86%	79,19%	85,92%	85,92%
D12	617	603	622	622	94,05%	91,92%	94,82%	94,82%
D13	2312	2184	2390	2391	92,41%	87,29%	95,52%	95,56%
D14	3159	3003	3254	3260	93,60%	88,98%	96,41%	96,59%
D15	1507	1435	1546	1588	84,76%	80,71%	86,95%	89,31%
D16	4495	4383	4568	4587	95,19%	92,82%	96,74%	97,14%



<b>D17</b>	2258	2241	2282	2282	96,04%	95,32%	97,07%	97,07%
<b>D18</b>	609	490	620	620	89,82%	72,27%	91,45%	91,45%
<b>D19</b>	3432	3306	3496	3531	92,53%	89,13%	94,26%	95,20%

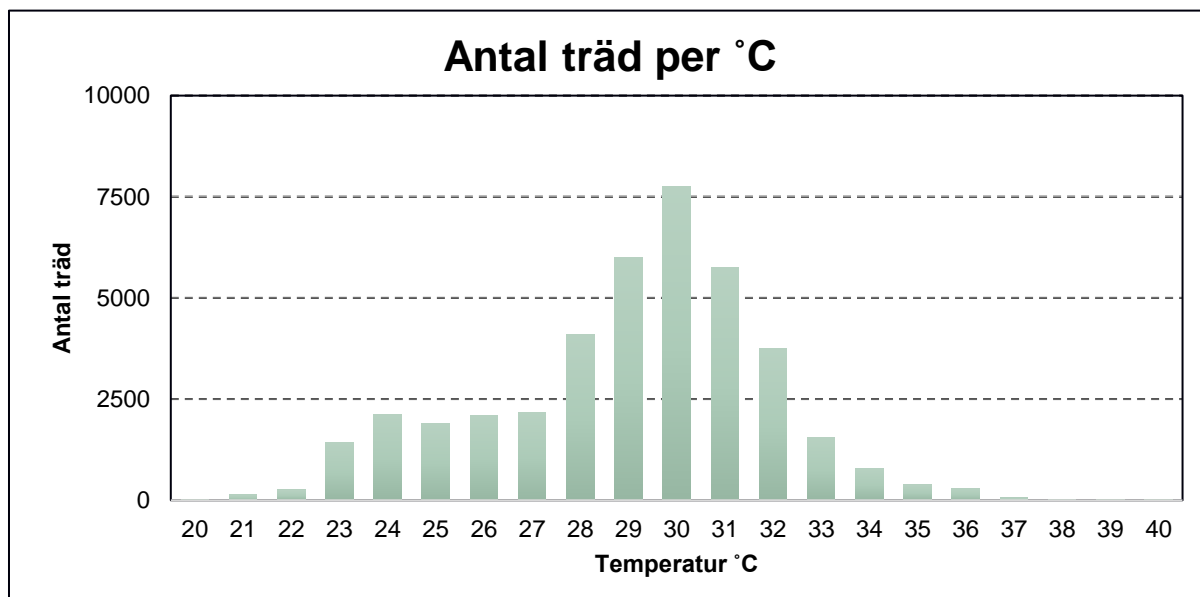
Tabell 5

Antal träd under olika klimatscenario (RCP) som har ett riskvärde under noll.

Distrikt\ antal träd	RCP 4.5 2050	RCP 6.0 2050	RCP 4.5 2070	RCP 6.0 2070	RCP 4.5 2050	RCP 6.0 2050	RCP 4.5 2070	RCP 6.0 2070
<b>D1</b>	248	340	215	169	7,09%	9,71%	6,14%	4,83%
<b>D2</b>	342	358	245	231	10,50%	11,00%	7,52%	7,09%
<b>D3</b>	43	50	31	21	5,05%	5,87%	3,64%	2,46%
<b>D4</b>	138	140	118	110	26,44%	26,82%	22,61%	21,07%
<b>D5</b>	50	73	38	3	5,10%	7,44%	3,87%	0,31%
<b>D6</b>	655	719	323	319	13,58%	14,91%	6,70%	6,62%
<b>D7</b>	148	171	63	58	6,74%	7,78%	2,87%	2,64%
<b>D8</b>	174	177	142	97	27,93%	28,41%	22,79%	15,57%
<b>D9</b>	86	157	41	33	9,00%	16,42%	4,29%	3,45%
<b>D10</b>	171	188	136	136	10,14%	11,15%	8,07%	8,07%
<b>D11</b>	235	303	205	205	16,14%	20,81%	14,08%	14,08%
<b>D12</b>	39	53	34	34	5,95%	8,08%	5,18%	5,18%
<b>D13</b>	190	318	112	111	7,59%	12,71%	4,48%	4,44%
<b>D14</b>	216	372	121	115	6,40%	11,02%	3,59%	3,41%
<b>D15</b>	271	343	232	190	15,24%	19,29%	13,05%	10,69%
<b>D16</b>	227	339	154	135	4,81%	7,18%	3,26%	2,86%
<b>D17</b>	93	110	69	69	3,96%	4,68%	2,93%	2,93%
<b>D18</b>	69	188	58	58	10,18%	27,73%	8,55%	8,55%
<b>D19</b>	277	403	213	178	7,47%	10,87%	5,74%	4,80%

Skillnaden i antal och andel av träd kan ge en uppfattning om hur känsliga distriktens trädbestånd är. Utsattheten hos träden i de olika distrikten undersöktes genom att bestämma hur stort antal och andel av trädbeståndet som har ett riskvärde över 0 respektive under 0 för de olika distrikten (tabell 5 och 6). Analysen visar att det finns en stor skillnad i utsatthet. I Västra Klagstorp är andelen träd som skulle kunna tolerera den predikterade årsmedeltemperaturen för RCP 6.0 2070 jämförelsevis stor med 21,07%, medan värdet för samma scenario i Malmö Sankt Petri (4,83%, D1), Malmö Sankt Johannes (4,8%, D19) och Kirseberg (3,14% D14) är lägre, tabell 5.

Vidare undersöktes det i vilka temperaturer träden återfinns enligt värmekarteringen (MSB, u.å.) för 2018–2020. Den genomsnittliga temperaturen träden hittas i sträckor från 20 °C till 40 °C med ett medel på 29 °C och en median på 30 °C, figur 9.

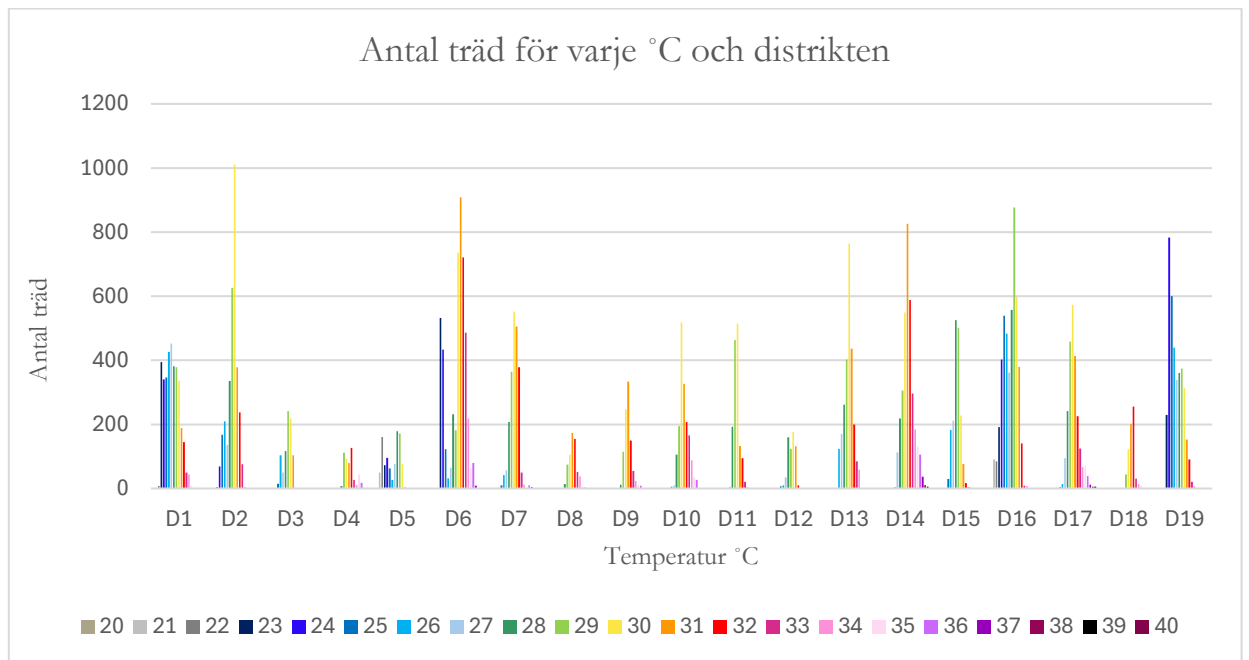


**Figur 9**

Fördelningen av de undersökta träden för de olika uppmätta temperaturerna enligt värmekarteringen från MSB (u.å.) 2018-2020.

