



# Stadsträd – i nöd och lust

Skillnader i reglerande och stödjande ekosystemtjänster mellan löv- och barrträd i stadsmiljö

---

Jennifer Engelbrekt Tchang & Sara Karlsson

Självständigt arbete • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Landskapsarkitektprogrammet - Uppsala  
Uppsala 2023



# Stadsträd – i nöd och lust. Skillnader i reglerande och stödjande ekosystemtjänster mellan löv- och barrträd i stadsmiljö

*Urban trees – for better or for worse. Differences in regulating and supporting ecosystem services between broadleaved and conifer trees in the urban environment*

Jennifer Engelbrekt Tchang & Sara Karlsson

**Handledare:** Helena Nordh, SLU, Institutionen för stad och land  
**Examinator:** Göran Thor, SLU, Institutionen för ekologi  
**Bitr. examinator:** Sara Westerdahl, SLU, Institutionen för stad och land

**Omfattning:** 15 hp  
**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E  
**Kurstitel:** Självständigt arbete i landskapsarkitektur  
**Kurskod:** EX0861  
**Program/utbildning:** Landskapsarkitektprogrammet - Uppsala  
**Kursansvarig inst.:** Institutionen för stad och land  
**Utgivningsort:** Uppsala  
**Utgivningsår:** 2023  
**Omslagsbild:** Sara Karlsson  
**Upphovsrätt:** Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.  
**Elektronisk publicering:** <https://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** ekosystemtjänst, lövträd, barrträd, stadsträd, luftrening, dagvattenhantering, vindskydd, temperaturreglering, kolupptagning, kolinlagring, biologisk mångfald.

## Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för stad och land

Avdelningen för landskapsarkitektur

## Sammanfattning

Träd har en viktig roll i att klimatanpassa städer genom att leverera ekosystemtjänster. I nordiska städer planteras mest lövträd eftersom det historiskt funnits ett kulturellt motstånd mot barrträd. Flera barrträd tål dock stadens ogästvänliga ståndort och eftersom de flesta barrträden är städsegröna kan de leverera ekosystemtjänster året om. I denna uppsats undersöks skillnader mellan löv- och barrträd utifrån sex reglerande och stödjande ekosystemtjänster med hjälp av en systematisk litteraturstudie. Resultaten visar att barrträd, som har komplexare bladstruktur, större sammanlagd bladyta och städsegrön krona kan vara effektivare på ekosystemtjänsterna luftrening, dagvattenhantering och vindskydd. Lövträd kan, med bredare kronor och lövfällning, vara effektivare på temperaturreglering. Kolupptagning/kolinlagring kan anses vara likvärdiga för löv- och barrträd och i stället bero på andra faktorer såsom trädets biomassa, tillväxthastighet och växtbäddsförhållanden. För biologisk mångfald med avseende på habitat och föda för andra organismer kunde det konstateras att löv- och barrträd fyller olika funktioner och därför behövs båda trädslag i staden. Lokal artsammansättning och om träden är inhemska eller inte kan dock anses vara viktigare faktorer för denna ekosystemtjänst. Resultatet indikerar att skillnaden mellan löv- och barrträd är större för luftrening men mindre för dagvattenhantering i det syd- och mellansvenska klimatet än vad internationell forskning visar. För svenskt klimat är det framför allt rumslig komposition som avgör skillnaden i temperaturreglering och vindskydd. Trädets förmåga att leverera de sex undersökta ekosystemtjänsterna beror på fler faktorer såsom platsen, växtbädd, skötsel, artsammansättning, komposition, förekomst och ålder (tid) och dessa bör tas i beaktning vid trädval. Denna uppsats redogör för vilka ekosystemtjänster man kan förväntas få från löv- och barrträd i stadsmiljö och kan vägleda till ett medvetet trädval.

*Nyckelord:* ekosystemtjänst, lövträd, barrträd, stadsträd, luftrening, dagvattenhantering, vindskydd, temperaturreglering, kolupptagning, kolinlagring, biologisk mångfald.

## Abstract

Trees play a significant role in climate adaptation by delivering ecosystem services. Broadleaved trees are commonly planted in Nordic cities because of the historic cultural resistance towards conifers. Yet, many conifers tolerate the harsh urban environment and have potential to deliver ecosystem services all year round since most conifers are evergreen. This essay will investigate differences between broadleaved and conifer trees in six regulating and supporting ecosystem services through systematic literature studies. The results show that conifers, which have a more complex leaf structure, bigger total leaf area and evergreen canopies can be more effective at removing pollutants, managing storm water and to create wind protection. However, broadleaved trees can by being deciduous and by having broader canopies be more effective at mitigating temperature. Carbon sequestration and storage can be considered equal for broadleaved and conifer trees and depend more on other factors like biomass, growth rate and soil conditions. For biodiversity concerning habitat and food provisioning for other organisms, broadleaved and conifer trees have distinct roles and are both needed in urban areas. However, local species composition and whether the trees are native or not could be more crucial factors for this ecosystem service. The results indicate that the differences between broadleaved and conifer trees are bigger for air purification but smaller for storm water management in the climate of south and central Sweden than what international research shows. For Swedish climate, especially spatial composition decides the difference in temperature mitigation and wind protection. The trees' capacity to deliver these ecosystem services depend on additional factors such site, soil, management, species and spatial composition, frequency and age (time) and these should be considered in tree selection. This essay covers which ecosystem services one can expect from broadleaved and conifer trees in urban areas and can guide a conscious tree selection.

*Keywords:* ecosystem service, broadleaf, conifer, urban tree, air purification, stormwater management, wind protection, temperature mitigation, carbon sequestration, carbon storage, biodiversity.

## Förord

Denna uppsats är ett kandidatarbete på landskapsarkitektprogrammet vid SLU Ultuna. Texterna i arbetet har utformats genom en växelverkan mellan Jennifer Engelbrekt Tchang och Sara Karlsson där ena parten skrivit ett utkast som den andra omarbetat och sedan har båda reviderat texten igen flera gånger. Informationssökandet genom litteraturstudien utfördes av båda två under lika många dagar. Båda parter har fördjupat sig inom alla ekosystemtjänster, men i olika delområden för respektive ekosystemtjänst. Den som fördjupat sig inom ett område skrev första utkastet och sedan diskuterades relationen mellan de olika delarna gemensamt för att sedan vävas ihop. Engelbrekt Tchang har huvudsakligen letat information och skrivit första utkastet för sammanfattning, vind, interception och skillnader i biologisk mångfald. Engelbrekt Tchang har även skött kontakten när det gäller uppvärmningskostnader och biologisk mångfald. Karlsson har huvudsakligen letat information och skrivit första utkastet på torr deposition, transpiration, temperaturreglering, kolupptagning/kolinlagring och andra faktorer som påverkar biologisk mångfald. Karlsson har huvudsakligen skött mejlkorrespondensen när det gäller kolupptagning/kolinlagring. Konzepten av figurer har skissats fram tillsammans och där Engelbrekt Tchang sedan stått för digitaliserandet av skisser och Karlsson har renritat illustrationer för hand. Engelbrekt Tchang utformade de digitala figurerna som redogör för källornas ursprung.

Tack till vår handledare Helena Nordh som gett ögonöppnande feedback och konkreta tips. Tack till Sofia Eskilsdotter som generöst erbjudit extra frågestunder. Tack till alla experter: Elisabeth Rovelstad, Thomas Kätterer, Henrik Sjöman, Hans Rosenlund, Hugo Settergren och Hans Petersson – som delat med sig av sin kunskap.



*Jennifer Engelbrekt Tchang & Sara Karlsson*

# Innehållsförteckning

<b>Förord</b> .....	<b>5</b>
<b>Tabellförteckning</b> .....	<b>8</b>
<b>Figurförteckning</b> .....	<b>9</b>
<b>Förkortningar</b> .....	<b>10</b>
<b>1. Introduktion</b> .....	<b>11</b>
1.1 Syfte och frågeställningar .....	15
1.2 Avgränsning .....	16
<b>2. Hur träd kan bidra med de sex valda reglerande och stödjande ekosystemtjänsterna</b> .....	<b>17</b>
2.1 Luftrening .....	17
2.2 Dagvattenhantering .....	18
2.3 Vindskydd .....	19
2.4 Temperaturreglering .....	19
2.5 Kolupptagning och Kolinlagring .....	20
2.6 Biologisk mångfald med avseende på habitat och föda .....	21
<b>3. Metod – Litteraturstudie</b> .....	<b>22</b>
3.1 Metodkritik .....	27
<b>4. Resultat &amp; diskussion kring skillnader i ekosystemtjänster mellan löv- och barrträd</b> .....	<b>30</b>
4.1 Fråga 1: Vilka skillnader i reglerande och stödjande ekosystemtjänster finns mellan löv- och barrträd i stadsmiljö? .....	30
4.1.1 Källornas ursprung .....	37
4.2 Fråga 2: Hur skulle resultatet från fråga 1 gå att applicera i trädval för syd- och mellansvenska städer? .....	39
4.2.1 Skillnaderna mellan löv- och barrträds förmåga att rena luft kan vara större i Sverige än i varmare och torrare klimat .....	40
4.2.2 Valet mellan löv- och barrträd kan vara mindre avgörande för dagvattenhanteringen i det svenska klimatet. ....	40
4.2.3 Stadsgröna träd kan påverka uppvärmningskostnader i svenska byggnader	

4.2.4	Avvägningen mellan sol och vind för temperaturreglering i den svenska utomhusmiljön.....	41
4.3	Fråga 3: Finns det andra faktorer än växtfysiologi som påverkar trädets levererande av ekosystemtjänster? .....	42
4.3.1	Luftrening påverkas också av nederbörd, vind och trädets placering .....	42
4.3.2	Dagvattenhantering påverkas också av antalet träd och kronstorlek.....	44
4.3.3	Vindskydd påverkas också av komposition .....	44
4.3.4	Temperaturreglering kan mätas per träd eller per ytenhet .....	45
4.3.5	Kolupptagning och kolinlagring kan påverkas av markförutsättningar och träddiversitet .....	46
4.3.6	Biologisk mångfald med avseende på habitat och föda kan påverkas mer av andra faktorer .....	46
4.3.7	Generella omgivande faktorer som påverkar ekosystemtjänster levererade av träd .....	47
4.4	Trädval utifrån andra aspekter än ekosystemtjänster .....	49
<b>5.</b>	<b>Vidare forskning .....</b>	<b>52</b>
<b>6.</b>	<b>Slutsats .....</b>	<b>54</b>
<b>7.</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>56</b>

# Tabellförteckning

Tabell 1. Argument som talar för löv- eller barrträd i litteraturen redovisas i tabellen. Argumentationen i litteraturen är mer nyanserad än vad som visas i denna tabell men förenklas och förkortas för att bli överblickbar. ....	33
--	----

Samtliga tabeller och figurer är illustrerade av Jennifer Engelbrekt Tchang och Sara Karlsson.



# Figurförteckning

Figur 1. Syd- och Mellansverige definieras i denna uppsats som den boreonemorala zonen och den nemorala zonen. Figuren är förenklad efter Deak Sjöman & Östberg (2020:16).....	14
Figur 2. Totallista av alla sökfraser som använts.....	23
Figur 3. Flödesdiagram av hur litteratursökningen gick till. Lila markeringar indikerar sökfraser relaterade till ekosystemtjänst och gröna markeringar indikerar sökfraser relaterade till löv- och barrträd.....	25
Figur 4. Sökning vid för många irrelevanta träffar.....	26
Figur 5. Sökning vid för få träffar.....	27
Figur 6. Stapeldiagrammet sammanfattar antal argument för lövträd respektive för barrträd som återfinns i Tabell 1.....	34
Figur 7. Pajdiagram över antalet studier som är från respektive miljö. Majoriteten av litteraturen undersöker urbana miljöer.....	37
Figur 8. Karta där de mest förekommande undersökta länderna är markerad i mörkast färg. Litteraturens breda geografiska spridning talar om att majoriteten av studierna undersökt förhållanden i Europa och Nordamerika.....	38
Figur 9. Stapeldiagram över litteraturens geografiska spridning, samma data som i figuren ovan.....	39
Figur 10. Lövträd har generellt stor krona och kan interceptera mer vatten per träd än ett barrträd. Barrträd har ofta mindre krona men hög LAI vilket gör att den per ytenhet kan interceptera mer än ett lövträd.....	44
Figur 11. Lövträd kastar en större skugga per träd och ger därför större temperatursänkning per träd jämfört med barrträd. Däremot är skuggan från barrträd mer intensiv, och ger därför större temperatursänkning per ytenhet.....	45

# Förkortningar

Följande förkortningar beskrivs mer djupgående i kapitel 2.

BVOC	Biological Volatile Compounds, en underkategori till VOC. Samlingsnamn för naturligt bildade, skadliga partiklar. Bildar tillsammans med kväveföreningar marknära ozon.
CO	Kolmonoxid, en giftig gas
DBT	Diobensothiofen, en luftförorening som bildas av ofullständig förbränning av organiskt material, likt PAH
LAI	Leaf Area Index, en förhållande mellan total bladyta per markyta ( $m^2 / m^2$ )
NO <sub>2</sub>	Kvävedioxid
PAH	Polycykliska aromatiska kolväten, luftföroreningar som bildas vid ofullständig förbränning av organiskt material, likt DBT. Delas in i 3 storlekskategorier där L-PAH är minst och i gasform, M-PAH mellanstor och H-PAH är störst och partikelbunden.
PM <sub>2.5</sub>	Particulate matter. Partikel av storlek 2,5 $\mu m$ , en luftförorening
PM <sub>10</sub>	Particulate matter. Partikel av storlek 10 $\mu m$ , en luftförorening
PET	Physiological Equivalent Temperature, ett mått på upplevd temperatur
O <sub>3</sub>	Ozon, en skadlig gas. I denna uppsats syftar O <sub>3</sub> på marknära ozon.
SO <sub>2</sub>	Svaveldioxid.
VOC	Volatile Organic Compounds, ett samlingsnamn av flyktiga organiska kolväten som tillsammans med kväveföreningar ökar bildningen av ozon.

# 1. Introduktion

Träd som klarar av urban miljö har en kritisk roll i att klimatanpassa städer genom att bidra med flera ekosystemtjänster (Deak Sjöman & Östberg 2020:3). Ekosystemtjänster är direkta eller indirekta tjänster, funktioner och nyttor som människor får gratis av naturen (Gisselman et al. 2017:14; Worsley 2022:10; Naturvårdsverket u.å.b). De är nödvändiga för människors överlevnad (UNDP 2022b) och dessutom grundläggande för människans välmående (Millennium Ecosystem Assessment (Program) 2005:5; Worsley 2022). Sjöman och Slagstedt (2015:343) framhäver att det blir ”allt viktigare att väga in vilka funktioner som träden bidrar med för att skapa en hållbar profil för staden”. År 2050 förväntas 70 % av världens befolkning bo i urbana miljöer och denna snabba urbanisering, som leder till tätare städer, kan anstränga ekosystem (UNDP 2022a). Eftersom konsekvenserna av klimatförändringarna kan påverka många människor i städer, där befolkningen är koncentrerad, undersöks ekosystemtjänster som levereras av träd i stadsmiljö i denna uppsats. Luftföroreningar orsakar årligen ca 8 miljoner dödsfall runt om i världen (WHO 2016) och enbart hälsorelaterade problem orsakade av kvävedioxid och PM-partiklar förväntades kosta det svenska samhället 56 miljarder kronor år 2015 (Gustafsson et al. 2018:47). Jungman et al. (2023) förklarar att 6 700 människor dog i förtid i europeiska städer på grund av värmeböljan 2015, varav 40 % hade kunnat överleva med hjälp av fler träd i staden. Problem såsom luftföroreningar, urban hetta och extrem nederbörd är alla konsekvenser av klimatförändringar som urbana träd kan bidra till att lindra.

Enligt resonemanget ovan kommer behovet av träd som klarar den hårda stadsmiljön att öka och en förståelse för hur de levererar ekosystemtjänster krävs för att skapa hållbara och klimatanpassade städer (UNDP 2022a). Vilka ekosystemtjänster ett träd kan bidra med och hur omfattande tjänsterna blir beror till exempel på trädets storlek, art, bladmassa, men även hur många träd som finns på en plats (Deak Sjöman & Östberg 2020:76–77). Barrträd kan ha andra funktioner än lövträd (Sjöman & Slagstedt 2015:343) och eftersom flera barrarter är torktåliga skulle de kunna användas mer i staden (Clapp et al. 2014). I nordiska städer dominerar dock användningen av lövträd (Sjöman et al. 2012). Detta beror på det historiskt funnits ett motstånd mot att använda barrträd i städer eftersom exempelvis granar associerats med försumning, mörker och gravsättning, och att

lövträd uppskattats mer då de förknippats med herrgårdar och bördiga marker (Gunnarsson 2015:36–38). Elisabeth Rovelstad<sup>1</sup> anger att det idag endast finns begränsade mängder svensk tall *Pinus sylvestris* (frökälla Skogskyrkogården) att tillgå, eftersom efterfrågan på tall *Pinus sylvestris* varit låg fram tills för bara några år sedan. Rovelstad tror dock att tallen nu är här för att stanna. Om barrträd ska börja användas mer i stadsmiljöer är det därför relevant att förstå hur de skiljer sig åt från lövträd med avseende på ekosystemtjänster, då de kan ha både styrkor och svagheter. Detta undersöks i denna uppsats.

### *Varför undersöks löv- och barrträd?*

Växtfysiologin mellan löv- och barrträd skiljer sig åt och därför undersöks skillnaderna mellan de två kategorierna. Det finns olika sätt att kategorisera träd, exempelvis efter funktion, estetik samt ståndortskrav och roll i planteringen (Robinson 2016:36). Kategoriseringen löv- och barrträd undersöks eftersom de flesta barrträd i Sverige är städsegröna, och majoriteten av de svenska lövträden är lövfällande. Det finns dock undantag – till exempel faller lärken sina barr om vintern (Sjöman 2015:357). Lärken är dock olämplig i stadsmiljö eftersom den varken tål torkstress eller föroreningar (Sjöman & Slagstedt 2015:357). För att förenkla argumentationen antas därför de flesta barrträd vara städsegröna och de flesta lövträd vara lövfällande i Sverige. Kategoriseringen städsegrön och lövfällande är intressant att jämföra eftersom städsegröna träd skulle kunna bidra med ekosystemtjänster även vintertid, när lövträden är ”out of leaf” (Clapp et al. 2014:162).

Ett annat argument som talar för att jämföra löv- och barrträd är för att de tillhör två olika biologiska kategorier; lövträd är angiospermer och barrträd är gymnospermer (Royal Forestry Society u.å.). Angiospermer (blomväxter) är gömfröiga, producerar blommor och frukt, och utvecklades parallellt med pollinatörer (Royal Forestry Society u.å.). Gymnospermer (nakenfröiga växter) producerar ofta kottar och förökar sig via vindpollination (Royal Forestry Society u.å.). Dock finns det avvikelser – exempelvis tillhör *Ginkgo* gymnospermerna trots att dess barr visuellt mer liknar löv (Royal Forestry Society u.å.). Denna biologiska skillnad gör att det finns fysiologiska skillnader som skulle kunna påverka trädens förmåga att leverera ekosystemtjänster. I litteraturen så benämns barr som ”needle-leaf” och exempelvis *Leaf Area Index* används för att mäta barrens yta. Av dessa anledningar kommer barr ibland att benämnas som en typ blad i denna uppsats.

