



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och  
jordbruksvetenskap

# Det ekonomiska värdet av ekosystemstjänster utförda av stadsträd i Uppsala

Emma Johannesson och Maria Östlund

Kandidatarbete 15 hp, institutionen för stad och land  
Landskapsarkitektprogrammet, Ultuna  
Uppsala 2018

Titel: Det ekonomiska värdet av ekosystemtjänster utförda av stadsträd i Uppsala  
Engelsk titel: The economic value of ecosystem services produced by urban trees in Uppsala  
© Emma Johannesson och Maria Östlund  
Handledare: Bodil Dahlman, SLU, institutionen för stad och land  
Examinator: Rolf Johansson/Lena Steffner (kursledare), SLU, institutionen för stad och land  
*SLU, Sveriges lantbruksuniversitet, fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap*  
Institutionen för stad och land, avdelningen för landskapsarkitektur  
Omfattning: 15 hp  
Nivå: Grundnivå G2E  
Kurs: EX0725, Projekt i landskapsarkitektur  
Landskapsarkitektprogrammet, Ultuna  
Nyckelord: ekonomiskt värde, ekosystemtjänster, i-Tree Streets, stad, träd  
Alla bilder i arbetet publiceras med erforderliga tillstånd.  
Publiceringsår: 2018  
Publiceringsort: Uppsala  
Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se/>

# Sammandrag

Stadsträd i urbana miljöer utför många viktiga ekosystemtjänster, som annars skulle behöva ersättas av tekniska lösningar. En ekonomisk värdering av ekosystemtjänsterna skulle kunna utgöra argument för att bevara och plantera stadsträd. Denna studie har använt sig av analysverktyget i-Tree Streets för att ekonomiskt värdera de ekosystemtjänster som utförs av Uppsala kommuns stadsträd. Det ekonomiska värdet av Uppsalas stadsträd analyserades med hjälp av inventeringsdata som importerades till i-Tree Streets. De ekosystemtjänster som analyserades var energibesparingar, minskning av luftföroreningar, minskning av koldioxidhalten, interception av regnvatten och ökning av fastighetsvärde. Det sammanlagda värdet av Uppsalas stadsträd uppskattades till strax under 25 miljoner kr per år, med ett genomsnittligt värde på 955 kr/träd och år och en kostnadnytta-kvot på 4,13:1. De arter som bidrog mest med ekosystemtjänster var lönn och lind vilket beror på att de även var de mest förekommande arterna. Arter med högst värde per träd var alm och bok. Resultatet indikerar att kostnaderna för skötsel och underhåll väl uppvägs av värdet av ekosystemtjänsterna som produceras. Detta kan ses som ett argument för att fler träd planteras i våra urbana miljöer.

## Abstract

Urban trees provide many important ecosystem services that otherwise must be replaced with technical solutions. An economic valuation of the ecosystem services can be used as an argument to preserve and plant urban trees. This study has estimated the economic value of ecosystem services produced by urban trees in Uppsala municipality, using i-Tree Streets. The economic value provided by urban trees in Uppsala was analysed using inventory data imported to i-Tree Streets. The ecosystem services analysed were: energy saving, air quality improvements, reduction of carbon dioxide, storm water runoff and an increase in property value. The total value provided by urban trees in Uppsala was estimated to 25 million kr per year, and an average of 955 kr/ tree and year. The Benefit-Cost-Ratio was calculated to 4.13:1. Species that contributed the most to ecosystem services were Maple and Bashwood, also being the most abundant species. Species with highest value per tree were Elm and Beech. The result indicates that the value of the ecosystem services provided by urban trees well exceeds the cost for maintenances. This could be used as an argument for planting more trees in urban environments.