Resultaten visa att det finns en skillnad i vilka temperaturer träden befinner sig i, inom de olika distrikten. Skillnaden i var träd befinner sig finns såväl för temperaturens minimum och temperaturens maximum samt spridningen av temperaturintervallet, det vill säga hur många olika temperaturer som är uppmätta inom ett givet distrikt, figur 10.

Resultaten indikerar att i distrikt som Malmö Sankt Petri (D1), Husie (D6) Limhamn (D16) och Malmö Sankt Johannes (D19), med ett högt antal träd och parker, tenderar träden att befinna sig i områden med låga temperaturer (mellan 20–22 °C) samt inom ett större temperaturintervall (spridningen i intervall mellan 12–15 °C). Distrikt med ett mindre antal träd tendera till att ha en hög minimumtemperatur (28 - 29 °C) samt ett mindre temperaturintervall (spridningen i intervall mellan 8 - 9 °C) tabell 3 samt figur 10.



**Figur 10**

Temperaturprofil över antal träd i de olika uppmätta temperaturerna från MSB:s värmekartering för Malmös 19 distrikt.

#### 4.4 Resiliens hos inhemska träd mot en förändrad årsmedeltemperatur

Av de 30 arter som klassificeras inhemska enligt Mossberg och Stenberg (2005) återfanns 27 arter i både träddatabasen av Malmös och Esperon-Rodriguez et al. (2022). De förekommer i olika antal i Malmö och utgör 41,45% av alla de registrerade träden i Malmös träddatabas. Av de arter som undersöktes har 25 arter i alla scenarier och tidsperioder ett riskvärde för årsmedeltemperatur över 0. Riskvärdena låg mellan 0,435 och 3,88 för RCP 6.0 2050 och från 1,39 och 4,84 för RCP 6.0 2070. Två arter hade minst ett riskvärde under 0 men skiftade sedan till riskvärden över 0.



## 5. Diskussion

Syftet med rapporten är att undersöka trädens förmåga att kunna bibehålla ekosystemtjänsten att kunna kyla staden. Befinna sig träden under ogynnsamma förhållanden kan leda till sämre vitalitet som i sin tur kan påverka trädens förmåga att leverera viktiga ekosystemtjänster. Äldre träd är oftast större än yngre träd av samma art men många av dessa kommer förmodligen påverkas negativt av den predikterade förändringen i årsmedeltemperatur vilket leder till frågan om hur detta ska hanteras i framtiden.

Till följd av ett förändrat varmare klimat i framtiden finns det ett stort behov att anpassa bland annat urbana miljöer till dess medföljande utmaningar och konsekvenser (IPCC, 2023). Träd skulle kunna ha en central roll i en framtida klimatanpassning (Naturvårdsverket, 2021b). Trädens förmåga att motverka uppvärmning och minska risken för uppkomsten av värmeöar kommer öka i betydelse.

Frågan som behöver undersökas är hur bar städernas nuvarande trädbestånd kommer att tolerera de förändrade förutsättningarna. Befintliga trädbeständs känslighet för olika faktorer så som värme, torka, och känslighet för sjukdomsangrepp bör undersökas. Förutom detta bör trädbeståndens diversitet undersökas, för att få information kring huruvida det är några få trädarter som dominerar. Likaså kan det vara av nytta för städer att ha information om hur trädbestånden ser ut i sin helhet t.ex. för olika stadsdelar eller distrikt.

Generellt sett finns det en stor trädartsvariation i Malmös trädbestånd. En stor variation leder inte automatisk till en hög resiliens, utan det är fördelningen emellan arterna som är avgörande. Genom förändrade förutsättningar värms städer upp alltmer (Ouyang et al., 2022) och därav är det viktigt att undersöka städer av olika storlekar och olika klimatförutsättningar för att kunna jämföra och hitta mönster.

I följande avsnitt diskuteras resultaten i relation till frågeställningar och i förhållandet till andra studier. Sedan diskuteras det vidare studier samt osäkerheter i denna studie.

## 5.1 Hur stor andel av de undersökta träden kommer kunna tolerera ett förändrat klimat med fokus på årsmedeltemperaturen och skulle det kunna ha en negativ effekt på trädens kylande effekt?

Resultaten i rapporten indikerar att en stor andel av Malmös undersökta trädbestånd i framtiden komma befinna sig i en miljö där årsmedeltemperaturen ligger över trädens beräknade toleransintervall. Detta skulle kunna leda till att träden utsätts för värmestress. I Malmö har det beräknats att ca 28% av dem 169 arterna kommer kunna tolerera ett förändrat klimat med högre årsmedeltemperatur. Undersökningen på individnivå visar en annan framtidsbild där siffran kan sjunka till 5,88% under de mest utmanande förhållandena. Resultaten visade också att en stor andel av trädbeståndet, ca 65% av de undersökta och 39,8% av alla registrerade träden utgörs av elva arter där samtliga trädarter har ett riskvärde över 0 för alla undersökta scenarier och tidpunkter. Vilket kan tyda på att dessa träd kommer påverkas av en förändrad högre årsmedeltemperatur. Detta kan leda till att nästan 40% av de befintliga träden (som utgörs av elva arter) befinner sig i en mer utmanade miljö. En stor andel av dessa träd befinner sig i Malmös stora parker som Pildammsparken, Slottsparken och Kungsparken. Dessa parker är viktiga för innerstaden inte minst som så kallade cooling-islands, och bidrar till ett bättre mikroklimat. Därför är det viktigt att övervaka dessa träd och, i den mån det går, överväga att komplettera med arter som kan tolerera en högre årsmedeltemperatur.

Malmös trädbestånd år 2018 omfattar 495 arter. I denna rapport har det enbart kunnat undersökas 169 av dem, vilket motsvarar ca 34% av alla Malmös befintliga arter och därav är det mycket möjligt att vissa arter som inte har undersökts och kanske bara är representerade av några få individer kan tolerera en högre årsmedeltemperatur.

Även om Malmö enligt den tidigare nämnda 10-20-30 tumregeln (Frank S. Santamour, 2003) har en bra spridning på artnivå så är andelen av utsatta träd i avseende till årsmedeltemperatur överraskande stor.

Esperon-Rodriguez et al. (2022) presenterar i sin rapport att 56% av alla deras undersökta arter i 164 städer redan idag befinner sig under klimatiska förutsättningar som ligger utanför deras optimum och kommer öka till 76% under RCP6.0 för år 2050. Resultaten från analysen av Malmös trädarter visar att andelen trädarter som kommer ligga utanför deras toleransintervall för beräknade årsmedeltemperaturen för RCP6.0 år 2050 är lägre med ca. 60% medan den stiger till ca 72% för RCP6.0 år 2070 som är likt det Esperon-Rodriguez et al. (2022) har kommit fram till. Till skillnad från Esperon-Rodriguez et.al (2022) undersökning har analysen i denna studie tagits ett steg vidare och undersökt resiliensen på trädindividnivå. Resultaten från dessa analyser visar att resiliensen på individnivå skiljer sig avsevärt mot den på art nivå. För att få

en god förståelse för ett trädbestånds resiliens är det bra att ta analysen ett steg vidare och genomföra den på individnivå.

Studier genomförda i olika städer i Skandinavien har visat att en eller flera få arter dominerar i (Sjöman, Östberg, et al., 2012; Thomsen et al., 2016). Som exempel kan det nämnas Oslo och Helsingfors där trädbeståndet består av 23,7% respektive 44,7% *Tilia*, i Tampere dominerar arten *Betula* med 39,1% (Sjöman, Östberg, et al., 2012). I dominansen av ett specifikt trädsläkte skiljer sig Malmös trädbestånd ifrån de nämnda städerna. Enligt Sjöman, Östberg, et al. (2012) är *Sorbus* det dominerande släktet i Malmö och representerar ca 14,5%. Analysen av Malmös träd visade att den mest förekommande trädarten är oxel (*Sorbus intermedia*) med en andel av 7,5% av alla i Malmös träd databas (2018) registrerade träd. Utsattheten och möjligheten att bibehålla viktiga ekosystemtjänster kan öka respektive minska på grund av en förändrad årsmedeltemperatur (samt andra faktorer) i ett trädbestånd med ett dominerande trädsläkte/art

Hur ett urbant trädbestånd ska underhållas, förnyas och utökas leder till frågan. Vilka trädarter som ska användas i nyetablerade områden samt vid förnygring eller ersättning av befintliga trädbestånd. Studier som har undersökt denna fråga är t.ex. Sjöman, Gunnarsson, et al. (2012) och Vogt et al. (2017). Problemet som berör de för Sverige inhemska träden med avseende på lämplighet för urbana miljöer samt känsligheter för angrepp av sjukdomar uppmärksammas i Sjöman et al. (2016). Studien kom fram till att, 26 av 30 undersökta trädarter, inte lämpar sig av olika skäl.