---

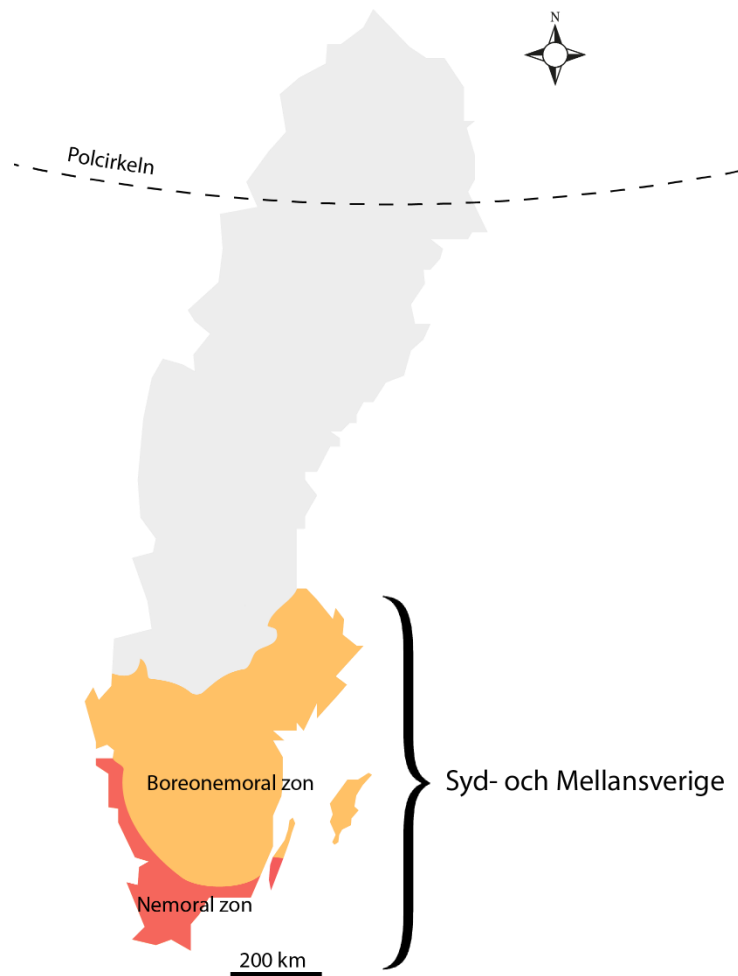
<sup>1</sup> Elisabeth Rovelstad, rådgivare på Stångby plantskola, telefonsamtal den 20:e februari 2023.

### *Staden som ståndort*

*Stadsträd* är träd i exempelvis park eller gata som används i eller vid hårdgjorda ytor och påverkas av tätortsförhållanden (Bengtsson 2000:16; Deak Sjöman et al. 2015:232). Stadsmiljön är för de flesta träd en ogästvänlig växtplats eftersom den generellt är varm och periodvis torr (Bengtsson 2000:5; Sjöman et al. 2015:168). I staden råder den urbana värmeö-effekten, som främst beror på att de hårda materialen i markbeläggningar och husfasader absorberar solinstrålning och lagrar värmen, för att sedan avge den nattetid (Christen & Vogt 2004). Detta ger en högre värmesumma i staden jämfört med på landsbygden (Christen & Vogt 2004). Antropogena (mänskliga) källor som bidrar till ett varmt klimat i städerna är fordonstrafik, industriens energiförbrukning, byggnaders temperaturreglering och luftföroreningar (Christen & Vogt 2004). Avsaknaden av vegetation i städer innebär mindre skugga och evapotranspiration vilket leder till en minskad kylande effekt och därmed högre temperaturer (Deak Sjöman et al. 2015:246).

En av de mer hårdgjorda och utsatta platserna i staden är gatumiljön. I gatumiljöer ger tät bebyggelse med likformiga huskroppar längs räta linjer upphov till höga vindflöden (Deak Sjöman et al. 2015:269). Växtmaterial till gatumiljöer är därför intressanta att utforska, eftersom det är en mer utmanande miljö än t.ex. parkmiljöer, där trädetablering är lättare (Deak Sjöman et al. 2015:232). För att välja träd till denna ogästvänliga miljö, kräver det att trädet uppfyller vissa krav. De måste vara värmetåliga, torktåliga och salttåliga (Sjöman et al. 2015:168).

I norra Sverige där sommarklimatet är svalare har träd inte lika intensiv evapotranspiration (Sjöman et al. 2015:170). Detta gör att nordligare hårdgjorda stadsmiljöer inte är lika påfrestande, och även mer fuktkrävande arter kan användas (Sjöman et al. 2015:170). Därför fokuserar uppsatsen på förhållanden som råder i syd- och mellansvenska städer. Denna zon definierar Deak Sjöman och Östberg (2020:16) som den boreonemorala till nemorala zonen (se Figur 1). I och med klimatförändringarna beräknas klimatzonerna förskjutas (SMHI 2019), vilket skulle kunna tänkas göra att stadsmiljön kommer att bli lika ogästvänlig i nordligare städer som i sydliga i framtiden.



Figur 1. Syd- och Mellansverige definieras i denna uppsats som den boreonemorala zonen och den nemorala zonen. Figuren är förenklad efter Deak Sjöman & Östberg (2020:16).

#### *Trädval efter stadsträdens reglerande och stödjande ekosystemtjänster*

För att uppnå en hållbar stad, krävs det att träd väljs med omsorg och en metod för detta är att välja efter trädens funktion och ekosystemtjänster som träden levererar. I denna uppsats undersöks hur ”benefit-based approach” (McPherson 2007) kan användas som metod för trädval, där man utgår från vilka ekosystemtjänster som trädet ger redan i urvalsprocessen i stället för att dessa funktioner ges av en slump. Funktioner kan exempelvis vara dagvattenhantering, vindskydd, temperaturregulering och biologisk mångfald (Sjöman & Slagstedt 2015:343–348). Dessa funktioner korrelerar med ekosystemtjänster (Millennium Ecosystem Assessment (Program) 2005:40; Naturvårdsverket u.å.b).

Ekosystemtjänsterna klassas oftast in i kategorierna stödjande, reglerande, försörjande och kulturella ekosystemtjänster enligt Millennium Ecosystem Assessment (Millennium Ecosystem Assessment (Program) 2005:40; Gisselman et al. 2017:13). Stadsträd bidrar med många ekosystemtjänster, men denna uppsats

fokuserar på sex reglerande och stödjande ekosystemtjänster eftersom dessa är nödvändiga för att klimatanpassa städer (Klimat- och näringslivsdepartementet 2013) och kan levereras av stadsträd (Worsley 2022). Ekosystemtjänsterna som undersöks är:

1. Luftrening (reglerande)
2. Dagvattenhantering (reglerande)
3. Vindskydd (reglerande)
4. Temperaturreglering (reglerande)
5. Kolupptagning/Kolinlagring (reglerande och stödjande)
6. Biologisk mångfald med avseende på habitat och föda för andra organismer. (stödjande)

Ekosystemtjänsterna luftrening, temperaturreglering och vindskydd berör mikroklimat och har valts eftersom de påverkar människans välbefinnande i städer. Ekosystemtjänsterna dagvattenhantering, kolupptagning/kolinlagring och biologisk mångfald med avseende på habitat och föda för andra organismer har valts eftersom de bidrar till resiliens och hållbarhet i städer.

## 1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med denna uppsats är att kartlägga skillnader i reglerande och stödjande ekosystemtjänster hos löv- och barrträd för att skapa ett underlag som skulle kunna vägleda till ett medvetet trädval i stadsmiljö. Att ta hänsyn till dessa skillnader i gestaltningar med träd skulle gå i linje med UNDPs Globala mål 11 om hållbara städer (UNDP 2022a). Eftersom forskningen som undersöker skillnaderna i nordiskt klimat är begränsad, användes litteratur från hela världen. Utifrån litteraturen kan antaganden göras av hur resultaten skulle kunna appliceras på städer i Syd- och Mellansverige. Fokuset ligger på applicerbarheten i syd- och mellansvenska städer eftersom ståndorten, som tidigare nämnt, är torrare och därmed mer påfrestande än i norra Sverige. Syftet är att formulera generella antaganden i skillnader mellan hur löv- och barrträd levererar ekosystemtjänster i stadsmiljö, eftersom vi upplever att det finns en kunskapslucka som skulle kunna fyllas. De kartlagda skillnaderna ämnas kunna appliceras på landskapsarkitektur.

### **Frågeställning:**

1. *Vilka skillnader i reglerande och stödjande ekosystemtjänster finns mellan löv- och barrträd i stadsmiljö?*

Underordnade frågeställningar, som fungerar som diskussionspunkter för fråga 1:

2. *Hur skulle resultatet från fråga 1 gå att applicera i trädval för syd- och mellansvenska städer?*
3. *Finns det andra faktorer än växtfysiologi som påverkar träd för att de effektivt ska kunna leverera ekosystemtjänster?*

## 1.2 Avgränsning

I denna uppsats avgränsas ekosystemtjänster till några reglerande och stödjande ekosystemtjänster. Kategorin kulturella ekosystemtjänster studeras inte i denna uppsats eftersom vi anser att de inte påverkar trädens förmåga att bidra till klimatanpassning i städer. Försörjande ekosystemtjänster såsom exempelvis försörjning av livsmedel, virke och vatten (Millennium Ecosystem Assessment (Program) 2005:5) väljs bort eftersom stadsträd inte primärt används för produktion, och därmed inte bidrar till försörjande ekosystemtjänster i lika stor utsträckning som träd i exempelvis produktionsskog. Fortsättningsvis kommer ”ekosystemtjänster” att syfta till de reglerande och stödjande ekosystemtjänsterna som valts, d.v.s. luftrening, dagvattenhantering, vindskydd, temperaturreglering, koluttagning/kolinlagring och biologisk mångfald med avseende på habitat och föda för andra organismer. Hur effektivt löv- och barrträd levererar ekosystemtjänster utvärderas per årstotal, exempelvis hur träd kan rena luft under ett år, eftersom resultatet kan bli missvisande om löv- och barrträd endast jämförs under växtsäsongen.

I flera av de vetenskapliga artiklarna som används undersöks även effektiviteten att leverera ekosystemtjänster för städsegröna lövträd – en grupp som knappt finns i Sverige. Resultaten från litteratur som undersöker städsegröna träd utelämnas därför i denna rapport men kan vara intressant att utforska för sydligare klimat än Sverige.



## 2. Hur träd kan bidra med de sex valda reglerande och stödjande ekosystemtjänsterna

I detta avsnitt definieras de sex valda ekosystemtjänsterna luftrening, dagvattenhantering, vindskydd, temperaturreglering, kolupptagning/kolinlagring och biologisk mångfald med avseende av habitat och föda för andra organismer. Dessa ekosystemtjänster beskrivs också utifrån hur de kan bidra till hållbara städer och hur träd bidrar till ekosystemtjänsterna. Syftet med att förklara ekosystemtjänsterna är att redogöra vilka kriterier som det går att jämföra löv- och barrträd utifrån. Jämförelsen görs i resultatet och diskussionen (Kapitel 4). Ekosystemtjänsterna luftrening, dagvattenhantering, vindskydd, temperaturreglering och kolupptagning/kolinlagring är kronberoende (Nowak et al. 2006; Clapp et al. 2014). Detta innebär att kapaciteten för att leverera ekosystemtjänsterna ökar med kronans storlek, densitet och med ökad *Leaf Area Index* (LAI) (Clapp et al. 2014). LAI kan definieras som total bladyta per markyta ( $LAI = m^2 / m^2$ ), men det finns också andra alternativ på definitioner som skiljer sig åt mellan löv- och barrträd (Watson 1947; Gholz et al. 1976; Chen & Black 1991). Inga indikationer har dock funnits på att litteraturen skiljt på definitionen för löv- och barrträd men denna möjliga skillnad bör lyftas som en reservation för att det skulle kunna ha inverkan på resultatet.

### 2.1 Luftrening

Träd kan på olika sätt avlägsna de skadliga gaserna och partiklarna kolmonoxid (CO), ozon (O<sub>3</sub>), kvävedioxid (NO<sub>2</sub>), svaveldioxid (SO<sub>2</sub>), particulate matter 2,5 µm (PM<sub>2.5</sub>), particulate matter 10 µm (PM<sub>10</sub>), polycykliska aromatiska kolväten (PAH), dibensotiofen (DBT), med flera. PM är antropogena partiklar (orsakade av mänsklig aktivitet) och naturliga partiklar som är skadliga för andningsorganen på både kort och lång sikt (Naturvårdsverket u.å.a). PAH och DBT är antropogena gaser och partiklar som bildas från ofullständig förbränning av exempelvis bränslen (Pleijel et al. 2022). Träd kan avlägsna dessa luftföroreningar från luften huvudsakligen på tre sätt. För det första kan träd aktivt absorbera gaserna NO<sub>2</sub> och SO<sub>2</sub> genom klyvöppningar i löv och barr och omvandla de till aminosyror som

bieffekt av fotosyntesen (Nowak et al. 2006; Deak Sjöman & Östberg 2020:28; Worsley 2022:11). För det andra kan träd filtrera ut CO, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, DBT och PAH från luften genom att de fastnar (torr deposition) på bladytan (Nowak et al. 2006:4; Pleijel et al. 2022; Worsley 2022). För det tredje kan träd beroende på solinstrålning och temperatur både bidra till en ökning och minskning av marknära ozon O<sub>3</sub> (Fitzky et al. 2019). Träd släpper ut VOC (Volatile organic compounds), som med kväveoxider bildar O<sub>3</sub> men kan också avlägsna VOC med torr deposition (Fitzky et al. 2019). Nettomassan avlägsnad VOC och därmed O<sub>3</sub> kan antas vara positiv i de flesta svenska städer (Deak Sjöman & Östberg 2020:43). På alla dessa olika sätt binds partiklar och gaser från luften och därför har gatuträd en viktig roll i att förbättra luftkvaliteten (Salmond et al. 2016).

Resultatet av luftreningen beror mest på faktorer såsom utsläppens koncentration som i sin tur påverkas av dispersion (spridning) av luftflöden (Worsley 2022). Deak Sjöman et al. (2015:267) påpekar att ökat vindskydd bromsar luftflöden och därmed koncentrerar luftföroreningar, vilket innebär att ekosystemtjänsterna luftrening och vindskydd kan stå i konflikt med varandra, beroende på placering av träden. För att reducera koncentrationen av luftföroreningar som människan kommer i kontakt med bör täta trädkronor placeras så att de avskiljer människa från källan till utsläpp (Worsley 2022). För att dispergera (sprida ut) koncentrationen av föroreningar på en plats bör både hårdgjorda ytor och grönytor ha en så komplex struktur som möjligt för att ge upphov till att bryta luftströmmar och blanda upp luften (Worsley 2022). Det finns också generella kvaliteter hos trädarter som bidrar till minskad luftrening över ett år. Dessa kvaliteter listas av Worsley (2022:12): blad året om, mycket bladarea, kompakt krona som fortfarande tillåter luft att strömma igenom och texturell bladyta (skrovlighet, nervatur eller behåring).

## 2.2 Dagvattenhantering

Dagvattenhantering innebär att nederbörd på ett naturligt sätt fördröjs för att inte belasta VA-system (Deak Sjöman et al. 2015:282). Staden har många hårdgjorda ytor där vatten inte kan infiltrera och har därför ett stort behov av dagvattenhantering (Boverket 2019). Urbana träd spelar en kritisk roll i dagvattenhanteringen (Huang et al. 2017).

Träd kan bidra till att fördröja dagvatten direkt genom interception, indirekt via transpiration och att växtbäddarna infiltrerar dagvatten. Interception är när träd hindrar och fördröjer att vattnet når marken genom att vattnet fångas upp och avdunstar från löv, grenar eller stam (Xiao et al. 2000; Deak Sjöman et al. 2015:283). Träds förmåga till interception ökar med högre LAI, eftersom mer bladyta kan fördröja mer vatten (Asadian & Weiler 2009). Årstotalen av

interceptionen ökar för träd som är har blad året om (Clapp et al. 2014; Deak Sjöman et al. 2015:245). Välutvecklade träd med stor krona och volymfulla bladverk har högre LAI och därmed högre förmåga till interception (Deak Sjöman et al. 2015:289). Träden kan transpirera och ta upp vatten från marken som sedan avges som vattenånga genom klyvöppningarna, vilket tillåter mer vatten att kunna lagras i växtbäddarna (Clapp et al. 2014; Thom et al. 2020). Transpirationens inverkan på dagvattenhanteringen är dock relativt liten sett till volymen nederbörd som faller (Thom et al. 2020). Växtbäddarna som träden står i har också en egen förmåga att infiltrera vatten (Deak Sjöman et al. 2015:289). För att trädens växtbäddar effektivt ska kunna hantera dagvatten gäller det att de har god porositet, och för det behöver träden vara torktåliga (Deak Sjöman et al. 2015:289).

## 2.3 Vindskydd

Träd kan användas för att skapa ett behagligt mikroklimat i stadsmiljö. I urban miljö skapas kanaler mellan byggnader där vinden tar sig fram. Jämfört med ett öppnare landskap så finns det inte lika mycket utrymme i urban miljö där vinden kan passera, vilket gör att det kan upplevas som att det blåser mer (Deak Sjöman et al. 2015:258–261). Vegetation kan skapa vindskydd som saktar ned luftströmmarna och därmed bidra till ett behagligare mikroklimat under de tider på året det blåser mycket och är kallt (Deak Sjöman et al. 2015:261). Enligt Henrik Sjöman<sup>2</sup> är placering och komposition faktorer som är avgörande för ett trädets vindskyddande förmåga. För att jämföra löv- och barrträd undersöks dock i denna uppsats även trädens enskilda struktur och form. För att träd ska kunna bidra till vindskydd behöver de ha en struktur som saktar ned vinden och som har ett tätt gren- eller lövverk även vintertid (Sjöman & Slagstedt 2015:345). Solitära träd med pelarform sluter tätt nedtill vilket ger effektiv vindreducering (Sjöman & Slagstedt 2015:345). Ofta kan dessa även placeras tätare vilket ger en effektivare vindreducering (Zhang et al. 2018).

## 2.4 Temperaturreglering

Temperaturreglering från träd är mer undersökt för sydligare klimat såsom Sydeuropa och Ostasien (Zhang et al. 2018; Speak et al. 2020), men kan komma att bli allt viktigare i Sverige. Vid en temperaturmätning i Indien visade det sig att en gata som var skuggad med träd hade en lufttemperatur som var 5,6 °C lägre än en gata utan träd. Den största skillnaden var dock i markens ytemperatur där gatan

---

<sup>2</sup> Henrik Sjöman, fil.dr i landskapsplanering med inriktning växtmaterial och vegetationsuppbyggnad, SLU, mejlkorrespondens den 2:a februari 2023.

med träd var 27,5 °C svalare än gatan utan träd (Vailshery et al. 2013). Även i Sverige är temperaturreglering med hjälp av skuggande träd viktigt eftersom klimatet här blir varmare (Sjöman & Slagstedt 2015:346). Indirekt kan träd skugga också minska utsläppen från luftkonditioneringar eftersom behovet av artificiell kylning minskar (Shao & Kim 2022).

Stadsträd kan bidra till att sänka sommartemperaturer genom skuggning, evapotranspiration och luftflödesreglering samt skapa varmare mikroklimat på vintern med hjälp av vindskydd och upptagning av värmestrålning. Urbana träd bidrar till temperaturreglering främst genom att de skuggar och därmed hindrar solinstrålning att nå miljön under trädkronan (Pace et al. 2021; Shao & Kim 2022). Den solinstrålning som inte når marken absorberas i stället av träden och omvandlas till latent värme flöde för att transpirera (Pace et al. 2021). Miljön under trädkronorna blir svalare eftersom den urbana värmeö-effekten reduceras (Akbari 2002). Genom fotosyntes, transpiration och evapotranspiration kan träd öka luftfuktigheten och förändra luftflöden vilket har en temperatursänkande effekt (Akbari 2002; Shao & Kim 2022). Värmestrålning från byggnader kan fångas upp av trädet (*radiation trapping*) vilket på vintern skapar ett varmare mikroklimat och minskade uppvärmningskostnader (Clapp et al. 2014; Giometto et al. 2017). Zhang et al. (2017) hävdar att träd som har snabb transpiration, hög LAI och har stora kronor borde prioriteras på grund av "their obvious cooling effects" (Zhang et al. 2018:34).

## 2.5 Kolupptagning och Kolinlagring

Kolupptagning och kolinlagring är två begrepp som används för att beskriva hur träd kan avlägsna kol från atmosfären. Kolupptagning, (*carbon sequestration*) är nettot av CO<sub>2</sub> som tas upp från luften av träden genom fotosyntes (Nowak et al. 2006). Om nedbrytningen av kol är större än inlagringen, kan kolupptagningen vara negativ. Kolinlagring, (*carbon storage*) är den CO<sub>2</sub> som vid en viss tidpunkt är lagrat i trädets biomassa (Nowak et al. 2006). En typ av kolinlagring är *Soil carbon storage* (SOC). Denna typ av kolinlagring innefattar kol som lagras i jorden i form av organiskt bundet kol (Government of Western Australia, Department of Primary Industries and Regional Development 2022). Träds kolupptagning och kolinlagring är viktiga eftersom de reglerar koldioxidmängder i atmosfären och kan hjälpa till att bromsa negativa effekter av den globala uppvärmningen (Deak Sjöman & Östberg 2020:29). Kolupptagning och kolinlagring i stadsträd är endast en temporär lösning för att sänka koldioxidhalten i atmosfären eftersom kolet som lagras frisläpps när biomassa bryts ned igen (Nowak et al. 2006; Ariluoma et al. 2021).