# Innehåll

1.	Introduktion .....	7
1.1	Bakgrund.....	7
1.1.1	Strukturellt värde.....	8
1.1.2	Funktionellt värde.....	8
1.1.3	Ekosystemtjänster utförda av stadsträd .....	9
1.1.4	Analysverktyget i-Tree Streets .....	10
1.1.5	Tidigare studier .....	10
1.2	Syfte .....	10
1.3	Frågeställning.....	11
1.4	Avgränsning .....	11
2.	Metod.....	12
2.1	Litteraturoversikt .....	12
2.2	Analys med hjälp av i-Tree Streets.....	12
2.2.1	Metodval.....	13
2.2.2	Datainsamling.....	13
2.2.3	Val av referensstad.....	14
2.2.4	Kostnader .....	16
2.2.5	Beräkning av funktionsvärden .....	17
2.2.6	Kostnad-nytta-kvot (BCR).....	18
2.2.7	Anpassningar till studiens förutsättningar .....	18
3.	Resultat.....	20
3.1	Datainsamling .....	20
3.2	Val av referensstad för Uppsala .....	21
3.3	Kostnader.....	22
3.4	Funktionsvärden .....	23
3.4.1	Energibesparingar.....	23
3.4.2	Minskning av koldioxid .....	23
3.4.3	Minskning av luftföroreningar .....	23
3.4.4	Interception av regnvatten.....	26
3.4.5	Fastighetspriser .....	26
3.4.6	Totalt funktionsvärde .....	27
3.5	Kostnad-nytta-kvot .....	27
4.	Diskussion .....	28
4.1	Datainsamling .....	28
4.2	Val av referensstad .....	29
4.3	Kostnader.....	29
4.4	Funktionsvärden .....	30
4.5	Kostnad-nytta-kvot .....	32
4.6	Framtida studier .....	32
4.7	Slutsatser .....	33
	Referenser .....	34

# 1. Introduktion

Urbanisering världen över har gjort att våra städer växer, så även städerna i Sverige (SCB 2018). Flera studier visar att i takt med att städerna växer störs och förändras de urbana ekosystemen (Alberti & Marzluff 2004; Dawson, Gregg & Jones 2003) och därmed påverkas även de ekosystemtjänster de utför. Urbaniseringen och förtätningen av städer ökar vårt behov av ekosystemtjänster. Förtätningen leder till en ökad mängd hårdgjorda ytor vilket därmed ökar behovet av hantering av dagvatten (SCB 2002). Då städerna står för 70% av världens koldioxidutsläpp (Andrén & Mistry 2013) och koldioxidhalten ökar stadigt (NASA 2018) finns det även ett ökat behov av att minska koldioxidhalten i luften.

Våra stadsträd utför en stor del av städernas ekosystemtjänster, exempelvis upptag av koldioxid, minskning av luftföroreningar, upptag av dagvatten och reglering av mikroklimat (Calfapietra, Livesley & McPherson 2015). Naturvårdsverket (2018) definierar ekosystemtjänster som alla produkter och tjänster som naturens ekosystem ger människan och som bidrar till vår välfärd och livskvalitet.

För att ekosystemtjänsterna ska fungera över tid krävs biologisk mångfald (Bagchi & Hector 2007). Enligt Santamours (2002) erkända regel för mångfald ska ingen enskild art överskrida 10 % och inget enskilt släkte överskrida 20% av totala antalet träd i en stad. Detta för att minska sårbarheten och sprida riskerna ifall en art skulle drabbas av skadedjur eller annan sjukdom (Santamour 2002). Biologisk mångfald kan även ge fler fördelar som förhöjd estetik, naturlig succession i vegetationssystemet och en längre växtsäsong (Dunett & Hitchmough 2004).

Trots att flera studier visar på träds positiva effekter i städer (Calfapietra, Livesley & McPherson 2015) minskar antalet träd i städerna. En nyligen gjord studie visar att antalet urbana träd i USA minskar med ungefär 4 miljoner träd per år (Citylab 2016).

En anledning till att antalet träd minskar i städerna kan bero på att det varit svårt att sätta ett ekonomiskt värde på träden och de tjänster de utför (Konijnendijk 2008). Detta indikerar att eftersom ekonomi ofta har en stor del i beslutsprocesser kan det vara viktigt att stärka betydelsen av träd i stadsmiljö med ekonomiska argument. Om gatuträden minskar kommer troligtvis även de ekosystemtjänster som de tillhandahåller, som koldioxidlagring och luftrening, att minska (McPherson 2016). Det är tänkbart att ersätta vissa ekosystemtjänster med teknologiska lösningar, men det är ofta kostsamt och opraktiskt (Holzman 2012). Eftersom ekosystemtjänster är komplexa kan det ibland också vara omöjliga att ersätta (ibid.). Det är därför viktigt att tydliggöra hur mänskliga beslut påverkar värdena för ekosystemtjänster och att uttrycka dessa värdeförändringar i monetära enheter som tillåter att de införlivas i offentliga beslutsprocesser (Mooney, Cooper & Reid 2005).