## 5.2 Finns det några skillnader mellan de olika distrikten med avseende på resiliens och utsatthet?

Resultaten för de undersökta träden visar att det finns en skillnad för mellan olika distrikten i Malmö för såväl antal träd per distrikt, antal och andel träd med ett riskvärde över 0 och därtill även temperaturen vid trädens växtplats. (tabell 3 & 4, samt figur 10).

I nio av de 19 distrikten befinner sig 5% eller mer av träden som ingick i denna studie (tabell 3). Dessa nio distrikt omfatta 74,92% av de undersökta träden. Andel utsatta träd i dessa nio distrikt är i genomsnitt 95,5% för den undersökta faktorn årsmedeltemperatur för RCP6.0 år 2070. Resultatet förtydligar behovet av att utvärdera Malmös och förmodligen andra städers trädbestånds resiliens på trädindivid- och distriktsnivå för att bedriva ett framgångsrikt arbete med att utveckla strategier för skapandet av ett hållbart och motståndskraftigt trädbestånd. I dessa nio distrikt återfinns en del av Malmös äldsta träd, dessa kan inte återskapas under ett kortare tidsperspektiv och därmed bör skötas och skyddas i alla största mån. Även andra studier som Esperon-Rodriguez et al. (2022), tar upp betydelsen av tidsperspektivet.

Frågor som uppstår är: hur gamla kan stadsträd bli, hur viktiga är de för området och stadens värmeprofil samt hur kan dessa områden underhållas för att säkerställa de ekosystemtjänster och den kylande effekt dessa stora gamla träd tillhandahåller?

Många studier har koncentrerat sig på att undersöka den kylande effekt av trädens kylande effekt i olika regioner (Helletsgruber et al., 2020; Stumpe et al., 2024) och av olika arter (Rahman et al., 2015; Sjöman & Busse Nielsen, 2010).

Schwaab et al. (2021) har i en stor studie för Europa undersökt trädens kylande effekt under extrema värmehändelser. Deras resultat indikerar en skillnad i markyttemperaturen för urbana områden med och utan träd. Därutöver indikerar deras resultat att det finns en temperaturskillnad mellan de olika länderna i Europa, där tendensen är att kylningseffekten är lägre i södra delarna av Europa som kan ha ett samband med det föreliggande rådande klimatet. Detta visar att det föreligger ett behov att anpassa städer till framtida värmehändelser samt varmare klimat och göra dem till hållbara och behagliga livsmiljöer. I detta kan träd ha en central roll. Flera studier har kunnat visa en relation mellan en minskad temperatur och träd (Rahman et al., 2019; Schwaab et al., 2021; Sharmin et al., 2023). Även i denna studie som har genomförts över Malmö visade det sig att områden med stora parker påvisar en lägre temperatur än deras omgivning.

En annan faktor som påverkar kylningspotentialen av ett trädbestånd är diversitet. Studierna av bland annat Rendon et al. (2024) och Wang et al. (2021) har visat en positiv relation för urbana trädbestånd mellan kylningsförmåga och en högre träddiversitet. Diversitet kan även vara viktig för att förebygga oönskade konsekvenser i samband med klimatförändringar för städer som t.ex. försvagar eller förlorar stora delar av beståndet, som skedde under utbrottet av almsjukan i Malmö och andra delar i Sverige. Analysen genomförd i denna rapport och andra studier som Rendon et al. (2024); Wang et al. (2021) och Sjöman et al. (2016) indikerar att det kan finnas flera fördelar med att diversifiera trädbeståndet för att minska utsatthet och öka resiliens.

### 5.3 På vilket sätt skiljer sig träden som planterades från 2000 fram till 2018 i resiliens jämfört med alla undersökta träd i avseende på sårbarhet för en ökad årsmedeltemperatur under ett förändrat klimat

Under tidsperioden 2000–2018 planterades det 11 245 träd som motsvarar 28% respektive 17% av de undersökta respektive alla registrerade träden och bestod av 137 arter som motsvarar ca 28% av alla arter registrerade i Malmö stads trädatabas. Dessa träd visade sig ha en högre resiliens för en ökning av årsmedeltemperaturen. Totalt ca 12% av arterna har alltid ett riskvärde under 0 och samtidigt är andelen av träden som alltid har ett värde över 0 ca 78%. Detta är en förbättrat förhållande jämfört med alla



undersökta träden. Slutsatsen är att träd tillkomna under de senaste åren har en bättre resiliens för en högre årsmedeltemperatur.

Dagens befintliga trädbestånd har en stor inverkan på mikroklimat i Malmö. De i MSB:s värmekarteringen till synes kallaste platserna i Malmö är förutom kanalerna och andra vattenområden, Pildammsparken, Slottsparken och Kungsparken se figur 8. Alla dessa parker har en stor andel äldre träd och inkluderar en del bok (*Fagus sylvatica*). Under 2011 hittades ett angrepp av *P. plurivora* på bokträden (*Fagus sylvatica*) i Pildammsparken som behandlades med fosfit (Malmö stad, 2024c). Betydelsen av de ovan nämnda parkerna har blivit tydlig genom de olika analyserna. Vidare kan effekten av multipla stressfaktorer som sjukdomsangrepp och ogynnsamma klimatförhållande ha en stor påverkan på trädens vitalitet. Detta styrks av MSB:s värmekartering (MSB, u.å) samt publikationer från Rendon et al. (2024) och Sharmin et al. (2023) med deras resultat. Träden har som tidigare nämnt en positiv inverkan på mikroklimat. Deras betydelse för till att kunna sänka temperaturen och skapa en svalare livsmiljö i städerna, som också kunde konstateras i resultaten för Malmö, är viktig i ett framtida arbete inom klimatanpassning.

Resultaten bekräftar trädens värde och kan motivera inkludering, plantering och strategiskt bra förvaltning av de urbana träden (Helletsgruber et al., 2020; Sjöman & Busse Nielsen, 2010).

## 5.4 Hur många av de i Sverige 30 inhemska trädarterna är planterade i Malmö stad samt hur bra är deras förmåga att kunna tolerera en förändring av årsmedeltemperatur

I denna rapport testades även toleransen hos dem 27 inhemska trädarterna mot ett förändrat högre årsmedeltemperatur. Av dessa 27 befinner sig 25 trädarter utanför deras antagna toleransintervall för årsmedeltemperatur för båda tidpunkterna och RCP:erna. Dessa resultat indikerar att ett hållbart trädbestånd med hög resiliens inte enbart, eller till stor del, kan bestå av dessa träd. I denna rapport har det presenterats olika aspekter som det behöver tas hänsyn till vid planeringen av nya träd. Stadsträd ska uppfylla många olika behov. Det är viktigt att ta hänsyn till olika aspekter.

1 förutsättningar för den specifika platsen: som temperatur, nederbörd, näringstillgång med mera

2 vilken huvudsyfte ett specifikt träd har: gynna biodiversitet, vara klimatresilient, gå det att inkludera i olika klimatanpassningsåtgärder, ska de kyla omgivningen, motverka översvämningsrisker, stärka ekosystemtjänster eller något annat.

För att underlätta arbete är det bra att utveckla en strategi för hur det ska jobbas framåt och skapa trädbestånd som har en högre resiliens mot klimatförändringar, stadens utmanande förutsättningar och sjukdomsangrepp.

## 5.5 Osäkerheter i rapporten och vidare forskning

I denna studie finns det olika osäkerheter och simultana möjligheter till vidare studier. Detta kommer redovisas i följande avsnitt.

### 5.5.1 Inkluderar andra RCP samt tidpunkter och andra faktorer

Databasen av Esperon-Rodriguez et al. (2022) användes för att fastställa sårbarheten av Malmö stads trädbestånd. I sin rapport valde de att använda RCP 4.5 och RCP6.0 samt två tidpunkter, 2050 och 2070. Redan vid dessa scenarier är det många träd som drabbas av för hög årsmedeltemperatur som resulterar i riskvärden över 0. Hur hade resultaten påverkats för en tidpunkt längre fram i tiden eller för scenariot RCP8.5 där temperaturen förväntas stiga ännu mer?

För de använda riskvärdena förutsätts att enbart de arter/träd som har ett riskvärde som överstiger 95 % av den tolererbara ökningen av årsmedeltemperatur kommer bli negativt påverkade. En följdfråga är om det föreligger en mätbar påverkan på träden redan vid överstigning med 70% eller 30% av den tolererbara årsmedeltemperaturen? En annan tänkbar breddning av studien är att undersöka flera trädarter. Trädarter som parklind (*Tilia x europea*, 4188 träd i Malmö) och plantan (*Platanus x hispanica*, 1678 träd i Malmö) har planterats i större omfattning, men hade inget beräknat riskvärde i Esperon-Rodriguez et al. (2022). Förutom träd så har även buskar en kylande effekt som hade kunnat inkluderas i vidare studier. Inkludering av ovan nämnda undersökningar hade gett en mer detaljerad helhetsbild.