Kolupptagningshastigheten kan enligt Hans Petersson<sup>3</sup> variera mellan olika arter, där snabbväxande arter lagrar in mer kol per tidsenhet. Thomas Kätterer<sup>4</sup> menar dock att kolupptagningen påverkas mer av andra faktorer och processer. Dessa andra faktorer kan vara trädets ålder (Fares et al. 2017) och trädets interaktion med jorden (Fares et al. 2017; Ariluoma et al. 2021).

Kolinlagringen avgörs av mängden biomassa vilket gör att den ökar med trädets vitalitet, volym (Nowak et al. 2006; Fares et al. 2017), antal och täckning av en yta (Fares et al. 2017). Kolinlagringen påverkas också av vad träden används till efter de dör eller huggs ned (Fares et al. 2017). Hur fallförnan hanteras spelar också roll för kolinlagring (Fares et al. 2017). Exempelvis frisläpps CO<sub>2</sub> vid förbränning av trä eller fallförna, men CO<sub>2</sub> kan fortsätta att lagras om biomassan används som virke eller som biokol i växtbäddar (Fares et al. 2017; Ariluoma et al. 2021).

## 2.6 Biologisk mångfald med avseende på habitat och föda

Förlusten av biologisk mångfald motiverar att träd har en stor betydelse i städerna, eftersom de kan bidra med habitat och föda för andra organismer. FN:s panel för biologisk mångfald (IPBES) beskriver förlusten av biologisk mångfald som ett hot som är komplext integrerat med och lika stort som klimatförändringarna (Pörtner et al. 2021). Ökad resursanvändning och ökad befolkningstillväxt har förstört livsmiljöer vilket lett till att arters utrotningshastighet har accelererat och att diversitet har förlorats (Bowman 2017:519). Ur ett hållbarhetsperspektiv kan det vara betydelsefullt att nästkommande generationer ärver jorden med fortsatt goda förutsättningar för biologisk mångfald och leverans av ekosystemtjänster. Det går också att argumentera ur ett etiskt perspektiv att det är viktigt att skydda andra organismer. På många sätt kan träd i staden spela en roll i bevarandet av biologisk mångfald eftersom viktiga livsmiljöer i de effektiviserade skogs- och jordbrukslandskapet försvunnit (Sjöman & Slagstedt 2015:347–348). Trädens löv, grenar och stam bidrar både som levande och som döda till habitat och föda för andra organismer (Bowman 2017:370). Några exempel på dessa organismer är fåglar, fladdermöss, insekter, mikroorganismer, svampar, mossor och lavar (Jansson 2015:7–8; Bowman 2017:370). Träden kan också med pollen, nektar, bär, nötter, frön och frukter bidra med föda till exempelvis fåglar, insekter och gnagare (Jansson 2015:31).

---

<sup>3</sup> Hans Petersson; Prefekt, Forskare FLK vid Institutionen för skoglig resurshushållning; Avdelningen för skoglig resursanalysexpert; mejlkorrespondens den 15 februari 2023.

<sup>4</sup> Thomas Kätterer, professor i ekosystemekologi, expert på kol- och kväveflöden, mejlkorrespondens den 3:e-14:e februari 2023.

### 3. Metod – Litteraturstudie

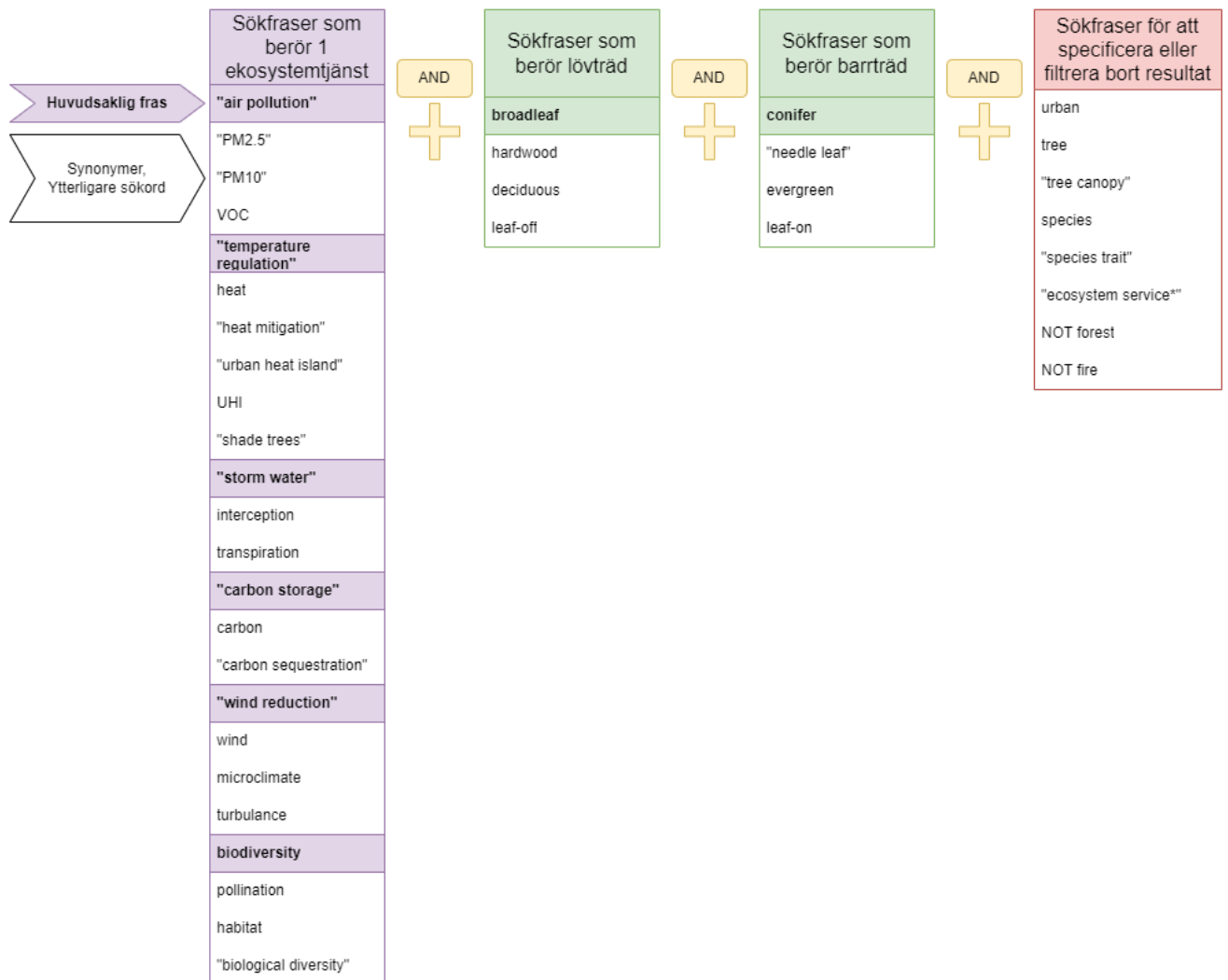
För att jämföra skillnader i ekosystemtjänster mellan löv- och barrträd användes litteraturstudier av vetenskapliga artiklar, rapporter och böcker. Litteraturstudier är en systematisk metod för att syntetisera forskning (Kitchenham & Charters 2007 se Wohlin et al. 2022). Det finns fler vetenskapliga artiklar som behandlar skillnader mellan löv- och barrträd ur ett naturvetenskapligt perspektiv än ur ett landskapsarkitektoniskt perspektiv. Dessa artiklar befinner sig ofta inom fälten för växtfysiologi, skogsförvaltning och ekologi. Vi upplever att det finns potential att applicera denna kunskap på landskapsarkitektur, där vi anser att det saknas generella antaganden om hur löv- eller barrträd levererar ekosystemtjänster. Genom att syntetisera tidigare studier kan antaganden göras om vad det finns för generella skillnader i löv- och barrträds förmåga till att leverera ekosystemtjänster. I de fall där vi haft svårt att tolka informationen har vi kontaktat kunniga inom området där de givit sitt utlåtande. De kunniga har varit professorer och doktorander som forskat inom ämnet samt en plantskolist.

Litteratursökningen i denna uppsats skiljer sig åt från den traditionellt systematiska eftersom artiklarna från de första sökningarna gav upphov till nya sökfraser som blev underlag för nästkommande sökningar (Se Figur 2). I systematiska litteratursökningar ger en specifik sökfras ofta upphov till många träffar (Rienecker & Stray Jørgensen 2015:138). Ibland är frasen lång med många boliska operatörer, exempelvis som i studien av Corada et al. (2021). Likt Corada et al. (2021) har artiklarna i denna uppsats gallrats bort utifrån relevans och trovärdighet i flera steg. I denna uppsats var det nödvändigt att fylla på med nya sökord löpande, eftersom en undersökning av vilka fält som var utforskade skedde parallellt med litteratursökningen. Litteratursökningen liknar en av de strategier som Wohlin et al. (2022) presenterar – en semi-systematisk sökning som kompletteras av kedjesökning.

Exempel på sökning:



Alla sökfraser som använts:



Figur 2. Totallista av alla sökfraser som använts.

### Metod för att hitta vetenskapliga artiklar

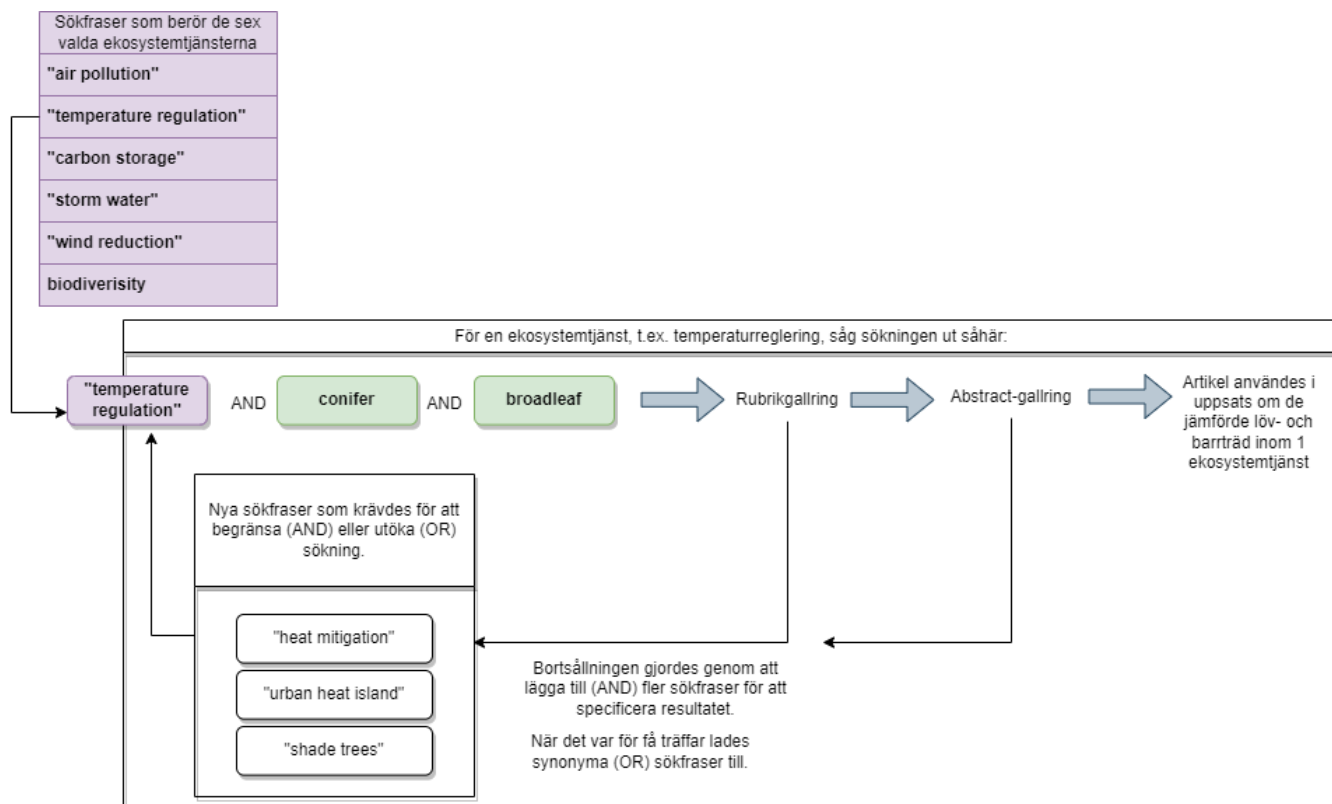
De vetenskapliga artiklarna hämtades från databasen Web of Science (engelska sökfraser) och kompletterades med vetenskapliga artiklar, rapporter och böcker från databasen Primo (svenska sökfraser) för att hitta litteratur som ger en fingervisning om hur kunskapen skulle kunna appliceras i svenska förhållanden. Sjöman och Slagstedts bok *Träd i urbana landskap* (2015) har använts för att bilda förkunskap.

Kedjesökning med hjälp av referenslistor användes för att hitta ytterligare litteratur (förstahandskällor) som var relevanta för frågeställningar och kunde användas i uppsatsen.

Från litteratursökningen i databasen Web of Science har endast källor som jämför både löv- och barrträds förmåga att leverera minst en ekosystemtjänst använts i uppsatsen. Detta kriterium har använts eftersom det inte är relevant att jämföra en källa som studerat lövträd med en viss typ av förutsättningar mot en annan källa som studerat barrträd där andra förutsättningar råder. Källor publicerade tidigare än 1995, som inte funnits tillgängliga digitalt eller inte funnits på vare sig svenska eller engelska har uteslutits.

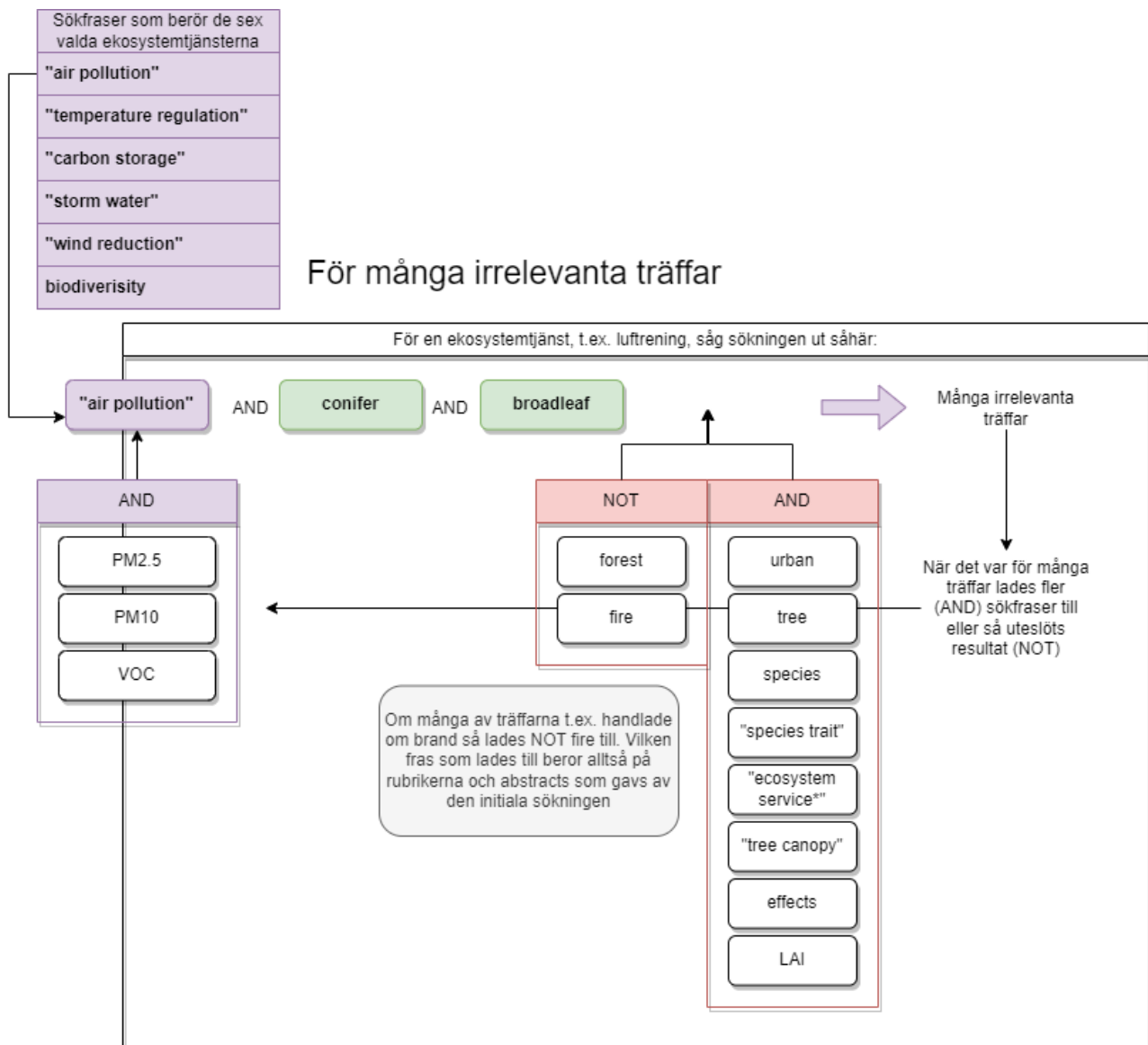
Varje ekosystemtjänst har var för sig genomgått följande sökprocess (se Figur 3): I Web of Science valdes "Topic". Ekosystemtjänsten (exempelvis "air pollution") kombinerades med conifer AND broadleaf för att både löv- och barrträd ska nämnas i källan. Detta gav ofta upphov till ett stort antal artiklar (ca 40 - 500) vid sökning av varje ekosystemtjänst och dessa har gallrats ut i flera utgallringssteg. I första utgallringssteget har artiklar rensats bort om rubriken inte varit relevant för frågeställning ett. Andra steget var Abstract-utgallring. De artiklar som, baserat på abstract, inte varit relevanta har rensats bort. Om rubriken däremot varit relevant har abstract lästs och då den verkat tillämpbar för arbetet har sedan hela artikeln granskats. Efter artikeln lästs har den antingen tagits med eftersom den kunnat svara på frågeställningen, eller sållats bort om den inte kunnat göra det. Under varje utgallringssteg har det uppkommit nya intressanta sökord som varit väsentliga för att kunna svara på frågeställningen. Dessa ord har varit synonymer eller en specificerad del av ekosystemtjänsten alternativt en synonym till löv- och barrträd. Ytterligare sökord som berör frågeställningen har lagts till baserat på träffarna. Exempelvis har frasen "urban" lagts när majoriteten av sökresultaten berört träd i skogssammanhang.