## 1.1 Bakgrund

Bakgrunden utgår ifrån en litteraturoversikt över olika metoder som använts i tidigare studier av ekonomisk värdering av träd och ekosystemtjänster. Det ekonomiska värdet brukar delas in i strukturellt värde och funktionellt värde. Det strukturella värdet mäter den fysiska kompositionen eller uppbyggnaden utan att ta

hänsyn till ekologiska samband (Piegorsch 2002). Det funktionella värdet mäter istället värdet av de funktioner trädet fyller eller ekosystemtjänster det utför (Piegorsch 2002). Vilken metod som är lämplig att använda för att värdera det funktionella värdet beror på vilken slags ekosystemtjänst som utvärderas. Bakgrunden redogör även för vilka ekosystemtjänster stadsträd utför samt tidigare studier som analyserat det ekonomiska värdet av ekosystemtjänster som utförs av stadsträd.

### *1.1.1 Strukturellt värde*

Olika metoder för att beräkna enskilda trädets värde används i olika länder, flera av dem har utvecklats för att beräkna kompensationen som en markägare har rätt till vid en förlust av trädet (Watson 2002). Det vanligaste är att dessa metoder utgår ifrån en formel med olika variabler. Ofta används en av följande två typer av formler: Den första utgår ifrån ett initialt värde baserat på storlek, som sedan justeras beroende på faktorer som vitalitet, var trädet är placerat och specifika omständigheter (tex att trädet innehar en historisk betydelse eller liknande). Den andra typen utgår ifrån ett poängsystem för de ovan nämnda faktorerna. I den typen av formel väger trädets storlek ofta lika tungt som andra faktorer, och får därför mindre betydelse för det ekonomiska värdet. Både det totala värdet och hur stor betydelse de olika faktorerna har skiljer sig mycket beroende på vilken formel som använts (ibid). Formlerna är ofta kopplade till förhållanden på den regionala marknaden genom kostnaden för skötsel och underhåll på plantskola.

### *1.1.2 Funktionellt värde*

Det finns flera metoder för att ekonomiskt värdera det funktionella värdet, t.ex. värdet av de ekosystemtjänster ett träd utför. Metoderna passar olika bra beroende på vilken tjänst man värderar (Holzman 2012).

Marknadsprisbaserat tillvägagångssätt fungerar ofta bra vid värdering av försörjande ekosystemtjänster (t.ex. spannmål eller fisk) (Brander et al. 2010). Marknadspriset på till exempel fisk kan då vara en god indikator på värdet av den försörjande ekosystemtjänsten som utgörs av fiske. (ibid.).

Många ekosystemtjänster som faller under kategorierna kulturella (t.ex. friluftsliv och naturarv), stödjande (t.ex. fotosyntes och bindning av jordmån) och reglerande (t.ex. rening av luft och klimatreglering) saknar ett marknadspris (Holzman 2012).

En metod för att värdera dessa ekosystemtjänster är genom angivna preferenser, vilket innebär att människor får svara på vad de är beredda att betala för en specifik ekosystemtjänst (Holzman 2012). Dessa studier förutsätter att de svarande med säkerhet vet vad deras preferenser är samt vad de är villiga att betala för dessa. Flera studier har dock visat att respondenterna är osäkra på sina svar (Ready, Whitehead & Blomquist 1995; Alberini, Boyle & Welsh 2003; Akhter, Akter & Bennet 2008), vilket gör det svårt att använda sig av metoden.

En annan metod, ”uppenbarade preferenser”, involverar att värdet bestäms genom att jämföra köp som är relaterade till den ekosystemtjänst som man önskar värdera (Holzman 2012). Studier visar att fastighetspriser oftast är högre när det finns närhet till träd (Wolf 2007), vilket indikerar att närhet till träd är en ”uppenbarad preferens”. Denna metod kan också vara applicerbar på kulturella ekosystemtjänster som exempelvis utsikt och rekreation.