### 5.5.2 Utöka undersökningsmaterialet

Denna studie har enbart undersökt de träd som är registrerade i Malmö stads trädregister och befinner sig på allmän mark. För att vidareutveckla och förbättra studieunderlaget hade en utökning med data över träd ifrån kyrkogårdar, bostadsbolag samt privata trädgårdar och koloniområden varit idealt.

Flera studier har uppmärksammat att områden som kyrkogårdar kan ha betydelse för stadens mikroklimat (Quinton & Duinker, 2018; Stumpe et al., 2024; Säumel et al., 2023). Stumpe et al. har i sin publikation från 2024 uppmärksammat kyrkogårdars

potential att minska temperaturen i urbana områden och städer. I många städer finns det kyrkogårdar som kan utgöra en stor del av den tillgängliga grönytan.

Förutom kyrkogårdar så har många städer även gamla och stora koloniområden, likaså är det i Malmö. I ovan nämnd studie av Stumpe et al. (2024) har det också kunnat påvisas en kylande effekt av koloniområden.

### 5.5.3 Multipla stressfaktorer och hur de kan tas med i analysen

Som ovan nämnts så är det många olika faktorer som påverkar trädens vitalitet och förmåga att bibehålla ekosystemtjänster som t.ex. kylande effekt. Framtida studier borde fokusera på huruvida olika faktorer som temperatur, tillgång till vatten, tillgängligt utrymme både över och under markytan, näringshalt i jord med mera är kumulativa eller inte och vilken faktor som har störst inverkan på trädens vitalitet.

### 5.5.4 Förändrat klimat och förändrad klimatzon

För att kunna motstå de förr så kalla och långa vintrarna behövde de planterade träden kunna tolerera detta. Under början av 1900-talet publicerades Köppens-klimatzoner av Wladimir Köppen som sedan dess har utvecklats (Arnfield, u.å). Enligt IPCC rapport från 2023 (IPCC, 2023) kan dessa zoner påverkas av den pågående klimatförändringen.

I södra Sverige har klimatzonen skiftat under referensperioden 1961–1990 till 1991–2020. I den förstnämnda var det endast de sydliga kustområdena i Sverige som klassades som varmttempererad zonen med lövskog (Cfb), men för den senare perioden har klimatzonen brett ut sig till Götaland och sydligaste Svealand och blivit den vanligaste naturtypen i dessa regioner. Flera studier har undersökt hur Köppen-klassificeringen kommer påverkas av den pågående klimatuppvärmningen. I en studie från Skalák et al. (2018) genomförd i Österrike, Tjeckien och Slovakien visade det sig att fram till år 2100 kommer klimatet skifta i centrala Europa. Klimatzonen Cfb kommer vara dominant och breda ut sig på bekostnad av klimatzoner en kalltempererad klimat, barrskog (D) och polarklimat (E). Samtidigt prognostiseras att vissa områden i Centraleuropa får en för Europa ny klimatzon, fuktigt subtropiskt klimat (Cfa) (Skalák et al., 2018). I en studie av Rubel och Kottek (2010) undersöktes skiftet av klimatzoner globalt. De kunde även påvisa en förändring av klimatzoner fram till år 2100 för Sverige. Där tundran (D) och polarklimat (E) krymper medan Cfb ökar (Rubel & Kottek, 2010).

Stadsplanerare, trädgårdsarkitekter-/ingenjör, ekologer med flera har ett intresse i att veta vilket klimat de kan vänta sig i framtiden för att kunna planera ett resiliert trädbestånd. Att klimat har en stor betydelse hur vidare ett träd kan bidra med ekosystemtjänster och kyla ner mikroklimat i städer är också presenterat av Rahman

et al. (2020). Hur stor påverkan detta kan ha kommer skilja sig åt ur ett globalt perspektiv eftersom klimatuppvärmningen är heterogen och kommer variera i intensitet beroende på var i världen man befinner sig (IPCC, 2023).

### 5.5.5 Andra möjligheter till vidare studier

- Viken påverkan, på t.ex. vitalitet eller förmåga att vid hålla ekosystemtjänster som kylning, kan ett högre riskvärde ha? Vad är skillnaden mellan låga, mellan höga och höga riskvärden eller nämnare bestämt vad är skillnaden av ett riskvärde på 1 jämfört med t.ex. 2,3 eller 5,2?
- Undersöka vilka utformningar av träd ger bästa kylningseffekt: stora, mellan eller små parker, alléer, utspridd på stora hårdgjorda ytor som parkeringsplatser eller torg, gatuträd eller små grupperingar?
- Vilken effekt har försvinnandet av ett visst antal träd eller en hel park?
- Kan det fastställas en påverkan på biodiversitet av ett minskat trädbestånd eller trädbestånd med en annan artsammansättning?
- Kan det fastställas en påverkan på människors fysiska och psykiska hälsa av ett förändrat trädbestånd och natur i städer?

## 6. Slutsatser

- Av träden i Malmö stad kommer en stor del utsättas för en årsmedeltemperatur som kan leda till minskad vitalitet samt försämrade förmåga att bibehålla viktiga ekosystemtjänster som att kyla städer.
- För att få en exakt bild över resiliens av ett befintligt trädbestånd är det viktigt att genomföra undersökningen på individnivå eftersom det kan vara en eller några arter som utgör stora delar av beståndet.
- Träden har en viktig funktion och är av stor betydelse för framtida klimatanpassning i städer genom deras möjlighet att sänka temperaturen samt motverka uppkomsten av värmeöar.
- Det kan finnas stora skillnader i antal träd och deras diversitet i de olika distrikten/delar. Detta leder till skillnader i resiliens för de olika områdena samt olika potential att bidra till ett kallare mikroklimat.
- Huruvida olika faktorer påverkar och eventuellt förstärker varandra samt vilka träd som lämpar sig för plantering i framtiden i Malmö och städer med likande förutsättningar behövs det vidare forskning kring.
- I framtiden kommer det finnas många olika utmaningar för att kunna planera för ett hållbart trädbestånd, men för att anpassa städer på ett bra sätt till framtida klimat är det värt att utveckla en bra trädstrategi.



# Tack

Jag vill börja med att tacka min handledare Peter Olsson som har hjälpt mig t med att formulera ett konkret projekt samt för många intressanta samtal inom ämnet samt hjälpt mig att hålla fokus och haft förtroende för mig. Ett tack går också till min andra handledare Helena Hansson som har hjälpt mig med strukturen och andra frågor i denna uppsats.

Jag vill också tacka mina medstudenter som har varit till stöd under den studieperioden och som har varit del av processen med givande samtal och input.

Sist men inte minst vill jag tacka min kära make Robin som har haft mycket tålamod, stöttat mig när det kändes svårt och segt samt har avlastat mig, och min älskade dotter Tyra för hennes talang att få mig att skratta och bli glad oavsett hur humöret var innan och alla andra som har stöttat mig på ett eller annat sätt.





# Referenser

- Aftonbladet. (2024). *Aten söker svalka – planterar 25 000 träd*. Aftonbladet. Hämtad den juni 9 2024 från <https://www.aftonbladet.se/nyheter/a/y6a1ja/aten-soker-svalka-planterar-25000-trad>
- Arnfield, A. J. (u.å). *Köppen climate classification*. *Encyclopedia Britannica*. Britannica. Hämtad den 20 augusti 2024 från <https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification>
- Björkman, C. S., J. (2013). *Svampar och insekter Rapport från Future Forests 2009-2012* (2013:5). (Future Forests rapportserie Issue. Sveriges lantbruksuniversitet). [https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/f-for/old/futureforests/ffrapport\\_svampar-och-insekter-2013-12-20.pdf](https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/f-for/old/futureforests/ffrapport_svampar-och-insekter-2013-12-20.pdf)
- Boverket. (u.å.). *Ekosystemtjänster i staden*. Boverket. Hämtad den 9 juni 2024 från <https://www.boverket.se/contentassets/bd60b22ecb814eeda1e55f84190c6df5/natu-4260-ekotjanster-staden-utskrift.pdf>
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, *97*(3), 147-155. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>
- Chang, C.-R., & Li, M.-H. (2014). Effects of urban parks on the local urban thermal environment. *Urban Forestry & Urban Greening*, *13*(4), 672-681. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.08.001>
- Cheng, Z., Nitoslawski, S., Konijnendijk van den Bosch, C., Sheppard, S., Nesbitt, L., & Girling, C. (2021). Alignment of municipal climate change and urban forestry policies: A Canadian perspective. *Environmental Science and Policy*, *122*, 14-24. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.04.005>
- Collins, M., R. Knutti, J. Arblaster, J.-L. Dufresne, T. Fichet, P. Friedlingstein, X. Gao, W.J. Gutowski, T. Johns, G. Krinner, M. Shongwe, C. Tebaldi, A.J. Weaver, & Wehner, M. (2013). Long-term climate change: Projections, commitments and irreversibility. i T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley (Eds.), *Climate Change 2013 the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate*