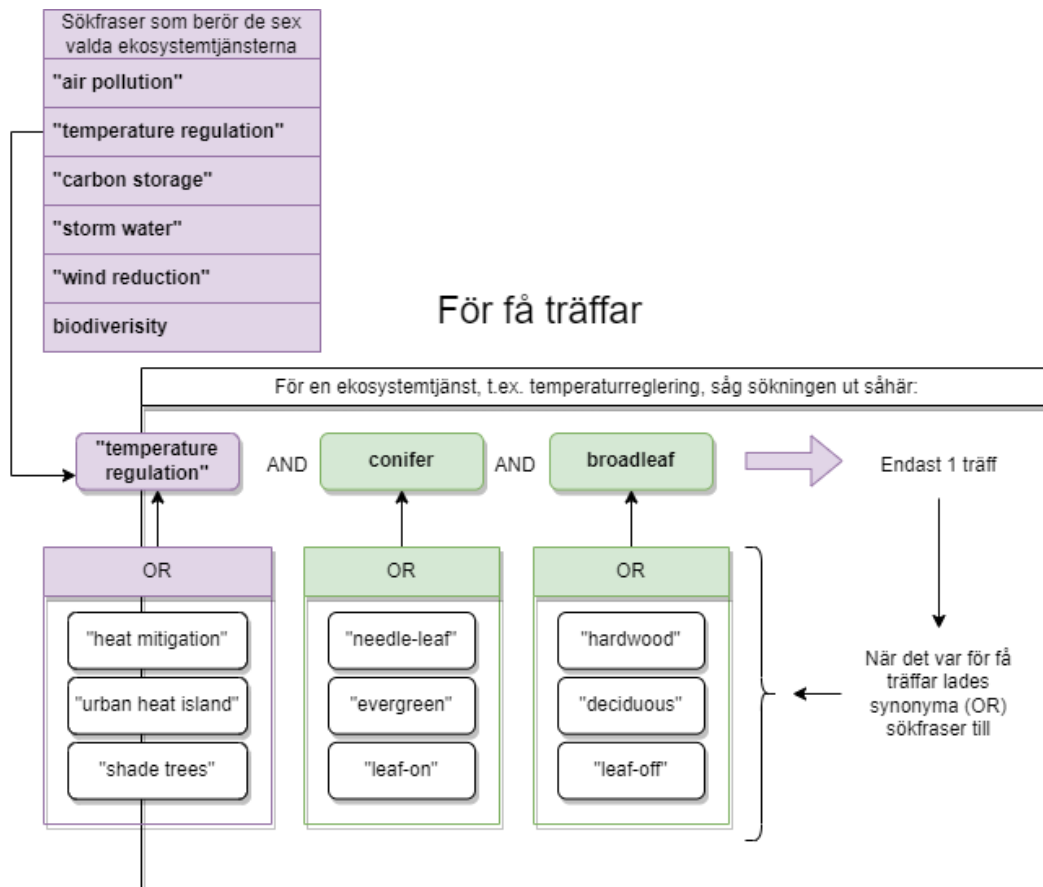
Figur 3. Flödesdiagram av hur litteratursökningen gick till. Lila markeringar indikerar sökfraser relaterade till ekosystemtjänst och gröna markeringar indikerar sökfraser relaterade till löv- och barrträd.

Vid de tillfällen där ekosystemtjänsten ihop med löv- och barrträd har gett många irrelevanta träffar (baserat på rubriker) har tilläggsord eller synonymer av ekosystemtjänsten lagts till som AND för att specificera sökningen för att ge färre träffar som är mer relevanta eller så har filtrering skett med NOT (Se Figur 4). Exempel 1: ("storm water" AND interception) AND (conifer AND broadleaf). Exempel 2: ("storm water") AND (conifer AND broadleaf) AND urban. Exempel 3: ("storm water") AND (conifer AND broadleaf) NOT fire.



Figur 4. Sökning vid för många irrelevanta träffar.

Då sökningen har gett få och endast irrelevanta träffar (se Figur 5) har sökningen utvidgats med OR genom att synonymer till ekosystemtjänsten och/eller löv- och barrträd, exempelvis ("storm water" OR interception) AND broadleaf AND (conifer OR needleleaf).



Figur 5. Sökning vid för få träffar.

Alla de ytterligare sökfraserna som lades till med OR, AND eller NOT baserades på tidigare träffar (se Figur 2).

Litteratursökningen gav till slut 26 artiklar, rapporter och böcker som kunde användas i tabellen i avsnitt 4.1, som svarar på frågeställning ett. Utöver de 26, hittades kompletterande vetenskapliga artiklar i samband med litteratursökningen som svarar på frågeställning 2 och 3.

### 3.1 Metodkritik

Den litteraturen som funnits att tillgå representerar inte alltid det svenska förhållandet i stadsmiljöer. Relativt få studier utgår från svenskt eller nordiskt klimat och förutsättningar vilket skulle kunna bidra till att det teoretiska resultatet skiljer sig från verkligheten. Flera av studierna, bl.a. (Peters et al. 2010; Ferrari et al. 2017; García de Jalón et al. 2019; Hou et al. 2020; Wang et al. 2020) som använts

till argumentationen undersöker skillnader mellan löv- och barrträd i skogar och i peri-urbana skogar. Dessa miljöer har andra förutsättningar än de som finns i gatumiljö och detta kan också påverka resultatet.

En källa som dock behandlat flera ekosystemtjänster i svenska städer är Deak Sjöman och Östberg (2020). De genomförde en studie där de med hjälp av verktyget iTree undersökt ekosystemtjänster för flera svenska städer. Det som skiljer deras resultat från resultatet i denna uppsats är att Deak Sjöman och Östberg (2020) undersökt ekosystemtjänster som levereras av ett helt, befintligt trädbestånd. Deak Sjöman och Östbergs (2020) syfte var att undersöka trädens ekonomiska vinster och metoden var trädinventeringar. Förekomsten av varje art hade därför stor inverkan på resultatet men resultatet representerar inte explicit hur arters fysiologiska egenskaper bidragit till ekosystemtjänsten. En alternativ metod för denna uppsats hade varit att använda Deak Sjöman och Östbergs (2020) data för respektive art. Varje arts förekomst hade behövts jämföras mot den procentuella leveransen av ekosystemtjänsten av det totala trädbeståndet för att kunna användas i denna uppsats. Anledningen till att vi inte använt oss av denna metod är för att resultatet skulle reflektera ”trädmotet”, artförekomst och platsspecifika förutsättningar för de undersökta städerna. Exempelvis anger Sofia Eskilsdotter<sup>5</sup> att de flesta tallarna i Stockholm är gamla och inte nyplanterade. Utifrån detta påstående skulle Deak Sjöman och Östbergs (2020) resultat möjligen övervärdera tallars potential till att leverera ekosystemtjänster, på grund av deras höga ålder. Till skillnad från Deak Sjöman och Östbergs (2020) syfte, är syftet med denna uppsats att förstå hur träd i teorin levererar ekosystemtjänster. För att utforska framtida potential för träd är det i denna uppsats därför intressant att utforska generella skillnader och vilka omgivande faktorer som påverkar hur väl ekosystemtjänsterna levereras.

En styrka i metoden är att informationen har hittats med hjälp av en systematisk litteratursökning för att kunna ge svar på frågeställningarna. En annan styrka är urvalskriteriet som inneburit att källan ska behandla både löv- och barrträd. Detta gör att varje studie som använts jämfört skillnader mellan löv- och barrträd utifrån samma förutsättningar.

Ett hinder på vägen var att vi inte hade all kunskap om ämnet innan vi började skriva och söka efter artiklar. Det resulterade i att vi läste mycket litteratur som inte användes i uppsatsen men som ändå hjälpte oss förstå vilka sökfraser inom ekosystemtjänsten som var relevanta att söka på. Dessa artiklar gav oss kännedom om vilka faktorer inom ekosystemtjänsterna som spelar störst roll i stadsmiljö.

---

<sup>5</sup> Sofia Eskilsdotter, landskapsarkitekt med inriktning på naturalistisk och ekologisk växtgestaltning, frågestund för kandidatkursen den 1:a februari 2023.

Skulle vi haft den förkunskap vi nu har, hade litteratursökningen kunnat förenklas och möjligen blivit mer heltäckande. Exempelvis hade den initiala söksträngen för varje ekosystemtjänst kunna varit längre, och därmed inkludera mer litteratur, likt studien av Corada et al. (2021). Sökningen hade också kunnat göras på flera databaser, såsom Scopus och Google Scholar för att få ett mer omfattande material att utgå ifrån. Eftersom sökfraser lagts till löpandes minskar risken för att relevanta sökfraser missats. Detta utesluter dock inte att litteraturstudiens resultat styrts och begränsats av sökfraserna som använts. En svaghet är exempelvis att sökningen endast inkluderat det mer amerikanska begreppet "broadleaf" vilket gjort att europeiska artiklar möjligen missats, där "broadleaved" är vanligare.

En svaghet med frågeställningen är att den förutsätter att det finns skillnader i löv- och barrträds levererande av ekosystemtjänster. Den förutsättningen reflekteras också i metoden, där ett av kraven för litteraturen som eftersöks är att de ska jämföra skillnader mellan löv- och barrträd. I vissa undersökta källor har inte syftet varit att studera skillnader mellan löv- och barrträd. Därför bör det tas i beaktning att argumenten från litteraturen väger olika tungt. Det är författarna till denna uppsats som fört ett underbyggt resonemang kring hur mycket dessa argument bör vägas in. Av den anledningen bör därför skillnaderna mellan löv- och barrträd som påvisas i denna uppsats ses som ett underlag för logiskt resonemang som tillsammans med andra faktorer (se avsnitt 4.3) påverkar ett träds förmåga att leverera ekosystemtjänster.

## 4. Resultat & diskussion kring skillnader i ekosystemtjänster mellan löv- och barrträd

I detta kapitel kommer varje frågeställning (1-3) presenteras var för sig, med både resultat och diskussion. Frågeställningarna besvaras i denna ordning:

1. *Vilka skillnader i reglerande och stödjande ekosystemtjänster finns mellan löv- och barrträd i stadsmiljö?*

Skillnader i ekosystemtjänster mellan löv och barrträd som hittades i litteraturen presenteras i en tabell, och kompletteras med diagram och kommentarer.

2. *Hur skulle resultatet från fråga 1 gå att applicera i trädval för syd- och mellansvenska städer?*

Litteraturen som använts för att svara på fråga 1 kompletteras med några ytterligare källor som uppkom i litteratursökningen för att logiskt resonera kring hur skillnaderna mellan löv- och barrträd bör beaktas för trädval i syd- och mellansvenska städer. Här berörs endast ekosystemtjänsterna luftrening, dagvattenhantering, vind- och temperaturreglering eftersom kolupptagning/kolinlagring och biologisk mångfald med avseende på habitat och föda troligare påverkas av faktorer som presenteras i svaret på nästa frågeställning.

3. *Finns det andra faktorer än växtfysiologi som spelar roll för att effektivt leverera ekosystemtjänster?*

Frågeställning 1 skulle enligt litteraturen kunna besvaras med "det beror på..." och i detta avsnitt utvecklas detta svar. Litteraturen som använts för att svara på fråga 1 kompletteras med några ytterligare källor som uppkom i litteratursökningen. I slutet av detta kapitel öppnas diskussionen upp vidare utifrån svaren på frågeställningarna. Konceptet att välja träd efter de ekosystemtjänster dem levererar utvärderas, vilket kan ge vägledning till hur resultatet i frågorna bör tolkas.

### 4.1 Fråga 1: Vilka skillnader i reglerande och stödjande ekosystemtjänster finns mellan löv- och barrträd i stadsmiljö?

Från litteratursökningen användes 26 källor som redovisas i Tabell 1. Dessa källor jämför de sex valda ekosystemtjänsterna för löv- och barrträd. Argumenten för lövträd respektive barrträd redovisas i nedanstående tabell, räknas i Figur 6 samt

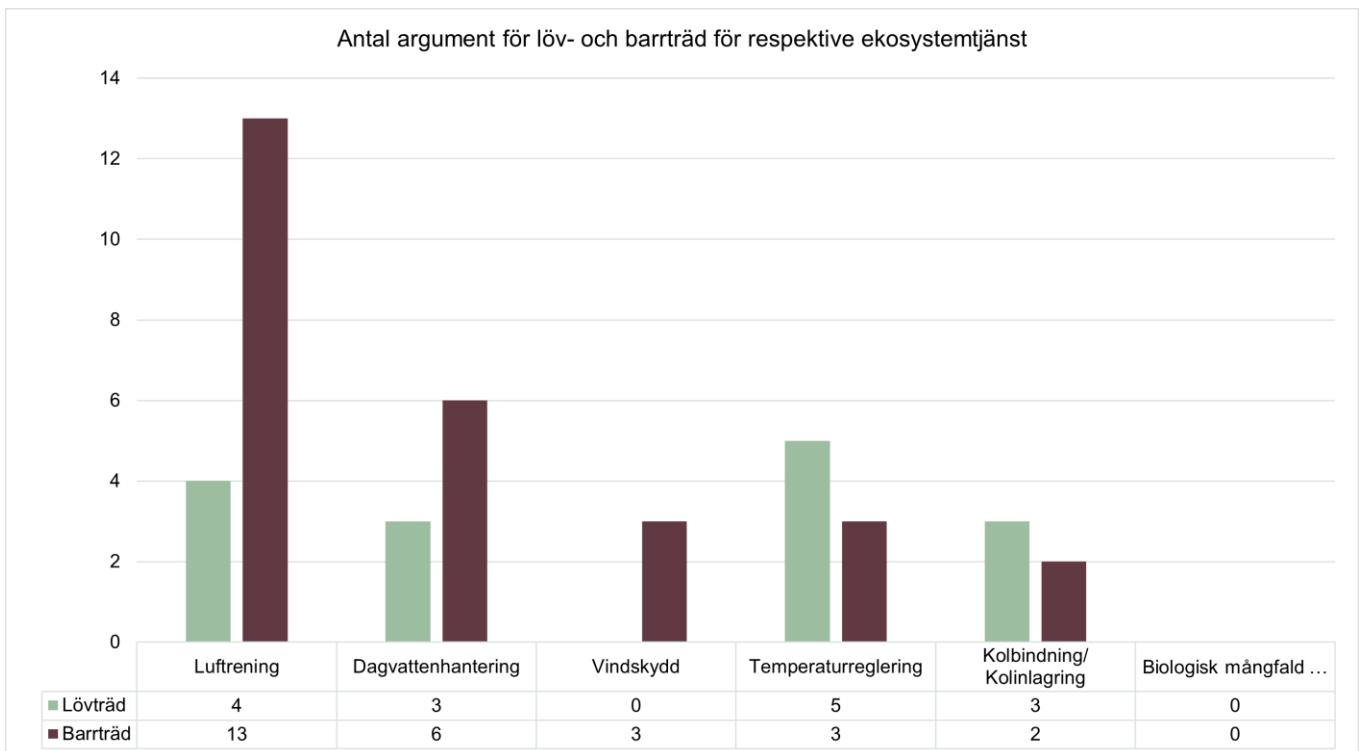
diskuteras och sammanfattas därefter. För ekosystemtjänsterna kolupptagning/kolinlagring och biologisk mångfald med avseende på habitat och föda krävdes en mer nyanserad diskussion än att bara redovisa argumenten Tabell 1 och därför utvecklas argumenten utförligare i text.

<b>För att läsa av tabellen:</b>					
<b>Fetmarkerade argument är bevis, data, empiri från studier eller experiment</b>					
Omarkerade argument är fysiologiskt logiska, förklarar varför och baserar sig på tidigare empiri					
Varje argument är alltid i jämförelse med löv- respektive barrträd. "mer/större/högre" = "mer/större/högre [än barr/än löv]"					
*litteraturstudie som innefattar många länder					
**geografisk data hade inte inverkan på resultatet (t.ex. studie i labbmiljö)					
	<b>Referenser</b>	<b>Land</b>	<b>Typ av miljö</b>	<b>Argument för lövträd</b>	<b>Argument för barrträd</b>
<b>Luftrening</b>	Beckett et al. 2000a	UK	urban		<b>Avlägsnade fler PM partiklar</b> <b>Avlägsnade fler partiklar</b> p.g.a. Komplex bladstruktur (smala nållika barr) som ger mycket bladyta per trädkrona.
	Beckett et al. 2000b	UK**	lab study		
	Chen et al. 2021	Kina	urban		<b>Avlägsnade fler PM partiklar</b> , p.g.a. städsegrönt lövverk året om.
	Corada et al. 2021	Kina, m.fl.*	forest		Städsegrön, komplex bladstruktur (smala nållika barr) och tjockt vaxlager <b>kan alla vara egenskaper som avlägsnar fler PM partiklar</b>
	Deak Sjöman & Östberg 2020:44	Sverige	urban		Barrträd fångar partiklar året om
	Fitzky et al. 2019	Europa**	urban & rural	<b>Löv depositionerar mer ozon</b>	<b>Barr släpper ut mindre reaktiva BVOCs</b>
	Freer-Smith et al. 2004	UK**	lab study		<b>Avlägsnade fler PM partiklar</b> p.g.a. komplexare och finare struktur
	García de Jalón et al. 2019	Spanien	forest		<b>Barrträdsskogar avlägsnade luftföroreningar mest</b> , p.g.a. städsegrönt lövverk som fångar partiklar året om
	Hand & Doick 2021	UK	urban	<b>Lövträd i storbrittanska städer beräknas inom 100 år bidra till större avlägsning av luftföroreningar än barrträden.</b>	
	Manes et al. 2012	Italien	urban forest		<b>Avlägsnade konsekvent ozon under hela året, även under torrperioder</b> p.g.a. städsegrönt lövverk och hög torktålighet
	Pace & Grote 2020	Tyskland, Italien	urban		<b>Berlins barrträdbestånd renade 7x mer partiklar än lövfällande trädbeståndet</b> , p.g.a. konisk trädform som exponeras för fler föroreningar
	Pleijel et al. 2022	Sverige	urban	<b>Ackumulerade generellt större mängd H-PAH</b>	<b>Ackumulerade generellt större mängd L-PAH, M-PAH och DBT</b>
	Wood & Dupras 2021	Kanada	urban	<b>I Quebec skulle lövträd fokuserad plantering avlägsna mer CO</b>	<b>I Quebec skulle barrträd fokuserad plantering avlägsna mer O3, SO2, NO2 och PM2.5</b>
	Zhang et al. 2017	Kina	urban forest		<b>Barrträdsskogar avlägsnade fina partiklar mer, men skillnaden var statistiskt obetydlig.</b>
<b>Dagvattenhantering</b>	Bryant et al. 2005	USA	skog		<b>Högre interception i skog</b>
	Clapp et al. 2014	USA, global*	urban & forest		Större LAI och därmed effektivast interception.
	Deak Sjöman et al. 2015:285	Sverige	urban		Effektivast interception (årstotal) p.g.a. städsegröna.
	Hand & Doick 2021	UK	urban	<b>Storbrittanska lövträd i städer beräknas minska avrinningen mer än barrträd inom 100 år.</b>	
	Huang et al. 2017	Kanada	urban		<b>Effektivast interception (årstotal)</b> p.g.a. städsegrön och större LAI.
	Peters et al. 2010	USA	suburban		<b>Högre transpiration per ytenhet</b> p.g.a. högre LAI, mindre kronyta per träd, längre livslängd per barr och smalare xylem.
	Thomas & Gill 2017	USA	suburban	Per träd har angiospermer högre transpiration än gymnospermer.	
	Wood & Dupras, 2021	Kanada	urban	<b>I Quebec skulle likvärdig avrinning ges av barrträds- eller lövträd fokuserad plantering.</b>	<b>I Quebec skulle likvärdig avrinning ges av barrträds- eller lövträd fokuserad plantering.</b>



	Referenser	Land	Typ av miljö	Argument för lövträd	Argument för barrträd
Vindskydd	Clapp et al. 2014	USA, global*	urban & forest		Ger vindskydd även på vintern
	Giometto et al. 2017	Kanada	suburban		<b>Lövfällande träds vindreducerande förmåga sänktes under vinterhalvåret p.g.a. sänkt LAI</b>
	Zhang et al. 2018	Kina	urban		<b>Städsegröna träd hade större vindreducerande förmåga</b>
Temperaturreglering	Deak Sjöman et al. 2015:256	Sverige	urban	Släpper igenom solinstrålning på vintern	
	Speak et al. 2020	Italien	urban	<b>Större temperatursänkning per träd p.g.a större kronyta</b>	<b>Större temperatursänkning per ytenhet, p.g.a. mindre kronyta per träd och större LAI</b>
	Wang et al. 2020	USA	urban	<b>Högre kylande effekt p.g.a. högre LAI och därmed högre evapotranspiration</b>	
	Wood & Dupras, 2021	Kanada	urban	<b>I Quebec skulle lövträdsfokuserad plantering reducera nedkylningskostnader i byggnader mer</b>	<b>I Quebec skulle barrträdsfokuserad plantering reducera uppvärmning i byggnader mer</b>
					<b>I Quebec skulle barrträdsfokuserad plantering reducera energikostnader mer per år</b>
	Zhang et al. 2018	Kina	urban	<b>Högre PET på vintern p.g.a. släpper igenom solinstrålning</b>	
Kolupptagning/ Kolinlagring	Ferrari et al. 2017	Italien	peri-urban forest		<b>Högre kolinlagring per år p.g.a. snabb tillväxt av biomassa</b>
	Hand & Doick 2021	UK	urban	<b>Lövträd i storbrittanska städer beräknas inom 100 år bidra till större kolupptagning och kolinlagring</b>	
	Hou et al. 2020	Sydamerika, Kina, Afrika m.fl.*	forest	<b>Likvärdig soil organic carbon sequestration (SOC)</b>	<b>Likvärdig soil organic carbon sequestration (SOC)</b>
	Wood & Dupras, 2021	Kanada	urban	<b>I Quebec skulle lövträdsfokuserad plantering lagra in mer CO2 per år</b>	
Biologisk mångfald med avseende på habitat och föda för andra organismer				ingen jämförbar data	ingen jämförbar data

Tabell 1. Argument som talar för löv- eller barrträd i litteraturen redovisas i tabellen. Argumentationen i litteraturen är mer nyanserad än vad som visas i denna tabell men förenklas och förkortas för att bli överblickbar.