Kostnadsbaserade tillvägagångssätt baseras på uppskattningar av de kostnader som skulle uppstå om ekosystemtjänsterna måste återskapas genom artificiella medel (Garrod & Willis 1999). I New York betalade man landägare vid ett flodområde för att de skulle ändra sitt sätt att bruka marken för att förhindra gödselmedel och annat avfall att rinna ut i vattnet. New York City betalade landägarna över en miljard dollar, men undvek kostnaden för att installera ett nytt vattenreningsverk (Holzman 2012). Installationen av vattenreningsfiltret beräknades ha kostat 6-8 miljarder dollar, samt 300-500 miljoner dollar i årliga kostnader (ibid.). Genom att ändra sättet att bruka marken sparade New York City mycket pengar. Att skydda avrinningsområdet tillsammans med de ekosystemtjänster det utför kan därför sägas vara värt 6-8 miljarder dollar (ibid.).

Värdet för en ekosystemtjänst beror på lokala och/eller regionala socioekonomiska förhållanden, samt utbud och efterfrågan. På det sättet är värdet av rent vatten mycket högre i New York än i till exempel Alaska (Holzman 2012).

### *1.1.3 Ekosystemtjänster utförda av stadsträd*

Många studier har gjorts som visar på stadsträds ekosystemtjänster (Calfapietra, Livesley & McPherson 2015; McPherson & Simpson 2003). Studierna har visat på att stadsträd bidrar till bl.a. energibesparingar, minskning av luftföroreningar, minskad koldioxidhalt samt estetiska och kulturella värden.

En tredjedel av Sveriges energi går åt till uppvärmning (Barkeman 2015). Stadsträd kan minska denna energikonsumtionen för uppvärmning av byggnader genom skuggning (Calfapietra, Livesley & McPherson 2015). De kan även minska energikonsumtionen för nedkylning av byggnader genom att sänka vindhastigheten och hålla kvar en del av solens värme på natten (Calfapietra, Livesley & McPherson 2015). Stadsträden kan av samma anledningar även reglera stadens mikroklimat (ibid.). Detta kan vara av stor vikt i framtiden då klimatberäkningar visar på mer extremväder i Europa i framtiden med mer frekventa och intensivare värmeböljor (SMHI 2011).

Genom att ta upp koldioxid från luften kan stadsträden bidra till att minska den globala uppvärmningen (McPherson & Simpson 2002) samt fungera som en koldioxidsänka genom att omvandla koldioxid till biomassa (Grant et al. 1997). Den ökade koldioxidhalten i luften är ett stort problem och bidrar till den globala uppvärmningen. Det finns idag inga tekniska lösningar för att minska koldioxidhalten eller den globala uppvärmningen (Nilsson 2006).

Stadsträd kan verka luftrenande genom att ta upp föroreningar som ozon, kvävedioxid och svaveldioxid (McPherson, Nowak & Rowntree 1994). När klyvöppningarna öppnas och stängs fastnar partiklar på bladens ytor (Sjöman & Slagstedt 2015). En studie har visat att en gata med gatuträd har ca. 70% mindre luftföroreningar än en gata utan träd (Ask et al. 2015).

Genom interception och transpiration kan stadsträd effektivt minska behovet dagvattenhantering i staden. Interception innebär att regnvatten fångas upp av bladen och sedan avdunstar utan nå marken. Transpiration är trädets förmåga att ta upp vatten från marken via rötterna. I och med den globala uppvärmningen förväntas nederbörden öka i Sverige (SMHI 2017). Med detta ökar även behovet av dagvattenhantering där stadsträd kan spela en viktig roll.

Förutom ovannämnda reglerande ekosystemtjänster bidrar stadsträd med kulturella ekosystemtjänster och positiva hälsoeffekter för människor. Stadsträden bidrar

till en känsla av natur i den annars hårdgjorda staden (Sjöman & Slagstedt 2015). De bidrar med årodynamin och kan bli en naturlig övergång från höga hus till marknivån (ibid.). Stadsträden får människorna i staden att må bättre. En stor studie gjord i Toronto visar på att människor som bor i ett kvarter med tio träd eller fler upplever den egna hälsan på ett sätt som kan jämföras med att vara sju år yngre (Naturesidan 2015)

#### *1.1.4 Analysverktyget i-Tree Streets*

I flertalet studier som undersökt det ekonomiska värdet av ekosystemtjänster som utförs av stadsträd har analysverktyget i-Tree Streets använts (McPherson et al. 2002; McPherson et al. 2016; Soares et al. 2011; Maco et al. 2005; Chunping et al. 2018). Programmet som går att ladda ner gratis från [www.itreetools.org](http://www.itreetools.org), har utvecklats i USA av US Forest Service i samarbete med ett flertal organisationer (i-Tree datum saknas a). Utifrån inventeringsdata av träd analyseras det ekonomiska värdet av miljömässiga och estetiska fördelar utifrån: energibesparing, minskning av luftföroreningar, minskning av koldioxidhalten, interception av regnvatten och ökning av fastighetsvärde (i-Tree datum saknas a).