*Change* (pp. 1029-1136). Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.024>

Copernicus European Commission. (u.å.). *Demonstrating heat stress in European cities*. Copernicus European Commission. Hämtad den 9 juni 2024 från  
<https://climate.copernicus.eu/demonstrating-heat-stress-european-cities>

Davis, M. A., Chew, M. K., Hobbs, R. J., Lugo, A. E., Ewel, J. J., Vermeij, G. J., Brown, J. H., Rosenzweig, M. L., Gardener, M. R., Carroll, S. P., Thompson, K., Pickett, S. T. A., Stromberg, J. C., Del Tredici, P., Suding, K. N., Ehrenfeld, J. G., Grime, J. P., Mascaró, J., & Briggs, J. C. (2011). Don't judge species on their origins. *Nature*, *474*(7350), 153-154. <https://doi.org/10.1038/474153a>

de Quadros, B. M., & Mizgier, M. G. O. (2023). Urban green infrastructures to improve pedestrian thermal comfort: A systematic review. *Urban Forestry & Urban Greening*, *88*, 128091. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128091>

Esperon-Rodriguez, M., Tjoelker, M. G., Lenoir, J., Baumgartner, J. B., Beaumont, L. J., Nipperess, D. A., Power, S. A., Richard, B., Rymer, P. D., & Gallagher, R. V. (2022). Climate change increases global risk to urban forests. *Nature Climate Change*, *12*(10), 950-955. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01465-8>

FN:s utvecklingsprogram (UNDP). (2023). *Frågor och svar*. FN:s utvecklingsprogram (UNDP). <https://www.globalamalen.se/fragor-svar/>

Frank S. Santamour, J. (2003). *Trees for Urban Planting: Diversity, Uniformity, and Common Sense*. Agroforestry. Hämtad 2024, august 12 från <https://agroforestry.org/the-overstory/144-overstory-126-trees-for-urban-planting-diversity-uniformity-and-common-sense>

Gunn Persson, Elin Sjökvist, Sofia Åström, Dan Eklund, Johan Andréasson, Anna Johnell, Magnus Asp, Jonas Olsson, & Nerheim, S. (2012). *Klimatanalys för Skåne län* (2011-52). Länsstyrelsen Skåne län.  
[https://www.lansstyrelsen.se/download/18.2e0f9f621636c84402730f3d/1528811635925/LSTM-SMHI\\_2012\\_Klimatanalys%20f%C3%B6r%20Sk%C3%A5ne%20l%C3%A4n.pdf](https://www.lansstyrelsen.se/download/18.2e0f9f621636c84402730f3d/1528811635925/LSTM-SMHI_2012_Klimatanalys%20f%C3%B6r%20Sk%C3%A5ne%20l%C3%A4n.pdf)

Helletsgruber, C., Gillner, S., Gulyás, Á., Junker, R. R., Tanács, E., & Hof, A. (2020). Identifying tree traits for cooling urban heat islands—a cross-city empirical analysis. *Forests*, *11*(10), 1064. <https://doi.org/10.3390/f11101064>

Kalmar kommun. (2018). *Trädplan* (SBK2018-0601). Hämtad den 20 augusti 2024 från [https://kalmar.se/download/18.6c77e527167e3652d8d57f/1546849887079/Tradplan\\_SBK\\_2018\\_0601.pdf](https://kalmar.se/download/18.6c77e527167e3652d8d57f/1546849887079/Tradplan_SBK_2018_0601.pdf)

Kendal, D., Dobbs, C., & Lohr, V. I. (2014). Global patterns of diversity in the urban forest: Is there evidence to support the 10/20/30 rule? *Urban Forestry & Urban Greening*, *13*(3), 411-417. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.04.004>

Lantmäteriet. (u.å.). *Malmö\_distrikt*

Lin, W., Yu, T., Chang, X., Wu, W., & Zhang, Y. (2015). Calculating cooling extents of green parks using remote sensing: Method and test. *Landscape and Urban Planning*, *134*, 66-75. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.012>

Lund kommun. (2024). *Trädstrategi för Tekniska förvaltningen* (TN 24-287). Hämtad den 20 augusti 2024 från <https://moten.lund.se/welcome-sv/namnder-styrelser/tekniska-namnden/tekniska-namnden-2024-04-09/agenda/tradstrategi-for-tekniska-forvaltningen-2024-03-14pdf?downloadMode=open>

Malmö stad. (2017). *Nya träd i Malmö*. <https://www.mynewsdesk.com/se/malmo/pressreleases/nya-traed-i-malmoe-2330912>

Malmö stad. (2023). *Befolkning*. Malmö stad. Hämtad den 18 juli 2024 från <https://malmo.se/Fakta-och-statistik/Befolkning.html>

Malmö stad. (2024a). *Klimat- och väderstatistik*. Malmö stad. Hämtad den 18 juli 2024 från <https://miljobarometern.malmo.se/klimat/klimat-och-vaderstatistik/>

Malmö stad. (2024b). *Träd*. Malmö stad. Hämtad den 11 augusti 2024 från <https://malmo.se/Teknisk-handbok/Park--och-gronytor/Trad.html>

Malmö stad. (2024c). *Trädvård*. Malmö stad. Hämtad den 18 juli 2024 från <https://malmo.se/Sa-arbetar-vi-med.../Stad-och-trafik/Tradvard.html>

Matsiakh, I., & Menkis, A. (2023). An Overview of Phytophthora Species on Woody Plants in Sweden and Other Nordic Countries. *Microorganisms*, *11*(5).

Mossberg, B., & Stenberg, L. (2005). *Den nya nordiska floran* (2. tr. ed.). Wahlström & Widstrand.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). (2024). *Värmekartering Metodbeskrivning och användarstöd* (MSB2157). Hämtad 10 juni 2024 från <https://rib.msb.se/filer/pdf/30272.pdf>

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). (u.å.). *Värmekartering* Hämtad 10 juni 2014 från <https://gis.msb.se/portal/apps/storymaps/stories/9b3a5dc917fb486ebcb79091bdf18269>

Naturvårdsverket. (2018a). *Precisering av Begränsad klimatpåverkan*. Sverigesmiljomal. Hämtad 15 maj från <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/begransad-klimatpaverkan/precisering-av-begransad-klimatpaverkan/>

Naturvårdsverket. (2018b). *Preciseringar av God bebyggd miljö*. Sverigesmiljomal. Hämtad 29 juni 2024 från <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/god-bebyggd-miljo/preciseringar-av-god-bebyggd-miljo/>

Naturvårdsverket. (2021a). *Miljömålssystemets historia*. Sverigesmiljomalv. Hämtad 15 maj 2024, maj 15 från <https://www.sverigesmiljomal.se/sa-fungerar-arbetet-med-sveriges-miljomal/miljomalssystemets-historia/>

Naturvårdsverket. (2021b). *Naturbaserade lösningar– ett verktyg för klimatanpassning och andra samhällsutmaningar* (7016). Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/4ac248/globalassets/media/publikationer-pdf/7000/978-91-620-7016-2.pdf>

Naturvårdsverket. (2023). *God bebyggd miljö*. Sverigesmiljomal. Hämtad 9 juni 2024 från <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/god-bebyggd-miljo/>

Naturvårdsverket. (2024). *Klimatet i framtiden*. Naturvårdsverket. Hämtad 9 juni 2024 från <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatforandringar/klimatet-i-framtiden/>

Naturvårdsverket. (u.å.-a). *Klimatkonventionen*. Naturvårdsverket. Hämtad 15 maj 2024 från <https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/internationellt-miljoarbete/internationella-miljokonventioner/klimatkonventionen/>

Naturvårdsverket. (u.å.-b). *Vad är Parisavtalet?* Naturvårdsverket. Hämtad 21 maj 2024 från <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/det-globala-klimatarbetet/parisavtalet/vad-ar-parisavtalet/>

Norwegian Polar Institute. (u.å.). *Albedo effect*. Norwegian Polar Institute. Hämtad 17 juli 2024 från <https://www.npolar.no/en/fact/albedo/>

Oke, T. R. (2006). Towards better scientific communication in urban climate. *Theoretical and Applied Climatology*, 84(1–3), 179-190. <https://doi.org/10.1007/S00704-005-0153-0>