Figur 6. Stapeldiagrammet sammanfattar antal argument för lövträd respektive för barrträd som återfinns i Tabell 1.

Genom att räkna antalet argument som finns för löv- respektive barrträd (se Figur 6) går det att konstatera att barrträd skulle kunna vara effektivare på luftrening, dagvattenhantering och vindskydd medan lövträd kan vara effektivare på temperaturreglering. Skillnaderna i ekosystemtjänster mellan löv- och barrträd verkar enligt litteratursökningen vara mest undersökt hos ekosystemtjänsten luftrening. Majoriteten av litteraturen (Freer-Smith et al. 2004; Manes et al. 2012; Zhang et al. 2017; García de Jalón et al. 2019; Deak Sjöman & Östberg 2020; Pace & Grote 2020; Chen et al. 2021; Corada et al. 2021; Wood & Dupras 2021; Pleijel et al. 2022; Beckett et al. 2000a, 2000b) pekar mot att barrträd har en komplexare bladstruktur med sina nål-liknande barr, vilket ger en högre LAI som tillsammans med det faktum att de är städsegröna gör att barrträden totalt sett under ett år kan rena mer luft. Detta gäller i alla fall för att avlägsna PM, DBT, PAH och O<sub>3</sub> i form av torr deposition (Freer-Smith et al. 2004; Manes et al. 2012; Zhang et al. 2017; García de Jalón et al. 2019; Deak Sjöman & Östberg 2020; Pace & Grote 2020; Chen et al. 2021; Corada et al. 2021; Wood & Dupras 2021; Pleijel et al. 2022; Beckett et al. 2000a, 2000b). Högre LAI och att vara städsegröna året om är också de vanligast förekommande argumenten för att barrträd kan vara effektivare på dagvattenhantering (Bryant et al. 2005; Peters et al. 2010; Clapp et al. 2014; Sjöman & Slagstedt 2015; Huang et al. 2017). Dock är skillnaderna i dagvattenhantering mellan löv- och barrträd enligt litteratursökningen inte lika efterforskade som skillnaderna hos luftrening. Argumentet att barrträd ofta är städsegröna återkommer

hos ekosystemtjänsten vindskydd och talar för att barrträd kan vara effektivare (Clapp et al. 2014; Giometto et al. 2017; Zhang et al. 2018). När det kommer till temperaturreglering pekar dock flera källor på att lövträd ger ett bättre mikroklimat på vintern eftersom de släpper in solinstrålning eftersom de är lövfällande, medan barrträd är städsegröna (Sjöman & Slagstedt 2015; Zhang et al. 2018). Lövträds generellt bredare kronor talar också för att skuggningen blir mer utbredd på sommaren (Speak et al. 2020). Litteraturen som undersöker skillnader mellan löv- och barrträd i ekosystemtjänsterna vindskydd och temperaturreglering är dock begränsade, troligtvis eftersom komposition och övergripande strukturer är stora mikroklimatfaktorer (Deak Sjöman et al. 2015:251, 269). Litteratursökningen gav få källor som behandlade skillnader mellan löv- och barrträd inom kolinlagring och kolupptagning. Detta skulle kunna förklaras utifrån Thomas Kätterers<sup>6</sup> resonemang om att kolinlagringshastighet snarare beror på trädets tillväxt per tidsenhet. I två studier (Hand & Doick 2021; Wood & Dupras 2021) visade lövträd på högre kolinlagring än barrträd och i en källa (Ferrari et al. 2017) visades tvärtom. Dessa motstridigheter har vi svårt att dra några slutsatser kring eftersom vi anser att det behövs mer källmaterial för att konstatera generella mönster. Skillnaderna mellan löv- och barrträds förmåga till kolupptagning och kolinlagring skulle kunna vara obetydliga eftersom flera av studierna (Manes et al. 2012; Ferrari et al. 2017) visar att det är en kombination av löv- och barrträd som ger effektivare kolupptagning/kolinlagring. I Tabell 1 redovisas inga staplar för biologisk mångfald, eftersom vi under arbetets gång insett att en kvantitativ jämförelse av löv- och barrträd delvis skulle motsäga begreppet biologisk mångfald eftersom båda trädslag behövs.

#### *Skillnad i kolinlagring mellan löv och- barrträd*

Resultatet ger argument som talar för både löv- och barrträd men det som avgör om marken lagrar in eller avger kol beror på initiala förutsättningarna i marken, menar Thomas Kätterer<sup>7</sup>. Kätterer fortsätter berätta att kolinlagringsformen skiljer sig åt hos löv- och barrträd, eftersom fallförnan hos lövträd bryts ned av dagmaskar i marken medan fallförnan hos barr ackumuleras på ytan eftersom dagmaskar inte trivs i den sura miljön. Utöver detta menar Kätterer att det finns det beror på fler processer och även på markbäddens utformning. Utifrån detta resonemang skulle det kunna betyda att skillnader mellan löv- och barrträd inte spelar lika stor roll som växtbäddens initiala kolförråd. Ett antagande utifrån Kätterers resonemang är att barrträd får lägre SOC men att kolinlagring fortfarande sker, dock i form av ackumulerad fallförna.

---

<sup>6</sup> Thomas Kätterer, professor i ekosystemekologi, expert på kol- och kväveflöden, mejlkorrespondens den 3:e-14:e februari 2023.

<sup>7</sup> Thomas Kätterer, professor i ekosystemekologi, expert på kol- och kväveflöden, mejlkorrespondens den 3:e-14:e februari 2023.

*Argument för och emot löv- och barrträd utifrån biologisk mångfald med avseende på habitat och föda*

Det finns några generella skillnader som går att konstatera mellan löv- och barrträd. Eftersom lövträd är angiospermer (Royal Forestry Society u.å.) producerar de pollen som kan gynna pollinerare och frukt till exempelvis fåglar, enligt Elisabeth Rovelstad<sup>8</sup>. Angiospermer utvecklades senare än gymnospermer, i samevolution med blombesökande insekter, vilket förklarar varför de gynnar pollinerare mer än gymnospermer (Peris et al. 2017). Därför saknar gymnospermer nektar (Chapman & Roberts 1997:46). Deras pollen är dessutom grövre, säger Rovelstad, och sprids via vindpollinering. Tallens pollen har av evolutionär anledning därför lägre proteinhalt och nedprioriteras ofta av bin (Allt om biodling u.å.). Barrträd producerar i stället ofta kottar som kan vara föda för exempelvis fåglar (Chapman & Roberts 1997:46). Detta gör inte att vare sig löv- eller barrträd är bättre än den andra eftersom båda behövs till olika organismer, förklarar Rovelstad.

En nackdel med barrträden, säger Rovelstad, är att de skuggar ut marken vilket ger en mindre diversitet i busk- och fältskiktet jämfört med lövträd. Rovelstad fortsätter beskriva att under barrträd går det därför inte att ha lökar såsom krokus, vilket innebär en förlust av tidig nektar jämfört med om man skulle använt lövträd. Dock kan lökar och perenner sättas under barrträd om träden stammas upp, nämner Rovelstad. Intensivare skugga under ett träd reducerar artdiversiteten (Jäger et al. 2007), och skulle därför under barrträd kunna leda till minskning av diversitet av arter i fältskiktet (Saure et al. 2013).

När det gäller habitat, föreslår Rovelstad risiga och täta barrträd till småfåglar såsom koltrast. Vidare fortsätter Rovelstad förklara att snåriga buskar såsom slån, avenbok och bukettapel också kan fungera bra. *Thuja* nämner Rovelstad är ett perfekt övervintringsställe för de nytto-insekter som äter och därmed minskar skadedjur såsom löss.

Gran *Picea abies*, ek *Quercus robur* och tall *Pinus sylvestris* listas som enskilt viktiga värdarter för andra organismer, men mångfalden av lövträd som finns i Sverige bygger tillsammans upp en biologisk mångfald i hela Sverige (Sundberg et al. 2019:25, 28). Dock är det främst den döda veden som utnyttjas av värdberoende arter hos tall *Pinus sylvestris* och gran *Picea abies* (Sundberg et al. 2019:25, 28). Död ved är dock mindre förekommande i stadsmiljö där ”det finns starka åsikter om att träd ska behålla sin naturliga form” (Jansson 2015:19). Denna inställning gör att döende träd ofta tas ned i stället för att beskäras (Jansson 2015:19).

---

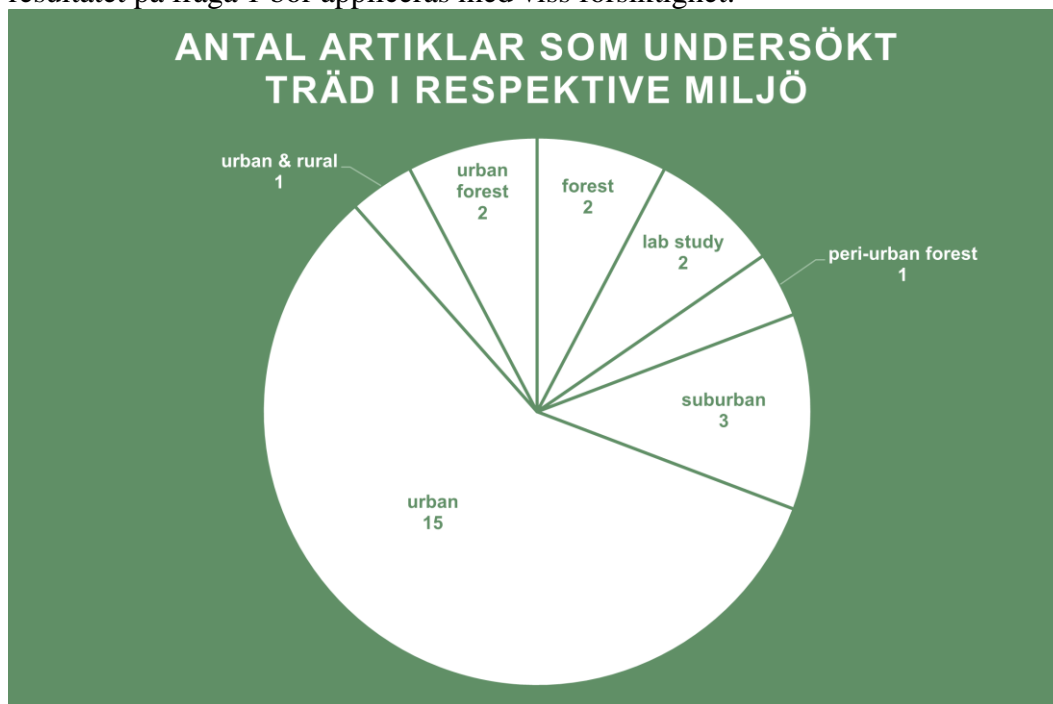
<sup>8</sup> Elisabet Rovelstad, rådgivare på Stångby plantskola, telefonsamtal den 20:e februari 2023.

### Prioritering av ekosystemtjänster

Resultatet väcker en fråga kring om och hur man bör prioritera ekosystemtjänster. Exempelvis skulle man kunna argumentera att ren luft kunna vara viktigare för människors överlevnad än vindskydd, och i det avseendet anser vi att luftrening bör värderas högre. Å andra sidan förstår vi att denna avvägning är komplex eftersom minskat vindskydd även kan minska effektiviteten av luftrening (utvecklas vidare i 4.3.1). Det går att prioritera ekosystemtjänster ur ett ekonomiskt perspektiv (exempelvis med verktyget iTree), men ett antagande är att argumentationen skulle se annorlunda ut ur ett etiskt perspektiv.

#### 4.1.1 Källornas ursprung

Figur 7 visar att 15 av 26 källor beskriver skillnader mellan löv- och barrträd i urban miljö. Ytterligare 3 källor som undersökt förhållanden i städernas ytterkanter har använts. Detta beror på att forskningen som undersöker skillnader i ekosystemtjänster hos löv- och barrträd i stadsmiljö är begränsad vilket gör att resultatet på fråga 1 bör appliceras med viss försiktighet.

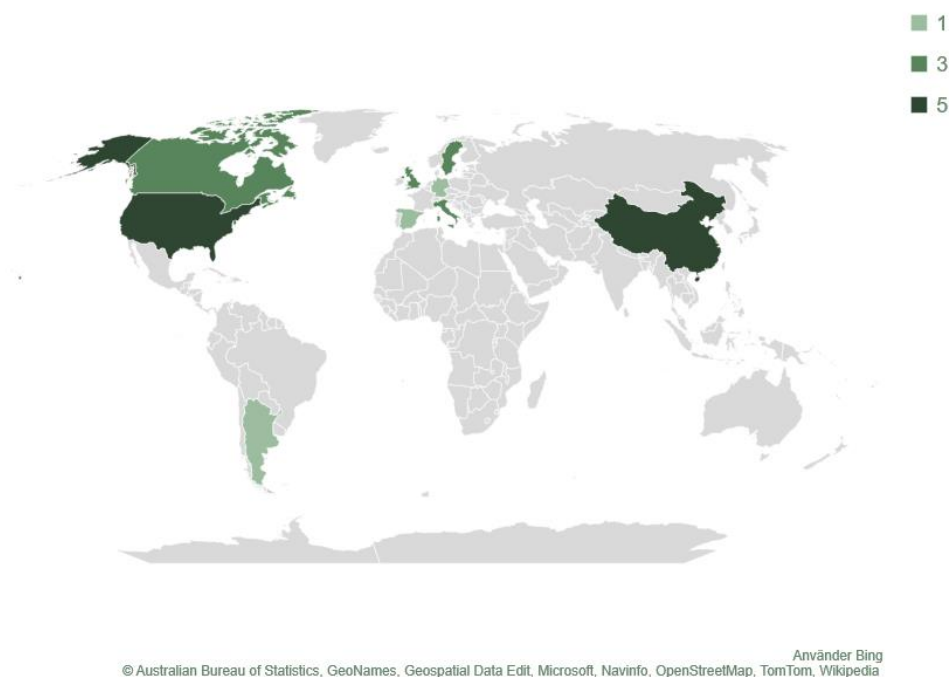


Figur 7. Pajdiagram över antalet studier som är från respektive miljö. Majoriteten av litteraturen undersöker urbana miljöer. "Urban" kan översättas till "stad", "suburban" kan översättas till "förort" och "peri-urban" kan översättas till "stadsnära".

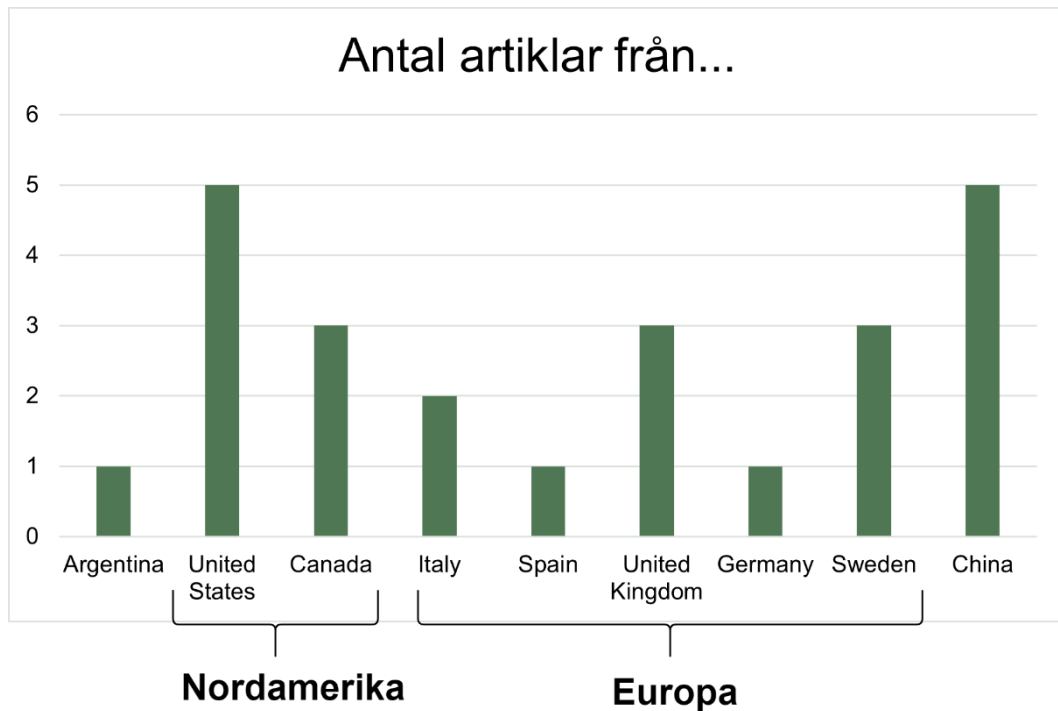
Endast 3 av 26 källor som jämför skillnader i ekosystemtjänster mellan löv- och barrträd undersöker svenska förhållanden se Figur 8 och Figur 9. Nedanstående figurer (8 och 9) visar den geografiska spridningen av artiklar. Den litteraturen där resultatet varit oberoende av geografi, (exempelvis labbstudier) har utelämnats från

figurerna. Observera att vissa studier syntetiserar eller undersöker data från flera platser, och i dessa fall har endast den mest dominerande geografiska platsen redovisats i nedanstående figurer. Denna avvägning har gjorts för att andrahandskällornas ursprung ur dessa synteser inte ska få en oproportionerlig stor vikt i figurerna. Det är värt att nämna att majoriteten av studierna är utförda i klimat som inte representerar det svenska. Resultatet från dessa källor har därför behövt ett kvalificerat resonemang kring hur de kan appliceras i svenskt klimat.

#### Litteraturens geografiska spridning (antal artiklar från...)



*Figur 8. Karta där de mest förekommande undersökta länderna är markerad i mörkast färg. Litteraturens breda geografiska spridning talar om att majoriteten av studierna undersökt förhållanden i Europa och Nordamerika.*



Figur 9. Stapeldiagram över litteraturens geografiska spridning, samma data som i figuren ovan.

## 4.2 Fråga 2: Hur skulle resultatet från fråga 1 gå att applicera i trädval för syd- och mellansvenska städer?

Litteraturen kommer från hela världen där de initiala förutsättningarna skiljer sig åt mellan platser (se Figur 8 och Figur 9). Ett resonemang och kvalificerade antaganden krävs därför för att kunna avgöra vilka faktorer som skulle kunna ha betydelse i syd- och mellansvenska städer i valet mellan löv- och barrträd. Syd- och mellansvenska klimatförhållanden påverkar framför allt ekosystemtjänsterna luftrening, dagvattenhantering, vindskydd och temperaturreglering och detta avsnitt handlar därför om dessa. Kolupptagning/kolinlagring och biologisk mångfald med avseende på habitat och föda för andra organismer utvecklas inte i detta avsnitt då inga tydliga indikationer gavs för hur resultatet i fråga 1 kan appliceras i syd- och mellansvenskt klimat. I avsnitt 4.3 diskuteras därför andra faktorer som påverkar dessa ekosystemtjänster.

#### 4.2.1 Skillnaderna mellan löv- och barrträds förmåga att rena luft kan vara större i Sverige än i varmare och torrare klimat

Resultatet visar att det finns fler argument för att barrträd kan rena luften mer effektivt än lövträd. Detta stämmer överens med Tyrenius (2021) resultat, som mätt arters förmåga att avlägsna flera luftföroreningar i svenskt stadsklimat. Litteraturen i denna uppsats indikerar dock att skillnaderna varierar beroende på klimatzon. Exempelvis skiljer sig löv- och barrträds förmåga att rena luft mindre åt i Rom som ligger längre söder ut i Europa jämfört med Berlin (Pace & Grote 2020). I Rom är klimatet varmare än i Berlin och därför är växtsäsongen längre i Rom vilket ger tidigare bladsprickning på våren och senare lövfällning på hösten (Pace & Grote 2020). Därför liknar de städsegröna barrträden och de lövfällande trädens växtsäsong varandra mer i Rom än i Berlin (Pace & Grote 2020). Vi drar därför slutsatsen att i Sverige borde barrträd vara ännu effektivare på luftrening än lövträd eftersom Sverige har en relativt lång period utan löv på träden jämfört med andra europeiska städer. Värt att nämna är också att lövsäsongen och därmed luftreningsförmågan varierar inom lövträden (Pace & Grote 2020). Utifrån att exotiska trädarter ofta har sent bladutspring i Sverige (Deak Sjöman et al. 2015:257), kan man resonera att dessa borde ha sämre kapacitet till luftrening under ett år. Vidare har vissa arter av lövträd som kontinuerligt förnyar sina blad under säsongen även förnyad kapacitet till luftrening (Pace & Grote 2020).