#### *1.1.5 Tidigare studier*

Tidigare studier som undersökt det ekonomiska värdet av ekosystemtjänster utförda av stadsträd med hjälp av analysverktyget i-Tree Streets har visat på det monetära värdet av ekosystemtjänsterna (McPherson et al. 2002; McPherson et al. 2016; Soares et al. 2011; Maco et al. 2005; Chunping et al. 2018).

Syftet med dessa studier har varit att analysera stadens träd för att få en förståelse för vilka vinster och kostnader de för sig för att sedan optimera dessa vinster och reducera kostnaderna (Maco et al. 2005).

Kostnad-nytta-kvoten (en. Benefit-Cost-Ratio, BCR) och värdet per träd är värden som tagits fram i dessa studier, vilka är användbara vid jämförelse mellan studiernas resultat. Kostnad-nytta-kvoten jämför värdet av de ekosystemtjänster som träden ger mot de kostnader som är kopplade till träd och uttrycker förhållandet mellan dessa. Värdet per träd beräknas utifrån det totala värdet dividerat med antal träd i det studerade området.

De tidigare studierna som utförts i bland annat USA, Europa och Kina visar att för varje dollar som investerades i underhåll av trädet, får man tillbaka mellan \$1.4 och \$5.9 och värdet per träd varierar mellan 31\$ (265 kr) och 204\$ (1744 kr) (McPherson et al. 2002; McPherson et al. 2016; Soares et al. 2011; Maco et al. 2005; Chunping et al. 2018). Träd per capita i dessa städer är 0,04 i Dalian, Kina, 0,50 i Modesto, USA (Chunping 2018; McPherson & Simpson 2002) och 2,56 i Minneapolis (American Forests 2013).

I Sverige saknas liknande studier där man bedömt värdet för trädens ekosystemtjänster. Uppsala kommun har bland flera andra svenska kommuner påbörjat en trädinventering där användning av i-Tree kommer vara en del av projektet i framtiden (E. Halling, 2018, pers. komm., 9 april).

## 1.2 Syfte

Syftet är att monetärt värdera de ekosystemtjänster som Uppsala kommuns stadsträd utför utifrån: minskad energiförbrukning för byggnaders uppvärmning/kylning, minskning av koldioxid i luften, interception av regnvatten, ökning av



fastighetspriser och minskning av luftföroreningar. Värdet av ekosystemtjänsterna ställs mot de kostnader som uppkommer vid etablering och skötsel av träd, vilket skulle kunna utgöra argument för att bevara och plantera stadsträd. Kunskap om det ekonomiska värdet av stadsträd och vilka trädarter som bidrar mest med ekosystemtjänster kan användas vid stadsplanering.

### 1.3 Frågeställning

Vad är det ekonomiska värdet av ekosystemtjänster som utförs av stadsträd i Uppsalas centrala delar och hur kan det användas vid planering av träd i städer?

### 1.4 Avgränsning

Träd kan värderas på många olika sätt. I detta arbete användes analysverktyget i-Tree Streets för att undersöka värdet för följande ekosystemtjänster: minskad energiförbrukning för byggnaders uppvärmning/kylning, minskning av koldioxid i luften, interception av regnvatten, ökning av fastighetspriser och minskning av luftföroreningar. Därför kommer fortsättningsvis begreppet ekosystemtjänster att syfta på de ekosystemtjänster som värderas av i-Tree Streets.

Geografiskt avgränsades arbetet till Uppsalas centrala delar, som i Uppsala kommuns översiktsplan (2016) benämns stadskvarter. Studien behandlade kommunala stadsträd (park- och gatuträd) utifrån data från tidigare inventeringar som gjorts av Uppsala kommun. Arbetsområdet begränsades till mark som ägs av Uppsala kommun. Detta inkluderade park och gata, men ej naturmark eller stadsnära skogar som Stadsskogen och Kronparken.

Vid studiens tidpunkt hade Uppsala kommun inventerat 11 690 träd i framförallt centrala och västra Uppsala. Då en komplett inventering inte var möjlig att genomföra i denna studie avgränsades arbetet till att använda kommunens inventering för att skapa en urvalsinventering. Studien avgränsades även till att använda standardvärden för nyttokostnader.