- Ouyang, Z., Sciusco, P., Jiao, T., Feron, S., Lei, C., Li, F., John, R., Fan, P., Li, X., Williams, C. A., Chen, G., Wang, C., & Chen, J. (2022). Albedo changes caused by future urbanization contribute to global warming. *Nature Communications*, *13*(1), 3800. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31558-z>
- Pretzsch, H., Moser-Reischl, A., Rahman, M. A., Pauleit, S., & Rötzer, T. (2023, 2023/02/01). Towards sustainable management of the stock and ecosystem services of urban trees. från theory to model and application. *Trees*, *37*(1), 177-196. <https://doi.org/10.1007/s00468-021-02100-3>
- Quinton, J. M., & Duinker, P. N. (2018). Beyond burial: researching and managing cemeteries as urban green spaces, with examples från Canada. *Environmental Reviews*, *27*(2), 252-262. <https://doi.org/10.1139/er-2018-0060>
- Rahman, M. A., Armson, D., & Ennos, A. R. (2015). A comparison of the growth and cooling effectiveness of five commonly planted urban tree species. *Urban Ecosystems*, *18*(2), 371-389. <https://doi.org/10.1007/s11252-014-0407-7>
- Rahman, M. A., Moser, A., Rötzer, T., & Pauleit, S. (2019). Comparing the transpirational and shading effects of two contrasting urban tree species. *Urban Ecosystems*, *22*(4), 683-697. <https://doi.org/10.1007/s11252-019-00853-x>
- Rahman, M. A., Stratopoulos, L. M. F., Moser-Reischl, A., Zölch, T., Häberle, K.-H., Rötzer, T., Pretzsch, H., & Pauleit, S. (2020). Traits of trees for cooling urban heat islands: A meta-analysis. *Building and Environment*, *170*, 106606. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106606>
- Raupp, M. J., Buckelew Cumming, A., & Raupp, E. C. (2006). Street Tree Diversity in Eastern North America and Its Potential for Tree Loss to Exotic Borers. *Arboriculture & Urban Forestry*, *32*(6), 297-304. <https://doi.org/10.48044/jauf.2006.038>
- Rendon, P., Love, N., Pawlak, C., Yost, J., Ritter, M., & Doremus, J. (2024). Street tree diversity and urban heat. *Urban Forestry & Urban Greening*, *91*, 128180. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128180>
- Rubel, F., & Kottek, M. (2010). Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification. *Meteorologische Zeitschrift*, *19*(2), 135-141. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2010/0430>
- Schwaab, J., Meier, R., Mussetti, G., Seneviratne, S., Bürgi, C., & Davin, E. L. (2021). The role of urban trees in reducing land surface temperatures in European cities. *Nature Communications*, *12*(1), 6763. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26768-w>

- Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C. A. J., Smith, A., & Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 375(1794), 1-12. <https://ludwig.lub.lu.se/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db=edsjrs&AN=edsjrs.26916816&site=eds-live&scope=site>
- Sharmin, M., Tjoelker, M. G., Pfautsch, S., Esperon-Rodriguez, M., Rymer, P. D., & Power, S. A. (2023). Tree crown traits and planting context contribute to reducing urban heat. *Urban Forestry & Urban Greening*, 83, 127913. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127913>
- Sjöman, H., & Busse Nielsen, A. (2010). Selecting trees for urban paved sites in Scandinavia – A review of information on stress tolerance and its relation to the requirements of tree planners. *Urban Forestry & Urban Greening*, 9(4), 281-293. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2010.04.001>
- Sjöman, H., Gunnarsson, A., Pauleit, S., & Bothmer, R. (2012). Selection Approach of Urban Trees for Inner-city Environments: Learning från Nature. *Arboriculture & Urban Forestry*, 38(5), 194-204. <https://doi.org/10.48044/jauf.2012.028>
- Sjöman, H., Morgenroth, J., Sjöman, J. D., Sæbø, A., & Kowarik, I. (2016). Diversification of the urban forest—Can we afford to exclude exotic tree species? *Urban Forestry & Urban Greening*, 18, 237-241. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.06.011>
- Sjöman, H., Watkins, H., Kelly, L. J., Hirons, A., Kainulainen, K., Martin, K. W. E., & Antonelli, A. (2024). Resilient trees for urban environments: The importance of intraspecific variation. *PLANTS PEOPLE PLANET*. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10518>
- Sjöman, H., Östberg, J., & Bühler, O. (2012). Diversity and distribution of the urban tree population in ten major Nordic cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(1), 31-39. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2011.09.004>
- Skalák, P., Farda, A., Zahradníček, P., Trnka, M., Štěpánek, P., & Hlásny, T. (2018). Projected shift of Köppen–Geiger zones in the central Europe: A first insight into the implications for ecosystems and the society. *International Journal of Climatology*, 38(9), 3595-3606. <https://doi.org/10.1002/joc.5520>
- Statistikmyndigheten. (2015). *Urbanisering – från land till stad*. Statistikmyndigheten. Hämtad 6 juni 2024 från <https://www.scb.se/hitta-statistik/artiklar/2015/Urbanisering--fran-land-till-stad/>
- Stockholm stad. (2024). *Stockholms träd*. Stockholm stad. Hämtad 19 augusti 2024 från <https://parker.stockholm/vaxter-djur/trad/>

- Stumpe, B., Stuhmann, N., Jostmeier, A., & Marschner, B. (2024). Urban cemeteries: The forgotten but powerful cooling islands. *Science of the Total Environment*, 934, 173167. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173167>
- Sveriges geologiska undersökning (SGU). (2020). *Vårt framtida klimat*. SGU. Hämtad 21 maj 2024 från <https://www.sgu.se/om-geologi/ett-klimat-i-standig-forandring/vart-framtida-klimat/>
- Sveriges landbruksuniversitet (SLU). (2024). *Phytophthora i Sverige*. SLU. <https://www.slu.se/forskning/kunskapsbank/a2023/phytophthora-i-sverige/#contact-information-header>
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI). (2013). *RCP scenarier*. SMHI. Hämtad 21 maj 2024 från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatmodeller-och-scenarier/rcp-erden-nya-generationen-klimatscenarier-1.32914>
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI). (2018). *Sommaren 2018 - Extremt varm och solig*. SMHI. Hämtad 6 juni 2024, juni 6 från <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/arets-vader/sommaren-2018-extremt-varm-och-solig-1.138134>
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut SMHI. (2009). *Sveriges klimat*. SMHI. Hämtad 16 juli 2024 från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/sveriges-klimat/sveriges-klimat-1.6867>
- Sveriges television (SVT) Nyheter. (2024). *Värmebölja i Grekland – myndigheter varnar turister*. SVT Nyheter. Hämtad 25 juni 2024 från <https://www.svt.se/nyheter/utrikes/varmebolja-i-grekland-myndigheter-varnar-turister>
- SVT Nyheter Gävleborg. (2023). *Hälsingland hårt drabbat av Hans – nu kommer mer regn*. SVT Nyhete. Hämtad 9 juni 2024 från <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/gavleborg/halsingland-hart-drabbat-av-hans-nu-kommer-mera-regn--abo7cm>
- SVT Nyheter, S. (2020). *Almsjukan förändrar stadsbilden i Kalmar – ”Alla är borta om 10 år”*. SVT Nyhete. Hämtad 17 augusti 2024 från <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/smaland/almsjukan-forandrar-stadsbilden-i-kalmar-alla-almar-borta-om-10-ar>

- Säumel, I., Butenschön, S., & Kreibitz, N. (2023). Gardens of life: Multifunctional and ecosystem services of urban cemeteries in Central Europe and beyond—Historical, structural, planning, nature and heritage conservation aspects. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1077565>
- Taha, H. (1997). Urban Climates and Heat Islands; Albedo, Evapotranspiration, and Anthropogenic Heat. *Energy and Buildings*, 25(2), 99-103. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(96\)00999-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-7788(96)00999-1)
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC.*
- Thomsen, P., Bühler, O., & Kristoffersen, P. (2016). Diversity of street tree populations in larger Danish municipalities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 15, 200-210. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.12.006>
- United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division. (2018). *The speed of urbanization around the world.* un. Hämtad 18 juli 2024 från [https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/files/documents/2020/Jan/un\\_2018\\_factsheet1.pdf](https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/files/documents/2020/Jan/un_2018_factsheet1.pdf)
- Uppsala kommun. (2024). *Plan för Uppsalas träd* (GSN-2024-00068). Hämtad den 20 augusti 2024 <https://www.uppsala.se/contentassets/9bc937919b414a3295b7df2b15739c86/10.-plan-for-uppsalas-trad.pdf>
- van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G. C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J.-F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S. J., & Rose, S. K. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change*, 109(1-2), 5-31. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>
- Vogt, J., Gillner, S., Hofmann, M., Tharang, A., Dettmann, S., Gerstenberg, T., Schmidt, C., Gebauer, H., Van de Riet, K., Berger, U., & Roloff, A. (2017). Citree: A database supporting tree selection for urban areas in temperate climate. *Landscape and Urban Planning*, 157, 14-25. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.06.005>
- Wang, X., Shi, W., Dallimer, M., Scott, C. E., & Gao, J. (2021). Tree species richness and diversity predicts the magnitude of urban heat island mitigation effects of greenspaces. *Science of the Total Environment*, 770, 145211. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145211>



Wirén, M. (2005). *Trädplan för Malmö*.