#### 4.2.2 Valet mellan löv- och barrträd kan vara mindre avgörande för dagvattenhanteringen i det svenska klimatet.

Enligt resultatet är barrträd generellt effektivast på interception, även om det finns exempel på städer där lövträd totalt interceperar mer eller lika mycket som barrträd (Hand & Doick 2021; Wood & Dupras 2021). Interceptionen påverkas av hur regnmängden är fördelad under året på platsen (Clapp et al. 2014). Om majoriteten av årsnederbörden sker under vintertid (till exempel i städer såsom Portland och Quebec) kan barrträd öka årstotalen av volym vatten som avlägsnats via interception (Clapp et al. 2014; Wood & Dupras 2021). Om majoriteten av årsnederbörden faller på sommaren (som till exempel i Boston och i de flesta svenska städer) har avsaknaden av löv under vintern en mindre inverkan på årstotalen av interceptionen (Clapp et al. 2014; Sjöstrand 2023). Utifrån detta resonemang kan det vara viktigare att välja barrträd för att fördröja dagvatten på de platser där mycket av årsnederbörden faller under den avlödade perioden av året eftersom barr kan utföra interception året om. Detta gäller dock inte i Sverige, vilket innebär att valet mellan löv- och barrträd är mindre avgörande för dagvattenhanteringen över ett år.



### 4.2.3 Städsegröna träd kan påverka uppvärmningskostnader i svenska byggnader

Städsegröna barrträd har större förmåga till vindreducering på vintern, vilket minskar vindflöden och därmed minskar nedkylning av byggnader (Clapp et al. 2014). Dock behöver avvägningen mellan förlusten av solinstrålning och vinsten av vindreducering undersökas mer för att kunna avgöra hur träd påverkar uppvärmningskostnader (Clapp et al. 2014). Minskade uppvärmningskostnader på vintern kan i sin tur minska koldioxidutsläpp (Clapp et al. 2014; Zhang et al. 2018). Nackdelen med barrträd är att de skuggar på vintern, vilket gör att solstrålningen minskar (Clapp et al. 2014; Deak Sjöman et al. 2015:256; Zhang et al. 2018). Utifrån detta argument skulle barrträds skuggning kunna öka uppvärmningskostnader i byggnader. Hans Rosenlund<sup>9</sup> antar att i Sverige kan den negativa effekten av barrträdens skuggning vara större än vindreduceringens positiva effekt, vilket skulle göra att barrträd höjer uppvärmningskostnader på vintern. Rosenlund menar att detta framför allt gäller byggnader i Sverige, särskilt nyare byggnader eftersom de är välisolerade och därmed inte gynnas lika mycket av vindreducering. Hugo Settergren<sup>10</sup> menar att det är komplext att dra en slutsats eftersom temperaturreglering också beror på enskild art, morfologi, hur nära trädet står i förhållande till byggnad, antal soltimmar, geografisk placering i landet och vilka vind och solförutsättningar mikroklimatet ger. Settergren menar dessutom att byggnaders fasadmateriell och uppvärmningssystem kan vara viktiga faktorer för att avgöra uppvärmningskostnader.

### 4.2.4 Avvägningen mellan sol och vind för temperaturreglering i den svenska utomhusmiljön

Under vinterhalvåret i Sverige kan ett mikroklimat med vindskydd och solinstrålning föredras, medan skugga och fläktande vind uppskattas sommartid. Dessa olika kvaliteter ser vi kunna stå i konflikt med varandra om inte löv- och barrträds för- och nackdelar med temperaturreglering tas i beaktning vid gestaltning. På vintern kan solinstrålning förbättra mikroklimatet och då förespråkas lövträd eftersom dessa inte har blad under den perioden (Sjöman & Slagstedt 2015:346; Zhang et al. 2018). Clapp et al. (2014) lyfter dock höga och tätt placerade byggnader som kastar stora skuggor mellan husen i vissa fall gör att trädens beskuggning inte spelar någon roll. Samtidigt skulle barrträdens effektivare vindreducering kunna ha större positiv effekt på mikroklimatet än vad ökad

---

<sup>9</sup> Hans Rosenlund, fil dr. på Malmö Universitet, Arkitekt och VD på CEC Design, mejlkorrespondens den 17:e februari 2023.

<sup>10</sup> Hugo Settergren, Projektledare/Landskapsarkitekt på Scandinavian Green Roof Institute, mejlkorrespondens den 17:e - 27:e februari 2023.

solinstrålning kan ge (Clapp et al. 2014). Henrik Sjöman<sup>11</sup> menar att både solinstrålning och vindreducering är viktiga aspekter att ta hänsyn till för att skapa ett behagligt mikroklimat. Vidare menar Sjöman att placering av träd behöver ta hänsyn till platsens förutsättningar för att kunna avväga för- och nackdelar mellan solinsläpp och vindreducering.

Utifrån detta skulle man kunna argumentera för att både löv- och barrträd behövs i städer för att skapa behagliga mikroklimat och att goda gestaltungs-lösningar kan göra så att man får både solinstrålning och vindreducering. För att minska att kvaliteterna skugga och solinsläpp står i konflikt med varandra kan barrträd med fördel placeras norr om den berörda ytan (Clapp et al. 2014). Då kan trädet reducera vind samtidigt som skuggning inte blir lika utbredd som vid annan placering (Clapp et al. 2014). Förutom mikroklimat kommer skuggan från träd bli allt viktigare under värmeböljor på sommaren i Sverige (Sjöman & Slagstedt 2015:346). Från ett etiskt perspektiv kan den kylande effekten från gatuträd bidra till att öka välbefinnandet och överlevnaden under extremt varma perioder, inte minst för gamla och sjuka, och för de som inte har ekonomiska möjligheter att betala för luftkonditionering (Jungman et al. 2023). Temperaturregleringen är extra viktig i städer där det bor många människor och där grönytor har potential att påverka områden med lägre socioekonomisk status och socialt utsatta platser (Zhou et al. 2021).

### 4.3 Fråga 3: Finns det andra faktorer än växtfysiologi som påverkar träds levererande av ekosystemtjänster?

Skillnaderna i ekosystemtjänster som kan levereras av löv- respektive barrträd kan också bero på fler faktorer och dessa utvecklas nedan för respektive ekosystemtjänst. I flera av ekosystemtjänsterna beskrivs lövträd ha större krona men glesare struktur än barrträd. Detta är ett generellt påstående som gäller för många löv- och barrträd, men inte för alla. Sist i detta kapitel presenteras gemensamma faktorer som generellt påverkar träds förmåga till att leverera ekosystemtjänster.

#### 4.3.1 Luftrening påverkas också av nederbörd, vind och trädets placering

En annan aspekt som inte inryms i Tabell 1 är att riklig nederbörd och mycket vind kan påverka upptagningen av föroreningar negativt eftersom partiklar som fastnat

---

<sup>11</sup> Henrik Sjöman, fil.dr i landskapsplanering med inriktning växtmaterial och vegetationsuppbyggnad, SLU, mejlkorrespondens den 2:a februari 2023.

på bladen kan sköljas eller blåsas av och återgå till luften (Pace & Grote 2020). Föroreningarna lossnar lättare från bladen av vind än de sköljs bort av regn (Pace & Grote 2020). Även om barrträden anges ha fler fysiologiska fördelar som skulle kunna ge upphov till en förbättrad luftreningsförmåga jämfört med lövträd, är det osäkert om detta stämmer överens med verkligheten på alla platser (Corada et al. 2021). I Berlin kan barrträd vara effektivare på att avlägsna luftföroreningar än i Rom eftersom den sistnämnda är mer vindutsatt (Corada et al. 2021). Den rikliga nederbörden i Berlin är negativ för luftreningsförmågan hos träd, men inte lika negativ som kraftig vind i kombination med långa torkperioder i Rom. Därmed anser vi att klimatfaktorer vägas in vid argumentationen om barrträds fysiologiska fördelar.

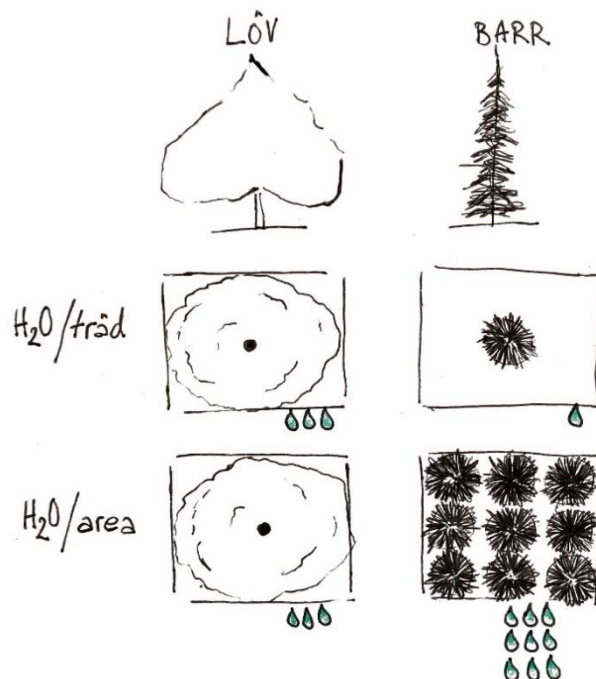
Det finns också en diskussion kring att gatuträd inte bidrar till renare luft i de situationer där träd ger sämre luftgenomströmning, eftersom minskade luftflöden kan leda till att luftföroreningar ackumuleras i stället för att dispergera (Whitlow et al. 2011; García de Jalón et al. 2019). Henrik Sjöman<sup>12</sup> menar att förutom valet av städsegrönt eller inte är det minst lika viktigt att ta hänsyn till hur träd placeras i förhållanden till byggnader för att luft ska kunna filtreras utan att det positiva luftflödet stoppas.

---

<sup>12</sup> Henrik Sjöman, fil.dr i landskapsplanering med inriktning växtmaterial och vegetationsuppbyggnad, SLU, mejlkorrespondens den 2:a februari 2023.

### 4.3.2 Dagvattenhantering påverkas också av antalet träd och kronstorlek

Både löv- och barrträd argumenteras ha effektivast transpiration i Tabell 1. Detta kan bero på att barrträd generellt ger högre transpiration per ytenhet (Peters et al. 2010) men att lövträd som enskild individ ger högre transpiration än ett barrträd (se Figur 10) (Thomas & Gill 2017). Vi resonerar att det ur ett storskaligt trädplanteringsperspektiv kan finnas anledning att förstå hur många barrträd som skulle motsvara ett lövträds årliga transpiration eftersom det krävs att ytan som ska planteras inrymmer tillräckligt stort antal barrträd för att ge samma eller mer transpiration som ett lövträd.



Figur 10. Lövträd har generellt stor krona och kan interceptera mer vatten per träd än ett barrträd. Barrträd har ofta mindre krona men hög LAI vilket gör att den per ytenhet kan interceptera mer än ett lövträd.

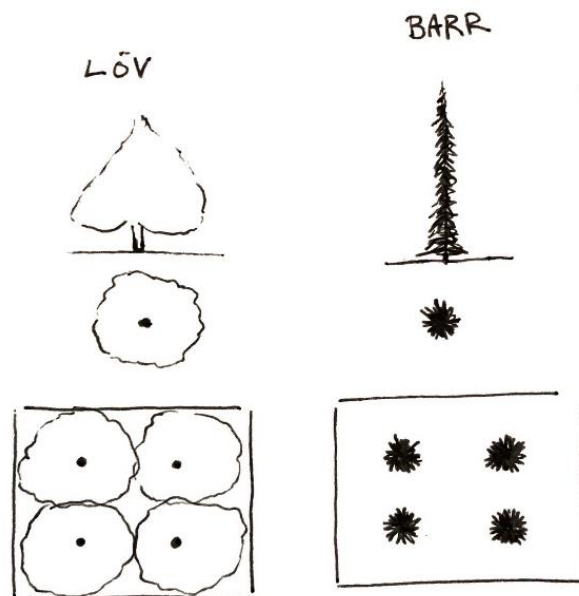
### 4.3.3 Vindskydd påverkas också av komposition

Den litteraturen som använts i uppsatsen är samstämmig om att barrträd har den mest vindreducerande förmågan (se Tabell 1). En viktig faktor som påverkar mikroklimatet är dock hur tätt träden placeras. Städsegröna träd som placeras tätt i en klunga reducerar vind och skuggar mindre än om de sprids ut vilket gör att *Physiological Equivalent Temperature*, (PET) blir varmare än om lövfällande träd används likadant (Zhang et al. 2018). Om barrträden däremot placeras jämt utspritt blir skuggningen så pass stor att PET blir lägre (det känns svalare) (Zhang et al. 2018). Utifrån detta resonemang kan man tänkas dra slutsatsen att städsegröna barrträd tätt tillsammans skulle föredras vintertid, eftersom de sänker hastigheten

på den kalla vinden och skuggar ett mindre område vilket totalt sett kan leda till varmare mikroklimat. En annan faktor som påverkar PET är också kronans utbredning och täthet, vilket diskuteras vidare nedan.

#### 4.3.4 Temperaturreglering kan mätas per träd eller per ytenhet

I Tabell 1 presenteras flera olika argument som förespråkar både löv- och barrträd för temperaturreglering eftersom det finns skillnader beroende på om man utgår från ett enskilt träd eller hur träden fungerar flera tillsammans. Ett lövträd kan ha bredare krona och skugga mer av marken som enskild individ medan barrträd tillsammans kan ge en större temperatursänkning per ytenhet (se Figur 11) eftersom dess LAI är högre (Speak et al. 2020). Wang et al. (2020) hävdar dock att lövträd är effektivare på att kyla eftersom evapotranspirationen är högre då lövträd har högre LAI. I Tabell 1 är Wang et al. (2020) den enda källan som menar att lövträd skulle ha högre LAI än barrträd. Detta påstående skulle kunna förklaras med Clapp et al. (2014) som menar att LAI sjunker kraftigt under månaderna som ett träd förlorar sina blad (Xiao et al. 2000). Om lövträden inte är lövfällande där Wang et al. (2020) skrivit artikeln skulle detta kunna vara förklara varför LAI är högre. En annan förklaring skulle kunna vara att definitionen av LAI som tidigare nämnt kan skilja sig åt mellan löv och barr (Watson 1947; Gholz et al. 1976; Chen & Black 1991).



Figur 11. Lövträd kastar en större skugga per träd och ger därför större temperatursänkning per träd jämfört med barrträd. Däremot är skuggan från barrträd mer intensiv, och ger därför större temperatursänkning per ytenhet.

Enligt Speak et al. (2020) har barrträd hög LAI per ytenhet, vilket betyder att de har en intensivare skugga som kan kyla jorden under kronan mer effektivt än lövträd per ytenhet (Clapp et al. 2014). Detta leder till att mikroorganismers

nedbrytningsaktivitet går långsammare som i sin tur ger lägre CO<sub>2</sub> avgivning från marken till luften (Clapp et al. 2014).

#### 4.3.5 Kolupptagning och kolinlagring kan påverkas av markförutsättningar och träddiversitet

En annan faktor som avgör kolinlagring mer än skillnader mellan löv- och barrträd är huruvida trädet växer bra eller dåligt. Ett träd som växer bra bidrar till mer kol i marken och ett stort träd bidrar med mer förna, menar Thomas Kätterer<sup>13</sup>. Vidare förklarar Kätterer att kolinlagring påverkas av växtbäddens initiala förutsättningar samt av trädets volym och vitalitet. Kätterer fortsätter med att beskriva att om det finns mer kol i marken än vad trädet kan lagra in kommer kol avges till luften vilket ger nettosumman att ingen kolinlagring sker. Om trädet binder in mer kol än vad det finns i marken kommer kol inlagras tills jämviktsläge uppnås, enligt Kätterer.

För peri-urbana skogsmiljöer visade sig blandade löv- och barrskogar som mest effektiva på att ta upp CO<sub>2</sub> (Kelty 2006; Ferrari et al. 2017). Detta beror på att konkurrensen om resurser mellan arter med olika nischer är mindre än den interspecifika konkurrensen (Ferrari et al. 2017). Eftersom de olika trädslagen kan använda resurser olika effektiviserar resursanvändningen, vilket leder till en större produktion av biomassa i diversa trädbestånd än i monokultur (Kelty 2006; Ferrari et al. 2017). Skulle detta förhållande även gälla i stadsmiljö skulle det betyda att ett diversifierat trädbestånd bidrar mest till kolupptagning.

#### 4.3.6 Biologisk mångfald med avseende på habitat och föda kan påverkas mer av andra faktorer

Utifrån litteraturen går det inte att säga att vare sig löv- eller barrträd är bättre än den andra, utan snarare att båda behövs för att uppnå hög biologisk mångfald. Källmaterialet indikerar att andra faktorer än skillnaden mellan löv- och barrträd kan spela större roll. Habitatsförlust och habitatsförsämring är de två största bidragande faktorerna till global förlust av biologisk mångfald (Sax & Gaines 2003). Mänsklig aktivitet såsom exploatering, jordbruk och fragmentering kan förstöra eller sänka kvaliteten av habitatet för många arter (Bowman 2017:526). Utifrån detta resonemang bör träds levererande av ekosystemtjänster påverkas av antal, placering och samband eftersom ett stort trädbestånd i staden (ett stort habitat) som är sammanlänkad till skog utanför staden kan bidra till biologisk mångfald mer än ett litet bestånd träd (ett litet habitat) som är fragmenterad.

---

<sup>13</sup> Thomas Kätterer, professor i ekosystemekologi, expert på kol- och kväveflöden, mejlkorrespondens den 3:e-14:e februari 2023.

Dock indikerar Kjellberg Jensen et al. (2022) att ökad förlust av biologisk mångfald i städer främst beror på införandet av utländska arter. Främmande arter kan ge ökad biologisk mångfald men ofta på bekostnad av de inhemska arterna som konkurreras ut eftersom de inhemska kan vara känsliga från början på grund av habitatförlust (Bowman 2017:525). Fenologisk skiftning och avsaknad av samevolution gör att utländska trädarter har signifikant lägre abundans ryggradslösa djur än inhemska trädarter (Kjellberg Jensen et al. 2022). Detta kan störa trofiska kedjor, som exempelvis orsakar att fåglar saknar föda i en kritisk period (Kjellberg Jensen et al. 2022). Därmed anser vi att inhemska arter kanske borde prioriteras högre än valet mellan löv- och barrträd. Sjöman & Slagstedt (2015:348) argumenterar dock för att exotiska träd visst behöver användas, då den hårda ståndorten i staden kan lämpa sig bättre för exotiska träd. Vidare är detta en fråga om hållbarhet, eftersom inhemska träd som inte klarar ståndorten kan dö, och då knappast tillföra biologisk mångfald (Sjöman & Slagstedt 2015:348).

Det viktiga när man planerar för biologisk mångfald är att se till den stora bilden i vilka habitat som finns och som behövs, att uppmärksamma spridningspoler och att inkludera träd av en bred variation av ålder (Sjöman & Slagstedt 2015:349). För att göra detta bör man ta i beaktning att diversiteten och längden av frukt- och nektarsäsong kompletterar varandra i ett trädbestånd (Sjöman & Slagstedt 2015:347–348). Detta möjliggör att varierad föda finns under så lång säsong som möjligt (Sjöman & Slagstedt 2015:347–348).

#### 4.3.7 Generella omgivande faktorer som påverkar ekosystemtjänster levererade av träd

Utöver ovannämnda aspekter finns det också generella faktorer som påverkar trädets förmåga att leverera ekosystemtjänster. Dessa faktorer är exempelvis **platsen, växtbädd, skötsel, artsammansättning, komposition, förekomst och ålder (tid)**.

Ett antagande utifrån litteraturens frekventa benämning av **plats** är att den bör vara den viktigaste faktorn att ta hänsyn till eftersom artsamband, resursförutsättningar och mikroklimatet är unika för en plats. Exempelvis kommer en solig plats generellt ge träd större chans till en välutvecklad krona som kan leverera ekosystemtjänster, även om det finns de arter som bättre tolererar skugga (Sjöman et al. 2015:173).