## 2. Metod

Arbetet delades upp i två delar: en litteraturöversikt för att studera tidigare studier som gjorts för värdering av stadsträd och en analys med hjälp av verktyget i-Tree Streets. Genom att importera en inventering av Uppsalas stadsträd, samt välja den referensstad som bäst stämmer överens med förhållandena i Uppsala beräknade i-Tree Streets värdet av de ekosystemtjänster som utförs av stadsträden.

### 2.1 Litteraturöversikt

En litteraturöversikt genomfördes för att undersöka tidigare använda metoder för att ekonomiskt värdera ekosystemtjänster och stadsträd. Litteraturöversikten baserades på vetenskapliga artiklar och rapporter. Sökord som användes var: “urban trees”, “appraisal”, “monetary valuation”, “structural value”, “functional value”, “ecosystem services”, “economic value” och “i-tree streets”. Databaser som användes var: Web of Science, Primo och Google scholar.

I flera studier som ekonomiskt värderat de ekosystemtjänster som stadsträd utför har analysverktyget i-Tree Streets använts (McPherson et al. 2002; McPherson et al. 2016; Soares et al. 2011; Maco et al. 2005; Chunping et al. 2018). Dessa studier har framförallt genomförts i USA men även Kina och Europa. Då programmet är utvecklat i USA har mycket av litteraturen som ligger till grund för arbetet hämtats därifrån.

Eftersom i-Tree Streets utgår ifrån geografiska och platsspecifika förutsättningar hos 16 referensstäder i USA har de studier som behandlar städer utanför USA använt sig av rapporten *Selecting Reference Cities for i-Tree Streets* (McPherson 2010), varför vi använt denna metod i vår studie.

### 2.2 Analys med hjälp av i-Tree Streets

I studien användes analysverktyget i-Tree Streets för att göra en ekonomisk värdering av stadsträd i Uppsala. Programmet utgår ifrån en inventering av träd utifrån kriterier som art, diameter i brösthöjd (DBH), trädets vitalitet (d.v.s. trädets skick och om trädet visar tecken på skador från t.ex. skadedjur). Inventeringen kan utgöras av en fullständig inventering av alla träd i en stad eller av en urvalsinventering. Vid urvalsinventering väljs träd ut slumpmässigt, och i-Tree Streets beräknar sedan artfördelningen och andra egenskaper på det totala antalet träd utifrån detta.

Programmet fanns vid tidpunkten för studien tillgängligt för allmänheten och laddades ner kostnadsfritt från i-Trees hemsida: [www.itreetools.org](http://www.itreetools.org). Data för art och diameter i brösthöjd (DBH) från Uppsala kommuns inventering överfördes till en Microsoft Access Database File. Trädens arter skrevs om till i-Tree streets artkoder för att programmet skulle kunna läsa filen. För att programmet ska kunna räkna ut det ekonomiska värdet för ekosystemtjänsterna krävs en inventering av stadens träd innehållande minst släkte och DBH samt val av referensstad.

Utifrån artbaserade tillväxtkurvor och annan regionala data för vald referensstad beräknar i-Tree Streets hur mycket ekosystemtjänster träden i den importerade inventeringen ger (i-Tree 2010). Programmet räknar sedan ut hur mycket dessa ekosystemtjänster är värda i dollar med hjälp av nyttokostnader, d.v.s. vad värdet är i

dollar per t.ex. pound koldioxid som minskar eller per kWh elektricitet som sparas. Resultatet konverterades från dollar till kronor med valutakursen 1 US-dollar=8,55 kr (VA Finans 2018). i-Tree Streets tillåter att egna nyttokostnader skrivs in, i denna studie användes dock standardinställningar för nyttokostnader utifrån den valda referensstaden Minneapolis, se figur 1.