<https://ludwig.lub.lu.se/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db=cab07147a&AN=lub.1652561&site=eds-live&scope=site>



# Bilagor

**Tabell 6** redovisning av de 169 undersökta arter och deras riskvärden beräknad av (Esperon-Rodriguez et al., 2022) för Malmö.

Art	risk_MAT_95_2050_ 45	risk_MAT_95_2050_ 60	risk_MAT_95_2070_ 45	risk_MAT_95_2070_ 60
<b>Abies concolor</b>	2,286597181	2,091597181	2,781597181	3,047597181
<b>Abies homolepis</b>	2,053912163	1,858912163	2,548912163	2,814912163
<b>Acer campestre</b>	0,3620559	0,1670559	0,8570559	1,1230559
<b>Acer griseum</b>	-1,27	-1,465	-0,775	-0,509
<b>Acer monspessulanum</b>	-0,01616592	-0,21116592	0,47883408	0,74483408
<b>Acer negundo</b>	-0,38805155	-0,58305155	0,10694845	0,37294845
<b>Acer palmatum</b>	-2,13283557	-2,32783557	-1,63783557	-1,37183557
<b>Acer pensylvanicum</b>	1,578276759	1,383276759	2,073276759	2,339276759
<b>Acer platanoides</b>	1,671557381	1,476557381	2,166557381	2,432557381
<b>Acer pseudoplatanus</b>	0,87322874	0,67822874	1,36822874	1,63422874
<b>Acer rubrum</b>	-1,71416738	-1,90916738	-1,21916738	-0,95316738
<b>Acer saccharinum</b>	-0,37580883	-0,57080883	0,11919117	0,38519117
<b>Acer saccharum</b>	0,16725036	-0,02774964	0,66225036	0,92825036
<b>Acer tataricum</b>	2,646086851	2,451086851	3,141086851	3,407086851
<b>Aesculus flava</b>	-0,74889362	-0,94389362	-0,25389362	0,01210638
<b>Aesculus hippocastanum</b>	1,089705353	0,894705353	1,584705353	1,850705353
<b>Ailanthus altissima</b>	-2,41854237	-2,61354237	-1,92354237	-1,65754237
<b>Alnus cordata</b>	0,60180288	0,40680288	1,09680288	1,36280288
<b>Alnus glutinosa</b>	1,469443606	1,274443606	1,964443606	2,230443606
<b>Alnus incana</b>	3,14856833	2,95356833	3,64356833	3,90956833
<b>Araucaria araucana</b>	-0,60309608	-0,79809608	-0,10809608	0,15790392
<b>Betula albosinensis</b>	-5,87	-6,065	-5,375	-5,109
<b>Betula ermanii</b>	4,686720648	4,491720648	5,181720648	5,447720648
<b>Betula nigra</b>	-2,41542751	-2,61042751	-1,92042751	-1,65442751

<b>Betula papyrifera</b>	2,315586867	2,120586867	2,810586867	3,076586867
<b>Betula pendula</b>	2,093477464	1,898477464	2,588477464	2,854477464
<b>Betula pubescens</b>	2,959003558	2,764003558	3,454003558	3,720003558
<b>Betula utilis</b>	0,34	0,145	0,835	1,101
<b>Carpinus betulus</b>	1,00795776	0,81295776	1,50295776	1,76895776
<b>Castanea sativa</b>	-0,09988882	-0,29488882	0,39511118	0,66111118
<b>Catalpa bignonioides</b>	-0,77134049	-0,96634049	-0,27634049	-0,01034049
<b>Catalpa speciosa</b>	-1,39010698	-1,58510698	-0,89510698	-0,62910698
<b>Celtis australis</b>	-3,81372834	-4,00872834	-3,31872834	-3,05272834
<b>Cercidiphyllum japonicum</b>	1,392560164	1,197560164	1,887560164	2,153560164
<b>Chamaecyparis lawsoniana</b>	1,53883194	1,34383194	2,03383194	2,29983194
<b>Cladrastis kentukea</b>	-1,30573317	-1,50073317	-0,81073317	-0,54473317
<b>Cornus controversa</b>	-1,13853297	-1,33353297	-0,64353297	-0,37753297
<b>Cornus florida</b>	-2,87076763	-3,06576763	-2,37576763	-2,10976763
<b>Cornus mas</b>	0,80112166	0,60612166	1,29612166	1,56212166
<b>Corylus avellana</b>	1,141404141	0,946404141	1,636404141	1,902404141
<b>Corylus columna</b>	0,83123239	0,63623239	1,32623239	1,59223239
<b>Corylus maxima</b>	1,618986814	1,423986814	2,113986814	2,379986814
<b>Crataegus crus-galli</b>	0,31431905	0,11931905	0,80931905	1,07531905
<b>Crataegus laevigata</b>	1,63593294	1,44093294	2,13093294	2,39693294
<b>Crataegus monogyna</b>	0,09102103	-0,10397897	0,58602103	0,85202103
<b>Crataegus orientalis</b>	-4,1	-4,295	-3,605	-3,339
<b>Crataegus rhipidophylla</b>	3,493118006	3,298118006	3,988118006	4,254118006
<b>Cryptomeria japonica</b>	-2,04648804	-2,24148804	-1,55148804	-1,28548804
<b>Cydonia oblonga</b>	-0,93355156	-1,12855156	-0,43855156	-0,17255156
<b>Davidia involucrata</b>	0,48116049	0,28616049	0,97616049	1,24216049
<b>Elaeagnus angustifolia</b>	1,01898746	0,82398746	1,51398746	1,77998746
<b>Fagus orientalis</b>	0,78	0,585	1,275	1,541
<b>Fagus sylvatica</b>	1,065760831	0,870760831	1,560760831	1,826760831
<b>Fraxinus americana</b>	-1,46087863	-1,65587863	-0,96587863	-0,69987863
<b>Fraxinus excelsior</b>	1,163182855	0,968182855	1,658182855	1,924182855
<b>Fraxinus ornus</b>	-0,16496268	-0,35996268	0,33003732	0,59603732
<b>Ginkgo biloba</b>	-0,73413837	-0,92913837	-0,23913837	0,02686163

<b>Gleditsia triacanthos</b>	-1,91501044	-2,11001044	-1,42001044	-1,15401044
<b>Ilex aquifolium</b>	-0,11314665	-0,30814665	0,38185335	0,64785335
<b>Juglans cinerea</b>	2,925316842	2,730316842	3,420316842	3,686316842
<b>Juglans mandshurica</b>	3,436081201	3,241081201	3,931081201	4,197081201
<b>Juglans nigra</b>	-0,85783139	-1,05283139	-0,36283139	-0,09683139
<b>Juglans regia</b>	-0,10219092	-0,29719092	0,39280908	0,65880908
<b>Juniperus chinensis</b>	-3,1666036	-3,3616036	-2,6716036	-2,4056036
<b>Juniperus virginiana</b>	-3,1520637	-3,3470637	-2,6570637	-2,3910637
<b>Kalopanax septemlobus</b>	-0,87934109	-1,07434109	-0,38434109	-0,11834109
<b>Koelreuteria paniculata</b>	-2,25507256	-2,45007256	-1,76007256	-1,49407256
<b>Laburnum alpinum</b>	3,888971562	3,693971562	4,383971562	4,649971562
<b>Laburnum anagyroides</b>	1,66956439	1,47456439	2,16456439	2,43056439
<b>Larix decidua</b>	2,287596727	2,092596727	2,782596727	3,048596727
<b>Larix kaempferi</b>	1,561804476	1,366804476	2,056804476	2,322804476
<b>Liquidambar styraciflua</b>	-3,62197693	-3,81697693	-3,12697693	-2,86097693
<b>Liriodendron tulipifera</b>	-1,99117949	-2,18617949	-1,49617949	-1,23017949
<b>Maackia amurensis</b>	-0,44584347	-0,64084347	0,04915653	0,31515653
<b>Magnolia acuminata</b>	-1,39337549	-1,58837549	-0,89837549	-0,63237549
<b>Magnolia kobus</b>	-2,74	-2,935	-2,245	-1,979
<b>Magnolia obovata</b>	-4,31	-4,505	-3,815	-3,549
<b>Magnolia sieboldii</b>	0,35386334	0,15886334	0,84886334	1,11486334
<b>Magnolia stellata</b>	-0,21045115	-0,40545115	0,28454885	0,55054885
<b>Magnolia tripetala</b>	-2,6465008	-2,8415008	-2,1515008	-1,8855008
<b>Malus baccata</b>	2,017064097	1,822064097	2,512064097	2,778064097
<b>Malus floribunda</b>	-3,87	-4,065	-3,375	-3,109
<b>Malus sylvestris</b>	1,387422579	1,192422579	1,882422579	2,148422579
<b>Malus tschonoskii</b>	-4,555	-4,75	-4,06	-3,794
<b>Mespilus germanica</b>	0,25664234	0,06164234	0,75164234	1,01764234
<b>Metasequoia glyptostroboides</b>	-0,38729655	-0,58229655	0,10770345	0,37370345
<b>Morus alba</b>	-3,7167502	-3,9117502	-3,2217502	-2,9557502
<b>Morus nigra</b>	-3,27511089	-3,47011089	-2,78011089	-2,51411089
<b>Nothofagus antarctica</b>	0,4	0,205	0,895	1,161