Deak Sjöman et al. (2015:287) betonar vikten av en god **växtbädd**:

Har inte trädets rötter tillgång till utrymme, syre, vatten och näring kommer trädet aldrig långsiktigt utvecklas till sin fulla potential att leverera den rad ekosystemtjänster där en hållbar dagvattenhantering ingår (Deak Sjöman et al. 2015:287)

Ekosystemtjänsterna påverkas också av **skötseln**. Bortförsl av organiskt material såsom fallförra och fruktsättning – en vanlig skötselåtgärd i gatumiljö – leder till minskad kolinlagring (Peters et al. 2010; Fares et al. 2017) och minskade antal habitat och födomöjligheter för exempelvis insekter och fåglar (Jansson 2015:24–25, 31). Hamling och beskärning kan leda till att träd i hårda miljöer kan få bättre vitalitet (Sjöman et al. 2015:171) och att strukturer för biologisk mångfald skapas (Jansson 2015:45), men samtidigt minskar kronvolymen, vilket kan leda till begränsad potential att leverera ekosystemtjänster (Peters et al. 2010). Skötselåtgärder som kräver transport eller bränsle drivna maskiner och uppdrivningen av träd släpper ut koldioxid och luftföroreningar vilket sänker nettot av ekosystemtjänsterna som träden levererar (Nowak & Crane 2002). Dock är ekosystemtjänsterna från träd så stora att skötseln och uppdrivningen står för en förhållandevis liten negativ effekt (Nowak & Crane 2002).

I flera av de studier där det fanns skillnader mellan löv- och barrträd, berodde de största skillnaderna i ekosystemtjänster på **artsammansättning** (Manes et al. 2012; Ferrari et al. 2017) och rumslig **komposition** (Zhang et al. 2018). Varierad artsammansättning och platsspecifik lösning ökar chanserna för att träd effektivt ska kunna leverera ekosystemtjänster såsom vindreducering (Deak Sjöman et al. 2015:238). Löv- och barrträd ger upphov till olika habitat vilket gör att det är viktigare att ha en variation mellan löv- och barrträd samt att välja de arter som är habitat för rödlistade organismer (Deak Sjöman & Östberg 2020:70). En varierad släkt- och artsammansättning leder dessutom till högre resiliens mot sjukdomar och skadedjur (Deak Sjöman & Östberg 2020:76). Genom säkerställa jämn representation av träd från funktionella grupper (såsom ”torktåliga barrträd” och ”snabbväxande översilningståliga (översvämningståliga) pionjärarter”) kan ekosystemtjänsterna öka (Wood & Dupras 2021). Detta beror på att det är diversiteten av funktionella egenskaper som driver ekosystemet snarare än antalet arter (Tilman et al. 1997; Díaz & Cabido 2001). Att plantera arter från underrepresenterade trädgrupper skulle därför kunna effektivisera ekosystemtjänster eftersom det är en utjämnande strategi (Wood & Dupras 2021).

Föga förvånande är att **förekomsten** av en trädgrupp spelat roll för trädbeståndets förmåga att leverera ekosystemtjänster i flera av studierna. Från Hand och Doicks studie (2021), går det att anta att lövträden har kunnat leverera flest ekosystemtjänster i städer i Storbritannien eftersom det är lövträd som är mest förekommande där. Från Deak Sjöman och Östbergs studie (2020:38–40) skulle man generellt kunna konstatera att i de svenska städerna som är lövträdsdominerade kan lövträd leverera fler ekosystemtjänster, medans det i barrträdsdominerade städer är barrträden som levererar flest ekosystemtjänster.



**Ålder** påverkar i hög grad ekosystemtjänster eftersom trädet har potential till större biomassa med tiden (Deak Sjöman et al. 2015:76). Stor biomassa innebär ofta som tidigare nämnt högre kapacitet till luftrening, dagvattenhantering, temperaturreglering, kolupptagning, kolinlagring och vindskydd. Ett antagande är att dessa ekosystemtjänster bör minska när trädet börjar dö, men ekosystemtjänsten biologisk mångfald kan gynnas då vissa arter är knutna till död ved (Jansson 2015:47). Bristen av habitat för exempelvis insekter och svampar som har sina livsmiljöer knutna till död ved är påtaglig i städer eftersom ihåliga träd anses farliga och tas ned (Jansson 2015:47). Därför kan man tänkas dra slutsatsen att framför allt träd med hög ålder behöver bevaras i stadsmiljö. Samtidigt förbättrar en variation av åldrar potentialen till att leverera en mångfald av ekosystemtjänster (Deak Sjöman & Östberg 2020:76–77).

#### 4.4 Trädval utifrån andra aspekter än ekosystemtjänster

Litteraturstudien indikerade att skillnaden mellan löv- och barrträd inte är den enskilt viktigaste aspekten vid trädval för att träden effektivt ska kunna leverera ekosystemtjänster. Det kan i stället finnas andra strategier. Att välja träd endast utifrån ekosystemtjänster som ges anser vi vara riskabelt, och kanske inte rätt metod för att nå dem. Exempelvis är kolinlagring en reversibel process (Ariluoma et al. 2021) och detta gör att träd under en livstid inte har någon förmåga att binda in kol. För att minska koldioxidhalten i luften för ett helt trädbestånd i till exempel en stad är det därför viktigare med resiliens, så att inte klimatförändringar eller sjukdomar leder till en drastisk förändring i beståndets vitalitet (Wood & Dupras 2021). För att nå sociala och psykologiska effekter med träd, behöver också estetik kombineras med kriteriet ekosystemtjänster – något det finns få studier på (Langenheim et al. 2020). Resultatet kan sammanfattas med att större biomassa, kronvolym, LAI, vitalitet och biologisk mångfald bidrar till att öka de flesta ekosystemtjänster som undersöks. Dessa kvaliteter nås kanske bäst av att välja träd efter andra aspekter såsom **ståndort**, **biologisk mångfald** eller med hjälp av **naturhärmande** selektion. Följande beskrivs hur val efter varje aspekt kan eller inte kan bidra till ekosystemtjänster.

##### *Hur trädval efter ståndort kan bidra till ekosystemtjänster*

Ståndorten är essentiell för trädets överlevnad och är en grundförutsättning för att ett träd ska kunna leverera ekosystemtjänster (Sjöman & Slagstedt 2015:332). ”Rätt träd på rätt plats” leder till bättre etablering och högre sannolikhet att utveckla ett voluminöst kronverk med stor bladarea (Sjöman & Slagstedt 2015:331). Dock har vissa torktåliga arter som strategi att ha djupa pålrötter, större rotvolym jämfört med

bladvolym och reducerad evapotranspiration vilket skulle leda till begränsad kapacitet till ekosystemtjänster (Wood & Dupras 2021).

#### *Hur trädval efter biodiversitet i trädbeståndet kan bidra till ekosystemtjänster*

Biologisk mångfald när det gäller trädbestånd innefattar att säkerställa variation av trädarter, variation i det genetiska materialet hos varje art samt variation och jämn succession av åldrar (Jansson 2015:24, 30–31; Deak Sjöman & Östberg 2020:76). Ur ett ekologiskt perspektiv skulle fler antal funktionellt olika arter kunna utnyttja resurser mer effektivt än i en monokultur (Manes et al. 2012; Ferrari et al. 2017), vilket gör att diversa samhällen också har större kapacitet att leverera ekosystemtjänster från begränsade resurser (Ferrari et al. 2017; Wood & Dupras 2021). Bevis på att betydelsen av biodiversitet är viktig går att hitta från studier i skogar (Kelty 2006; Ferrari et al. 2017) och i städer (Sjöman & Slagstedt 2015:348).

#### *Hur naturhärmande trädval kan bidra till ekosystemtjänster*

Enligt Sofia Eskilsson<sup>14</sup>, har exempelvis Stockholm historiskt dominerats av blandskog men grundvattensänkringar ledde till att tallarna var de enda barrträden som överlevde torkan. Detta betyder att exempelvis gran är underrepresenterad, eftersom den inte återplanterats. De nordiska städerna domineras idag av lövträdsarter (Sjöman et al. 2012) och man kan tänkas dra slutsatsen att detta inte representerar den ursprungliga blandskogsfloran som fanns i Syd- och Mellansverige förr. Ett ekologiskt argument som indirekt kan ge ekosystemtjänster skulle kunna vara att plantera fler barrväxter på de platser där de är underrepresenterade. Dock måste träden fortfarande trivas, och då menar Elisabeth Rovelstad<sup>15</sup> att vanlig gran (*Picea abies*) inte bör planteras i stadsmiljö. Rovelstad förespråkar i stället serbgran (*Picea omorika*). Då en av de största hoten till biologisk mångfald är introducering av främmande arter (Bowman 2017:527–528) bör det vara av yttersta vikt att välja så mycket inhemskt växtmaterial som möjligt (Kjellberg Jensen et al. 2022), och då bör den naturhärmande aspekten också tas hänsyn till. Samtidigt kan exotiska träd vara bättre anpassade till de svåra stadsmiljöerna och på så sätt komplettera det befintliga beståndet för att kontinuerligt bidra till ekosystemtjänster under hela året (Sjöman & Slagstedt 2015:348; Deak Sjöman & Östberg 2020:37).

Sammanfattat anser vi att trädval behöver ske med alla aspekterna estetik, ståndort, biologisk mångfald, naturhärmande och ekosystemtjänster i åtanke eftersom val utifrån endast en aspekt riskerar att gå miste om funktioner hos träd. Resultatet för fråga 1, (se avsnitt 4.1) visar att barrträd kan vara effektivare på luftrening,

---

<sup>14</sup> Sofia Eskilsson, landskapsarkitekt med inriktning på naturalistisk och ekologisk växtgestaltning, frågestund för kandidatkursen den 1:a februari 2023.

<sup>15</sup> Elisabeth Rovelstad, rådgivare på Stångby plantskola, telefonsamtal den 20:e februari 2023.

dagvattenhantering och vindskydd vintertid medan lövträd kan vara effektivare på temperaturreglering, och detta är ett argument för att både löv- och barrträd behövs i staden. Att medvetet välja träd efter ekosystemtjänster är dock endast något som går att göra i länder där ekonomiska möjligheter finns. Även om ekosystemtjänster från löv- och barrträd i staden kan rädda människoliv och mildra effekten av klimatförändringar är det viktigt att vara medveten om att det inte räcker som enda lösning till klimatkrisen och förlusten av biologisk mångfald. Vi anser att det ur ett etiskt perspektiv är viktigt att vidta andra åtgärder än att välja träd efter ekosystemtjänster för att se till att människor och organismer ska ha möjlighet till liv.

## 5. Vidare forskning

Skillnader mellan löv- och barrträd var enligt litteratursökningen mest undersökt för ekosystemtjänsten luftrening. För dagvattenhantering, vindskydd, temperaturreglering behövs det mer forskning om skillnaderna (Clapp et al. 2014). För kolupptagning/kolinlagring och biologisk mångfald bedömer vi att det är de andra faktorerna nämnda i 4.3.7 som kan undersökas närmare, eftersom de antas påverka ekosystemtjänsterna mer än skillnader mellan löv- och barrträd. Inom dagvattenhantering skulle det kunna vara intressant att göra beräkningar på exempelvis ”Hur många serbgranar *Picea omorika* krävs för att motsvara dagvattenhanteringen från x antal oxlar *Sorbus x intermedia*?” eftersom kronyta och krondensitet är två betydelsefulla faktorer (Peters et al. 2010). Inom vindskydd och temperaturreglering skulle det kunna vara intressant att undersöka exempel där barrträds städsegröna fördelar vägs mot nackdelar för mikroklimatet (Clapp et al. 2014). Litteratursökningen gav få källor som undersöker svenska eller ens nordiska förhållanden (se Figur 8 och Figur 9), och skillnaderna mellan löv- och barrträd kan antas vara lite annorlunda i Sverige jämfört med andra platser i världen (se avsnitt 4.2). För att med säkerhet kunna dra denna slutsats behövs fler studier som jämför skillnader i ekosystemtjänster mellan löv- och barrträd i Sverige. Exempelvis har inga studier nämnt snö när de behandlat dagvattenhantering, och interception antas fungera annorlunda i Sverige på grund av just denna faktor. Därför hade en vidare frågeställning kunnat vara: *Hur påverkas löv- och barrträds förmåga till dagvattenhantering av snö och is?*

Svaret på frågan *Ska man välja löv- eller barrträd?* blir utifrån litteraturen ofta ”*det beror på platsen*”. Resultatet och diskussionen i kapitel 4 kan vara ett underlag för att hjälpa landskapsarkitekter att förstå konsekvenserna av valen som görs vid arbetet av en ny plats. Som fortsättning på denna uppsats skulle ett ytterligare hjälpmedel kunna vara en samlingskatalog som i bild och text illustrerar platsexempel där löv- och barrträd fungerar väl för respektive ekosystemtjänst. Denna katalog skulle kunna bidra till gestaltungsprinciper som exempelvis besvarar frågeställningen: *Var går gränsen för när barrträdens positiva vindskyddande egenskaper kan överträffa de negativa skuggningseffekterna?* En annan aspekt som inte behandlas, men rekommenderas för trädbestånd i stadsmiljöer som komplement till denna uppsats är att beräkna (ekonomiska)

vinster med ekosystemtjänster med hjälp verktyg såsom iTree. För att få en utvidgad bild av trädval skulle en undersökning av vilka olika kombinationer av aspekterna ståndort, artdiversitet, naturhärmande, estetik och ekosystemtjänster som går att kombinera och var det uppstår konflikter.

I denna uppsats undersöktes sex ekosystemtjänster. Dock finns det fler ekosystemtjänster att utforska där det kan finnas skillnader mellan löv- och barrträd. Exempelvis finns det flera som berör mänskligt välbefinnande och rekreation. I introduktionen nämns att det funnits ett motstånd mot barrträd och att det är därför dessa inte använts i stadsmiljö. En fråga som väckts är om det finns skillnader i hur psykologiskt välbefinnande påverkas av lövträd jämfört med barrträd och Sofia Eskilsdotter<sup>16</sup> menar att motståndet mot barrträd i stadsmiljö hade varit intressant att undersöka mer ur denna aspekt. På liknande sätt kan det finnas estetiska skillnader mellan löv- och barrträd som kan vara intressanta att undersöka.

---

<sup>16</sup>Sofia Eskilsdotter, landskapsarkitekt med inriktning på naturalistisk och ekologisk växtgestaltning, frågestund för kandidatkursen den 1:a februari 2023.

## 6. Slutsats

### *1. Vilka skillnader i reglerande och stödjande ekosystemtjänster finns mellan löv- och barrträd i gatumiljö?*

Av den litteraturen som sammanställts, finns det underlag för att konstatera att barrträd kan vara effektivare på luftrening, dagvattenhantering och vindskydd på grund av en komplexare bladstruktur, högre LAI och att barrträd kan upprätthålla dessa ekosystemtjänster även under vintern. Fördelarna med barrträd var mest markanta inom ekosystemtjänsten luftrening eftersom litteraturen var mest omfattande och samstämmig för denna ekosystemtjänst. Lövträd kan vara effektivare på temperaturreglering både sommartid och vintertid eftersom bredare kronor kan skugga en större yta under sommartid och lövfällning kan släppa in solinstrålning på vintern. För ekosystemtjänsterna kolupptagning/kolinlagring beror effektiviteten inte huvudsakligen på skillnader i löv- och barrträd utan snarare på tillväxthastighet och biomassa. Löv- och barrträd bidrar båda till biologisk mångfald på olika sätt: lövträd har pollen, frukt och tillåter variation i fåltskiktet medan barrträd bidrar till föda i form av kottar.

### *2. Hur skulle resultatet från fråga 1 gå att applicera i trädval för syd- och mellansvenska städer?*

På grund av att syd- och mellansvenska städer har en längre vintersäsong och därmed kortare lövperiod bör fördelarna hos barrträd vara mer betydande för luftrening eftersom dessa är städsegröna. Eftersom majoriteten av nederbörden faller på sommaren i Sverige har barrträds goda förmåga till interception på vintern dock mindre betydelse, i jämförelse med lövträd. Gestaltning bör helst dra nytta av både barrträds vindreducerande förmåga och lövträds förmåga att släppa genom solinstrålning på vintern för att minska uppvärmningskostnader, även om träd har begränsad inverkan på uppvärmningskostnader i svenska byggnader. För att en plats ska kunna bli vindsyddad och solig på vintern samt beskuggad med fläktande vind på sommaren bör barrträd placeras norröver platsen för att skydda mot kalla vindar men ändå tillåta solinstrålning från syd. Hänsyn behöver tas till täthet, struktur och antal träd för att skapa ett behagligt mikroklimat.

### *3. Finns det andra faktorer än växtfysiologi som spelar roll för att effektivt leverera ekosystemtjänster?*

Många av källorna under arbetet har pekat mot att det snarare är andra faktorer än de växtfysiologiska skillnaderna mellan löv- och barrträd som spelar större roll för hur väl ekosystemtjänster levereras. Det generellt bredare lövträdet kan per träd skugga och ta upp mer dagvatten medan det smalare och tätare barrträdet skuggar mer intensivt och kan hantera mer nederbörd per ytenhet. Löv- och barrträds temperaturreglerande förmåga påverkas av avvägningen mellan vindskydd och solinstrålning som i sin tur påverkas av kompositionen. Kolupptagning och kolinlagring påverkas av initiala markförhållanden och skulle kunna effektiviseras när en kombination av löv- och barrträd används. För biologisk mångfald med avseende på habitat och föda för andra organismer kan det vara viktigare att se till den stora bilden och säkerställa att tillräckligt med inhemska arter finns för att konsekvent tillhandahålla habitat och varierad föda, i stället för att jämföra löv- och barrträd. Faktorer som påverkar alla de valda ekosystemtjänsterna kan vara **platsen, växtbädden, skötseln, artsammansättningen, kompositionen, förekomst, och ålder**. För att ta hänsyn till dessa faktorer, föreslår vi att trädval görs utifrån en kombination av trädens funktion (bland annat ekosystemtjänster), ståndort och att sträva efter att skapa hög biodiversitet i trädbeståndet på ett naturhärmande vis. Ekosystemtjänster är en viktig aspekt att ta hänsyn till i trädval men inte den enda som bör utgå från för att ekosystemtjänsterna ska bli så effektiva som möjligt. Denna uppsats kan förhoppningsvis fungera som ett stöd i val av stadsträd samt ge en fingervisning om vilka reglerade och stödjande ekosystemtjänster man kan förvänta sig av löv- och barrträd i syd- och mellansvenska städer.