Elektricitet	0,08 \$/Kwh	0,65 kr/kWh
Naturgas	0,98 \$/Therm	0,29 kr/kWh
CO2	0,01 \$/lb	0,14 kr/kg
PM10	2,84 \$/lb	53,48 kr/kg
NO2	3,34 \$/lb	62,90 kr/kg
SO2	2,06 \$/lb	38,80 kr/kg
VOC	3,75 \$/lb	70,62 kr/kg
Dagvatten interception	0,03 \$/gallon	0,06 kr/liter
Genomsnittlig fastighetspris återförsäljning	218,00 \$	1863,90 kr

Figur 1 Nyttokostnader utifrån standardvärden för Minneapolis

### 2.2.1 Metodval

i-Tree Streets är ett analysverktyg som utvecklats av US Forest Service i samarbete med ett flertal organisationer (i-Tree datum saknas a). Programmet är grundat på forskning och har sedan programmet släpptes 2006 använts av tusentals samhällen, städer, volontärer och studenter som rapporterat och analyserat individuella träd, städer och hela stater (i-Tree datum saknas b). Analysverktyget är väl använt bland studier som syftat till att bedömma det ekonomiska värdet av ekosystemtjänster utförda av stadsträd. Genom att använda samma verktyg som tidigare studier blir resultatet i denna studie jämförbart med tidigare studier. Metoden har även använts i denna studie då flera svenska kommuners påbörjat projekt där verktyget planeras ingå (Elias Halling, 2018, pers. komm., 9 april).

Andra metoder för att ekonomiskt värdera träd och ekosystemtjänster är redovisade i bakgrund. Dessa metoder valdes bort då de antingen fokuserar på det strukturella värdet av träd och inte de funktioner de fyller, eller p.g.a. att de fokuserar på ekosystemtjänster i allmänhet och det därför finns få jämförbara resultat med just de ekosystemtjänsterna stadsträd utför.

### 2.2.2 Datainsamling

i-Tree Streets rekommenderar vid urvalsinventering att använda 4% av stadens träd för områden med 150 000–250 000 invånare (i-Tree datum saknas c), vilket då skulle vara tillräckligt i denna studie då Uppsala har ca 164 000 invånare (Uppsala kommun 2017). Datainsamlingen som användes i studien hämtades från Uppsala kommuns trädinventering över Uppsala (Alexandra Pye, 2018, pers. komm., 23 april).

Uppsala kommun och flera andra kommuner i Sverige har påbörjat inventering av alla träd i respektive kommun. Syftet i Uppsala kommun är att kartlägga var särskilt skyddsvärda träd står samt att i framtiden kunna använda i-Tree för att kartlägga vad träden och dess ekosystemtjänster är värda monetärt (Wolters 2017).

Vid tiden för studien hade 11 690 stadsträd inventerats i Uppsala vilket motsvarar ca 40% av Uppsalas totalt ca 26 000 stadsträd (Elias Halling, 2018, pers. komm., 9 april). Inventeringen hade då skett främst i stadens centrala och västra delar (ibid.). Eftersom det redan fanns en befintlig inventering som överskred de 4

% som var en rekommendation från i-Tree (datum saknas c) för en stad i Uppsalas storlek och som innehöll de viktigaste parametrarna (släkte, art och storlek) fanns ingen anledning att utföra en egen inventering. Samtliga 11 690 träd som fanns inventerade vid tiden för studien importerades till i-Tree Streets. Inventeringen importerades som en Microsoft Access Database File till i-Tree Streets med information om trädens släkte, art (där det fanns tillgängligt) och diameter i brösthöjd (DBH). Övriga data som är möjligt att skriva in i den importerade inventering är exempelvis vilken vitalitet trädet har och exakt var trädet står, se figur 2 (i-Tree datum saknas c). Utifrån den importerade inventeringen beräknade analysverktyget i-Tree Streets ett uppskattat ekonomiskt värde för de ekosystemtjänster som utförs av Uppsala stadstid, totalt för alla träd samt per träd.

ID nummer träd	Nödvändigt (programmet ger varje träd ett ID nummer automatiskt)
Art	Nödvändigt
DBH	Nödvändigt
Zoner i staden	Frivilligt
Privat/kommunalt	Frivilligt
Skick på trädet	Frivilligt
Markanvändning	Frivilligt
Skador på anslutande trottoar eller kablar	Frivilligt
Tecken på skadedjur	Frivilligt
Gatuadress	Frivilligt
GPS longitud och latitud	Frivilligt
Namn på inventerare	Frivilligt
Datum för inventering	Frivilligt

Figur 2 I studien användes endast de värden som var nödvändiga för att i-Tree Streets. Tabellen visar alla värden som kan vara med i en importerad inventering till i-Tree Streets (i-Tree datum saknas c)

För att optimera vinsterna och minska kostnaderna kopplade till stadsträd är det viktigt att förstå stadsträdens struktur, det vill säga vilken artfördelning stadens stadsträd har (Maco et al. 2005). Även fördelning av diameter i brösthöjd (DBH) är viktigt då det indikerar trädens ålder (ibid.). Om det finns tillgång till data för trädens vitalitet är även detta en viktig del av strukturen som påverkar kostnader och vinster av träden (ibid.). Artfördelningen och fördelningen av DBH studerades i denna studie utifrån Uppsala kommuns inventering för att få en förståelse för vilka träd som bidrar mest till den ekonomiska vinsten för ekosystemtjänster utförda av stadsträd.