<b>Nyssa sylvatica</b>	-3,12363243	-3,31863243	-2,62863243	-2,36263243
<b>Ostrya carpinifolia</b>	-0,81664279	-1,01164279	-0,32164279	-0,05564279
<b>Parrotia persica</b>	-0,10445316	-0,29945316	0,39054684	0,65654684
<b>Paulownia tomentosa</b>	-1,53198793	-1,72698793	-1,03698793	-0,77098793
<b>Phellodendron amurense</b>	0,77680309	0,58180309	1,27180309	1,53780309
<b>Picea abies</b>	2,159913707	1,964913707	2,654913707	2,920913707
<b>Picea glauca</b>	3,501717979	3,306717979	3,996717979	4,262717979
<b>Picea omorika</b>	2,006194606	1,811194606	2,501194606	2,767194606
<b>Picea orientalis</b>	1,317986075	1,122986075	1,812986075	2,078986075
<b>Pinus cembra</b>	5,621132006	5,426132006	6,116132006	6,382132006
<b>Pinus contorta</b>	1,685043556	1,490043556	2,180043556	2,446043556
<b>Pinus heldreichii</b>	-1,67	-1,865	-1,175	-0,909
<b>Pinus mugo</b>	2,370939596	2,175939596	2,865939596	3,131939596
<b>Pinus nigra</b>	0,83916057	0,64416057	1,33416057	1,60016057
<b>Pinus peuce</b>	4,824407458	4,629407458	5,319407458	5,585407458
<b>Pinus sylvestris</b>	2,357668737	2,162668737	2,852668737	3,118668737
<b>Pinus thunbergii</b>	-3,03389608	-3,22889608	-2,53889608	-2,27289608
<b>Platanus occidentalis</b>	-3,40522259	-3,60022259	-2,91022259	-2,64422259
<b>Platanus orientalis</b>	-2,41324829	-2,60824829	-1,91824829	-1,65224829
<b>Populus alba</b>	0,03377421	-0,16122579	0,52877421	0,79477421
<b>Populus balsamifera</b>	3,287036285	3,092036285	3,782036285	4,048036285
<b>Populus laurifolia</b>	5,057898636	4,862898636	5,552898636	5,818898636
<b>Populus nigra</b>	0,28578656	0,09078656	0,78078656	1,04678656
<b>Populus simonii</b>	2,76483189	2,56983189	3,25983189	3,52583189
<b>Populus tremula</b>	2,683849636	2,488849636	3,178849636	3,444849636
<b>Prunus avium</b>	1,034679083	0,839679083	1,529679083	1,795679083
<b>Prunus cerasifera</b>	-0,26190257	-0,45690257	0,23309743	0,49909743
<b>Prunus domestica</b>	1,437565338	1,242565338	1,932565338	2,198565338
<b>Prunus maackii</b>	3,428831588	3,233831588	3,923831588	4,189831588
<b>Prunus mahaleb</b>	1,206689772	1,011689772	1,701689772	1,967689772
<b>Prunus padus</b>	3,072171537	2,877171537	3,567171537	3,833171537
<b>Prunus sargentii</b>	0,61963295	0,42463295	1,11463295	1,38063295
<b>Prunus serotina</b>	-0,22039596	-0,41539596	0,27460404	0,54060404
<b>Prunus serrulata</b>	-0,63410115	-0,82910115	-0,13910115	0,12689885
<b>Prunus spinosa</b>	0,72661139	0,53161139	1,22161139	1,48761139

<b>Prunus virginiana</b>	-1,47	-1,665	-0,975	-0,709
<b>Pseudotsuga menziesii</b>	0,52618198	0,33118198	1,02118198	1,28718198
<b>Pterocarya fraxinifolia</b>	-7,07	-7,265	-6,575	-6,309
<b>Pyrus communis</b>	0,56008495	0,36508495	1,05508495	1,32108495
<b>Quercus cerris</b>	0,24612027	0,05112027	0,74112027	1,00712027
<b>Quercus coccinea</b>	-0,74168337	-0,93668337	-0,24668337	0,01931663
<b>Quercus frainetto</b>	0,62523767	0,43023767	1,12023767	1,38623767
<b>Quercus macranthera</b>	0,27	0,075	0,765	1,031
<b>Quercus palustris</b>	-0,85879293	-1,05379293	-0,36379293	-0,09779293
<b>Quercus petraea</b>	1,127891622	0,932891622	1,622891622	1,888891622
<b>Quercus robur</b>	0,88996625	0,69496625	1,38496625	1,65096625
<b>Quercus rubra</b>	0,93391188	0,73891188	1,42891188	1,69491188
<b>Rhamnus cathartica</b>	1,868286987	1,673286987	2,363286987	2,629286987
<b>Rhus typhina</b>	1,343695176	1,148695176	1,838695176	2,104695176
<b>Robinia pseudoacacia</b>	-1,01205743	-1,20705743	-0,51705743	-0,25105743
<b>Salix acutifolia</b>	4,706697269	4,511697269	5,201697269	5,467697269
<b>Salix alba</b>	0,91451227	0,71951227	1,40951227	1,67551227
<b>Salix caprea</b>	2,223202617	2,028202617	2,718202617	2,984202617
<b>Salix euxina</b>	2,23	2,035	2,725	2,991
<b>Salix pentandra</b>	4,078627303	3,883627303	4,573627303	4,839627303
<b>Salix udensis</b>	3,603590476	3,408590476	4,098590476	4,364590476
<b>Salix viminalis</b>	2,00029591	1,80529591	2,49529591	2,76129591
<b>Sambucus nigra</b>	0,42904799	0,23404799	0,92404799	1,19004799
<b>Sequoiadendron giganteum</b>	0,53527976	0,34027976	1,03027976	1,29627976
<b>Sorbus americana</b>	3,495202728	3,300202728	3,990202728	4,256202728
<b>Sorbus aria</b>	1,93	1,735	2,425	2,691
<b>Sorbus aucuparia</b>	2,412150119	2,217150119	2,907150119	3,173150119
<b>Sorbus commixta</b>	0,56567037	0,37067037	1,06067037	1,32667037
<b>Sorbus decora</b>	3,966878103	3,771878103	4,461878103	4,727878103
<b>Sorbus intermedia</b>	0,63	0,435	1,125	1,391
<b>Sorbus koehneana</b>	3,031274461	2,836274461	3,526274461	3,792274461
<b>Sorbus mougeotii</b>	0,43	0,235	0,925	1,191

<b>Stewartia pseudocamellia</b>	-1,15	-1,345	-0,655	-0,389
<b>Styphnolobium japonicum</b>	-1,11299027	-1,30799027	-0,61799027	-0,35199027
<b>Syringa vulgaris</b>	1,149041626	0,954041626	1,644041626	1,910041626
<b>Taxodium distichum</b>	-4,40347461	-4,59847461	-3,90847461	-3,64247461
<b>Taxus baccata</b>	0,83854428	0,64354428	1,33354428	1,59954428
<b>Thuja occidentalis</b>	2,30205646	2,10705646	2,79705646	3,06305646
<b>Thuja plicata</b>	0,27852762	0,08352762	0,77352762	1,03952762
<b>Tilia cordata</b>	1,880251372	1,685251372	2,375251372	2,641251372
<b>Tilia platyphyllos</b>	1,622555314	1,427555314	2,117555314	2,383555314
<b>Tilia tomentosa</b>	0,08493986	-0,11006014	0,57993986	0,84593986
<b>Tsuga canadensis</b>	0,50815115	0,31315115	1,00315115	1,26915115
<b>Ulmus glabra</b>	2,437931947	2,242931947	2,932931947	3,198931947
<b>Ulmus minor</b>	-0,50311677	-0,69811677	-0,00811677	0,25788323





**LUNDS**  
UNIVERSITET

[WWW.CEC.LU.SE](http://WWW.CEC.LU.SE)  
[WWW.LU.SE](http://WWW.LU.SE)

Lunds universitet

Miljövetenskaplig utbildning  
Centrum för miljö- och  
klimatforskning  
Ekologihuset  
223 62 Lund