## 7. Referenser

- Akbari, H. (2002). Shade trees reduce building energy use and CO<sub>2</sub> emissions from power plants. *Environmental Pollution*, 116, S119–S126. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00264-0](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00264-0)
- Allt om biodling (u.å.). *Tall*. <https://alltombiodling.se/tall/> [2023-02-24]
- Ariiluoma, M., Ottelin, J., Hautamäki, R., Tuhkanen, E.-M. & Mänttari, M. (2021). Carbon sequestration and storage potential of urban green in residential yards: A case study from Helsinki. *Urban Forestry & Urban Greening*, 57, 126939. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126939>
- Asadian, Y. & Weiler, M. (2009). A New Approach in Measuring Rainfall Interception by Urban Trees in Coastal British Columbia. *Water Quality Research Journal*, 44 (1), 16–25. <https://doi.org/10.2166/wqrj.2009.003>
- Beckett, K.P., Freer-Smith, P. & Taylor, G. (2000a). Effective tree species for local air quality management. *Journal of Arboriculture*, 26 (1), 12–19
- Beckett, K.P., Freer-Smith, P.H. & Taylor, G. (2000b). Particulate pollution capture by urban trees: effect of species and windspeed. *Global Change Biology*, 6 (8), 995–1003. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2000.00376.x>
- Bengtsson, R. (2000). *Stadsträd från A till Z*. Stockholm: Svensk byggtjänst.
- Boverket (2019). *Vad kan man göra för att bevara, utveckla eller skapa ekosystemtjänster på hårdgjorda ytor?* Boverket. [https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/platser/hardgjorda/starka\\_hardgjort/](https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/platser/hardgjorda/starka_hardgjort/) [2023-02-16]
- Bowman, W.D. (2017). *Ecology*. Fourth edition. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.
- Bryant, M.L., Bhat, S. & Jacobs, J.M. (2005). Measurements and modeling of throughfall variability for five forest communities in the southeastern US. *Journal of Hydrology*, 312 (1), 95–108. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.02.012>
- Chapman, J.L. & Roberts, M.B.V. (1997). *Biodiversity: The Abundance of Life*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chen, G., Lin, L., Hu, Y., Zhang, Y. & Ma, K. (2021). Net particulate matter removal ability and efficiency of ten plant species in Beijing. *Urban Forestry & Urban Greening*, 63, 127230. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127230>
- Chen, J.M. & Black, T.A. (1991). Measuring leaf area index of plant canopies with branch architecture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 57 (1), 1–12. [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(91\)90074-Z](https://doi.org/10.1016/0168-1923(91)90074-Z)
- Christen, A. & Vogt, R. (2004). Energy and radiation balance of a central European city. *International Journal of Climatology*, 24 (11), 1395–1421. <https://doi.org/10.1002/joc.1074>
- Clapp, J.C., Ryan, H.D.P., Harper, R.W. & Bloniarz, D.V. (2014). Rationale for the increased use of conifers as functional green infrastructure: A literature review and synthesis. *Arboricultural Journal*, 36 (3), 161–178. <https://doi.org/10.1080/03071375.2014.950861>



- Corada, K., Woodward, H., Alaraj, H., Collins, C.M. & de Nazelle, A. (2021). A systematic review of the leaf traits considered to contribute to removal of airborne particulate matter pollution in urban areas. *Environmental Pollution*, 269, 116104. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116104>
- Deak Sjöman, J., Sjöman, H. & Johansson, E. (2015). Staden som växtplats. I: Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red.) *Träd i urbana landskap*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur. 231–330.
- Deak Sjöman, J. & Östberg, J. (2020). *i-Tree Sverige: för strategiskt arbete med träd ekosystemtjänster*. (2020:13). Alnarp: Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet. [https://pub.epsilon.slu.se/21754/1/deak\\_sj%C3%B6man\\_j\\_%C3%B6stberg\\_j\\_210126.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/21754/1/deak_sj%C3%B6man_j_%C3%B6stberg_j_210126.pdf)
- Díaz, S. & Cabido, M. (2001). Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology & Evolution*, 16 (11), 646–655. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(01\)02283-2](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(01)02283-2)
- Fares, S., Calfapietra, C., Mikkelsen, T., Samson, R. & Le Thiec, D. (2017). Carbon Sequestration by Urban Trees. I: Pearlmutter, D., Calfapietra, C., Samson, R., O'Brien, L., Krajer Ostoić, S., Sanesi, G., & Alonso del Amo, R. (red.) *The Urban Forest*. (Future City 7). Cham: Springer International Publishing. 31–39. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-50280-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-50280-9_4)
- Ferrari, B., Corona, P., Mancini, L.D., Salvati, R. & Barbati, A. (2017). Taking the pulse of forest plantations success in peri-urban environments through continuous inventory. *New Forests*, 48 (4), 527–545. <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9580-x>
- Fitzky, A.C., Sandén, H., Karl, T., Fares, S., Calfapietra, C., Grote, R., Saunier, A. & Rewald, B. (2019). The Interplay Between Ozone and Urban Vegetation—BVOC Emissions, Ozone Deposition, and Tree Ecophysiology. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2 (50). <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00050> [2023-02-09]
- Freer-Smith, P.H., El-Khatib, A.A. & Taylor, G. (2004). Capture of Particulate Pollution by Trees: A Comparison of Species Typical of Semi-Arid Areas (*Ficus Nitida* and *Eucalyptus Globulus*) with European and North American Species. *Water, Air, and Soil Pollution*, 155 (1), 173–187. <https://doi.org/10.1023/B:WATE.0000026521.99552.fd>
- García de Jalón, S., Burgess, P.J., Curiel Yuste, J., Moreno, G., Graves, A., Palma, J.H.N., Crous-Duran, J., Kay, S. & Chiabai, A. (2019). Dry deposition of air pollutants on trees at regional scale: A case study in the Basque Country. *Agricultural and Forest Meteorology*, 278, 107648. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107648>
- Gholz, H.L., Fitz, F.K. & Waring, R.H. (1976). Leaf area differences associated with old-growth forest communities in the western Oregon Cascades. *Canadian Journal of Forest Research*, 6 (1), 49–57. <https://doi.org/10.1139/x76-007>
- Giometto, M.G., Christen, A., Egli, P.E., Schmid, M.F., Tooke, R.T., Coops, N.C. & Parlange, M.B. (2017). Effects of trees on mean wind, turbulence and momentum exchange within and above a real urban environment. *Advances in Water Resources*, 106, 154–168. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2017.06.018>
- Gisselman, F., Lindberg Alseryd, N., Edman, T. & Lindeberg, G. (2017). *Ekosystemtjänstförteckning med inventering av dataunderlag: för kartläggning av ekosystemtjänster och grön infrastruktur*. (2017:6797). Stockholm: Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/globalassets/media/publikationer-pdf/6700/978-91-620-6797-7.pdf>

- Government of Western Australia, Department of Primary Industries and Regional Development (2022). *What is soil organic carbon? Agriculture and Food*. <https://www.agric.wa.gov.au/measuring-and-assessing-soils/what-soil-organic-carbon> [2023-03-07]
- Gunnarsson, A. (2015). Träden och människan. I: Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red.) *Träd i urbana landskap*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur. 19–56.
- Gustafsson, M., Lindén, J., Tang, L., Forsberg, B., Orru, H., Åström, S. & Sjöberg, K. (2018). *Quantification of population exposure to NO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> and estimated health impacts*. (2018:C 317). Stockholm: IVL Swedish Environmental Research Institute. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:naturvardsverket:diva-7870> [2023-02-06]
- Hand, K. & Doick, K. (2021). *Selecting urban trees for ecosystem service provision - Supplementary material*. [Supplementary material]. The Research Agency of the Forestry Commission. [https://cdn.forestresearch.gov.uk/2021/05/supplementary\\_material\\_2021-06-07.pdf](https://cdn.forestresearch.gov.uk/2021/05/supplementary_material_2021-06-07.pdf)
- Hou, G., Delang, C.O., Lu, X. & Gao, L. (2020). Grouping tree species to estimate afforestation-driven soil organic carbon sequestration. *Plant and Soil*, 455 (1), 507–518. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04685-z>
- Huang, J.Y., Black, T.A., Jassal, R.S. & Lavkulich, L.M.L. (2017). Modelling rainfall interception by urban trees. *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*, 42 (4), 336–348. <https://doi.org/10.1080/07011784.2017.1375865>
- Iungman, T., Cirach, M., Marando, F., Barboza, E.P., Khomenko, S., Masselot, P., Quijal-Zamorano, M., Mueller, N., Gasparrini, A., Urquiza, J., Heris, M., Thondoo, M. & Nieuwenhuijsen, M. (2023). Cooling cities through urban green infrastructure: a health impact assessment of European cities. *The Lancet*, 401 (10376), 577–589. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)02585-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)02585-5)
- Jansson, N. (2015). *Vägarnas träd – om trädens skötsel, värdefulla strukturer och följararter*. (CBM:s skriftserie, 93). Centrum för Biologisk Mångfald. [https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/cbm/dokument/publikationer-cbm/cbm-skriftserie/vagarnas\\_trad\\_cbm93.pdf](https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/cbm/dokument/publikationer-cbm/cbm-skriftserie/vagarnas_trad_cbm93.pdf)
- Jäger, H., Tye, A. & Kowarik, I. (2007). Tree invasion in naturally treeless environments: Impacts of quinine (*Cinchona pubescens*) trees on native vegetation in Galápagos. *Biological Conservation*, 140 (3), 297–307. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.08.014>
- Kelty, M.J. (2006). The role of species mixtures in plantation forestry. *Forest Ecology and Management*, 233 (2), 195–204. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.05.011>
- Kjellberg Jensen, J., Jayousi, S., von Post, M., Isaksson, C. & Persson, A.S. (2022). Contrasting effects of tree origin and urbanization on invertebrate abundance and tree phenology. *Ecological Applications*, 32 (2), e2491. <https://doi.org/10.1002/eap.2491>
- Klimat- och näringslivsdepartementet (2013). *Synliggöra värdet av ekosystemtjänster - Åtgärder för välfärd genom biologisk mångfald och ekosystemtjänster*. (SOU 2013:68). Stockholm: Fritzes. <https://doi.org/10/sou-201368/>
- Langenheim, N., White, M., Tapper, N., Livesley, S.J. & Ramirez-Lovering, D. (2020). Right tree, right place, right time: A visual-functional design approach to select and place trees for optimal shade benefit to commuting pedestrians. *Sustainable Cities and Society*, 52, 101816. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101816>

- Manes, F., Incerti, G., Salvatori, E., Vitale, M., Ricotta, C. & Costanza, R. (2012). Urban ecosystem services: tree diversity and stability of tropospheric ozone removal. *Ecological Applications*, 22 (1), 349–360. <https://doi.org/10.1890/11-0561.1>
- McPherson, E.G. (2007). Benefit-Based Tree Valuation. *Arboriculture & Urban Forestry*, 33 (1), 1–11. <https://doi.org/10.48044/jauf.2007.001>
- Millennium Ecosystem Assessment (Program) (2005). *Ecosystems and human well-being: synthesis*. (GF50.E26 2005). Washington, DC: World Resources Institute. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Naturvårdsverket (u.å.a). *Fakta om partiklar i luft (PM<sub>2,5</sub> och PM<sub>10</sub>)*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/luft/luftfororeningar-och-dess-effekter/fakta-om-partiklar-i-luft-pm25-och-pm10/> [2023-02-20]
- Naturvårdsverket (u.å.b). *Vad är ekosystemtjänster och varför behövs de?* <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/mark-och-vattenanvandning/ekosystemtjanster/varfor-behovs-ekosystemtjanster/> [2023-01-20]
- Nowak, D.J. & Crane, D.E. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, 116 (3), 381–389. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00214-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00214-7)
- Nowak, D.J., Hoehn, R.E.I., Crane, D.E., Stevens, J.C. & Walton, J.T. (2006). *Assessing urban forest effects and values, Washington, D.C.'s urban forest*. (Resource Bulletin NRS-1). Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. <https://doi.org/10.2737/NRS-RB-1>
- Pace, R., De Fino, F., Rahman, M., Pauleit, S., Nowak, D. & Grote, R. (2021). A single tree model to consistently simulate cooling, shading, and pollution uptake of urban trees. *International Journal of Biometeorology*, 65, 277–289. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-02030-8>
- Pace, R. & Grote, R. (2020). Deposition and Resuspension Mechanisms Into and From Tree Canopies: A Study Modeling Particle Removal of Conifers and Broadleaves in Different Cities. *Frontiers in Forests and Global Change*, 3 (26). <https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00026>
- Peris, D., Pérez-de la Fuente, R., Peñalver, E., Delclòs, X., Barrón, E. & Labandeira, C.C. (2017). False Blister Beetles and the Expansion of Gymnosperm-Insect Pollination Modes before Angiosperm Dominance. *Current Biology*, 27 (6), 897–904. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.02.009>
- Peters, E.B., McFadden, J.P. & Montgomery, R.A. (2010). Biological and environmental controls on tree transpiration in a suburban landscape. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 115 (G04006). <https://doi.org/10.1029/2009JG001266>
- Pleijel, H., Klingberg, J., Strandberg, B., Sjöman, H., Tarvainen, L. & Wallin, G. (2022). Differences in accumulation of polycyclic aromatic compounds (PACs) among eleven broadleaved and conifer tree species. *Ecological Indicators*, 145, 109681. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109681>
- Pörtner, H.O., Scholes, R.J., Agard, J., Archer, E., Bai, X., Barnes, D., Burrows, M., Chan, L., Cheung, W.L. (William), Diamond, S., Donatti, C., Duarte, C., Eisenhauer, N., Foden, W., Gasalla, M.A., Handa, C., Hickler, T., Hoegh-Guldberg, O., Ichii, K., Jacob, U., Insarov, G., Kiessling, W., Leadley, P., Leemans, R., Levin, L., Lim, M., Maharaj, S., Managi, S., Marquet, P.A., McElwee, P., Midgley, G., Oberdorff, T., Obura, D., Osman, E.B., Pandit, R., Pascua, U., Pires, A.P.F., Popp, A., Reyes-García, V., Sankaran, M., Settele, J., Shin, Y.-J., Sintayehu, D.W., Smith, P., Steiner, N., Strassburg, B., Sukumar, R., Trisos, C., Val, A.L., Wu, J., Aldrian, E.,

- Parmesan, C., Pichs-Madruga, R., Roberts, D.C., Rogers, Alex.D., Díaz, S., Fischer, M., Hashimoto, S., Lavorel, S., Wu, N. & Ngo, H. (2021). *IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change* (2). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4782538>
- Rienecker, L. & Stray Jørgensen, P. (2015). *Att skriva en bra uppsats*. Upplaga 3. Stockholm: Samfundslitteratur och Liber.
- Robinson, N. (2016). *The planting design handbook*. Third edition. London; Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315554648>
- Royal Forestry Society (u.å.). *How can we group different types of trees?* <https://rfs.org.uk/learning/schools-and-outdoor-ed/tremendous-trees/how-can-we-group-different-types-trees/> [2023-02-20]
- Salmond, J.A., Tadaki, M., Vardoulakis, S., Arbutnott, K., Coutts, A., Demuzere, M., Dirks, K.N., Heaviside, C., Lim, S., Macintyre, H., McInnes, R.N. & Wheeler, B.W. (2016). Health and climate related ecosystem services provided by street trees in the urban environment. *Environmental Health*, 15 (36), 95–111. <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0103-6>
- Saure, H.I., Vandvik, V., Hassel, K. & Vetaas, O.R. (2013). Effects of invasion by introduced versus native conifers on coastal heathland vegetation. *Journal of Vegetation Science*, 24 (4), 744–754. <https://doi.org/10.1111/jvs.12010>
- Sax, D.F. & Gaines, S.D. (2003). Species diversity: from global decreases to local increases. *Trends in Ecology & Evolution*, 18 (11), 561–566. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00224-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00224-6)
- Shao, H. & Kim, G. (2022). A Comprehensive Review of Different Types of Green Infrastructure to Mitigate Urban Heat Islands: Progress, Functions, and Benefits. *Land*, 11 (10), 1792. <https://doi.org/10.3390/land11101792>
- Sjöman, H. (2015). *Stadsträdslexikon*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur.
- Sjöman, H. & Slagstedt, J. (2015). Rätt träd på rätt plats. I: Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red.) *Träd i urbana landskap*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur. 331–362.
- Sjöman, H., Slagstedt, J., Wiström, B. & Ericsson, T. (2015). Naturen som förebild. I: Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red.) *Träd i urbana landskap*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur. 57–230.
- 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>
- Sjöstrand, M. (2023). *Regnar det mest på hösten?* *Klart.se*. <https://www.klart.se/regnar-det-mer-pa-hosten/> [2023-02-06]
- SMHI (2019). *Växtliv och djurliv*. <https://www.klimatanpassning.se/hur-samhallet-paverkas/naturmiljo-och-ekosystem/vaxtliv-och-djurliv-1.151157> [2023-03-02]
- Speak, A., Montagnani, L., Wellstein, C. & Zerbe, S. (2020). The influence of tree traits on urban ground surface shade cooling. *Landscape and Urban Planning*, 197, 103748. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103748>
- Sundberg, S., Carlberg, T., Sandström, J. & Thor, G. (2019). *Värdväxters betydelse för andra organismer – med fokus på vedartade värdväxter*. (ArtDatabanken rapporterar, 22). Uppsala: ArtDatabanken SLU.
- Thom, J.K., Szota, C., Coutts, A.M., Fletcher, T.D. & Livesley, S.J. (2020). Transpiration by established trees could increase the efficiency of stormwater control measures. *Water Research*, 173 (115597). <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115597>
- Thomas, A. & Gill, R.A. (2017). Patterns of urban forest composition in Utah's growing mountain communities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 23, 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.001>
- Tilman, D., Knops, J., Wedin, D., Reich, P., Ritchie, M. & Siemann, E. (1997). The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes.

- Science*, 277 (5330), 1300–1302.  
<https://doi.org/10.1126/science.277.5330.1300>
- Tyrenius, E. (2021). *Trädens betydelse för en renare stadsluft*. (Uppsats för avläggande av naturvetenskaplig kandidatexamen med huvudområdet biologi). Göteborgs universitet. Institutionen för biologi och miljövetenskap.  
<https://gupea.ub.gu.se/bitstream/handle/2077/71149/BIO602%20Evelina%20Tyrenius%20VT20.pdf?sequence=1> [2023-02-23]
- UNDP (2022a). *Globala målen, Mål 11: Hållbara städer och samhällen. Globala målen*. <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-11-hallbara-stader-och-samhallen/> [2023-01-18]
- UNDP (2022b). *Globala målen, Mål 15: Ekosystem och biologisk mångfald*. <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-15-ekosystem-och-biologisk-mangfald/> [2023-01-18]
- Vailshery, L.S., Jaganmohan, M. & Nagendra, H. (2013). Effect of street trees on microclimate and air pollution in a tropical city. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12 (3), 408–415. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.03.002>
- Wang, J., Zhou, W., Jiao, M., Zheng, Z., Ren, T. & Zhang, Q. (2020). Significant effects of ecological context on urban trees' cooling efficiency. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 159, 78–89. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.11.001>
- Watson, D.J. (1947). Comparative Physiological Studies on the Growth of Field Crops: I. Variation in Net Assimilation Rate and Leaf Area between Species and Varieties, and within and between Years. *Annals of Botany*, 11 (1), 41–76. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a083148>
- Whitlow, T.H., Hall, A., Zhang, K.M. & Anguita, J. (2011). Impact of local traffic exclusion on near-road air quality: Findings from the New York City “Summer Streets” campaign. *Environmental Pollution*, 159 (8), 2016–2027. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.02.033>
- WHO (2016). *Burden of disease from the joint effects of Household and Ambient Air Pollution for 2012*. World Health Organization. [https://med.ckcest.cn/attachments\\_la/report/attachment/Burden%20of%20disease%20from%20the%20joint%20effects%20of%20Household%20and%20Ambient%20Air%20Pollution%20for%202012.pdf](https://med.ckcest.cn/attachments_la/report/attachment/Burden%20of%20disease%20from%20the%20joint%20effects%20of%20Household%20and%20Ambient%20Air%20Pollution%20for%202012.pdf) [2023-02-16]
- Wohlin, C., Kalinowski, M., Romero Felizardo, K. & Mendes, E. (2022). Successful combination of database search and snowballing for identification of primary studies in systematic literature studies. *Information and Software Technology*, 147, 106908. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2022.106908>
- Wood, S.L.R. & Dupras, J. (2021). Increasing functional diversity of the urban canopy for climate resilience: Potential tradeoffs with ecosystem services? *Urban Forestry & Urban Greening*, 58, 126972. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126972>
- Worsley, S.W. (2022). Urban Tree Manual. Forest Research [Faktablad]. [https://cdn.forestresearch.gov.uk/2022/02/7111\\_fc\\_urban\\_tree\\_manual\\_v15.pdf](https://cdn.forestresearch.gov.uk/2022/02/7111_fc_urban_tree_manual_v15.pdf) [2023-02-17]
- Xiao, Q., McPherson, E.G., Ustin, S.L., Grismer, M.E. & Simpson, J.R. (2000). Winter rainfall interception by two mature open-grown trees in Davis, California. *Hydrological Processes*, 14 (4), 763–784. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1085\(200003\)14:4<763::AID-HYP971>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(200003)14:4<763::AID-HYP971>3.0.CO;2-7)
- Zhang, L., Zhan, Q. & Lan, Y. (2018). Effects of the tree distribution and species on outdoor environment conditions in a hot summer and cold winter zone: A case study in Wuhan residential quarters. *Building and Environment*, 130 (15), 27–39. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.12.014>

- Zhang, Z., Liu, J., Wu, Y., Yan, G., Zhu, L. & Yu, X. (2017). Multi-scale comparison of the fine particle removal capacity of urban forests and wetlands. *Scientific Reports*, 7 (46214). <https://doi.org/10.1038/srep46214>
- Zhou, W., Huang, G., Pickett, S.T.A., Wang, J., Cadenasso, M.L., McPhearson, T., Grove, J.M. & Wang, J. (2021). Urban tree canopy has greater cooling effects in socially vulnerable communities in the US. *One Earth*, 4 (12), 1764–1775. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.11.010>

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.