### 2.2.3 Val av referensstad

i-Tree Streets analyserar trädens ekosystemtjänster utifrån trädens tillväxt, samt ekonomiska och geografiska förutsättningar på en specifik plats (i-Tree 2010). Eftersom verktyget är framtaget utifrån förhållandena i 16 klimatzoner i USA användes en metod utvecklad av McPherson (2010) för att välja den stad som bäst motsvarar de förhållanden som finns i Uppsala. Metoden har använts av tidigare studier utanför USA (McPherson (2010); Chunping et al. 2018). Alternativ till metoden skulle kunna vara att själva jämföra klimatet i de 16 referensstäderna med klimatet i Uppsala. Det skulle dock vara svårt om det finns flera tänkbara kandidater med liknande klimat. I detta fall hade efter en första jämförelse exempelvis referensstäderna Minneapolis och Fort Collins båda ett klimat som liknade Uppsalas.

Svårigheten ligger då i att utse vilken av dem som bäst överensstämmer med Uppsala.

Det vore även tänkbart att beräkna trädens tillväxtkurvor genom mätningar över en längre tid, för att på så sätt få fram värden som är specifika för Uppsala. Detta var dock inte möjligt inom ramen för detta arbete.

Eftersom båda de alternativa metoderna som nämns ovan bedömdes som olämpliga, gjordes ett val av referensstad med hjälp av McPhersons (2010) metod som beskrivs i *Selecting reference cities for i-Tree Streets*.

Metoden utgår ifrån fyra kriterier: artsammansättning, Heating Degree Days (HDD) och Cooling Degree Days (CDD), samt årlig nederbörd. HDD och CDD är beräknade från timvis meteorologiska data som används för att simulera vilken effekt träd har på byggnaders energiförbrukning kopplat till att värma upp och kyla ner byggnaden (McPherson 2010). Värdet för HDD och CDD är presenterat med 18°C som bastemperatur. Vid lufttemperaturer under bastemperaturen behöver byggnader uppvärmning och över bastemperaturen nedkyllning (McPherson 2010).

I detta arbete studerades Uppsalas centrala delar, som i Uppsalas kommuns översiktsplan (2016) benämns stadskvarter, se figur 3. Det studerade området upptar en yta på ungefär 40 km<sup>2</sup> (Uppsala kommun datum saknas) och har ca 164 000 invånare (Uppsala kommun 2017). Uppsala har ett kallt och tempererat klimat, med en genomsnittlig årlig medeltemperatur på 5,7 °C (Climate-data datum saknas a). Medeltemperaturen sträcker sig från -4,3° C i januari till 16,3° C i juli (ibid.) HDD (18°C) för Uppsala är 3833, CDD (18°C) är 162. Den genomsnittliga nederbörden i Uppsala de senaste tio åren är 640,1 mm (SMHI 2007–2017). Området har en betydande nederbörd under hela året, med 27 mm i februari respektive 77 mm i juli (Climate-data datum saknas a).

Klimatet jämfördes mellan Uppsala och de 16 referensstäderna för att kunna utesluta uppenbart felaktiga städer. Då

Uppsala har tempererat klimat var det viktigt att även referensstaden har det. Nederbörd är en faktor som undersöks i McPhersons (2010) metod och vissa städer kunde därför uteslutas p.g.a. allt för stora skillnader i nederbörd i jämförelse med Uppsala. Efter 10 av det totalt 16 referensstäderna som var uppenbart felaktiga med hänsyn till klimat uteslutits undersöktes följande sex städer vidare: Boise, Minneapolis, Indianapolis, Longview, Fort Collins och Queens. En jämförelse gjordes av



Figur 3 Studien behandlar kommunala stadsträd i Uppsalas centrala delar, markerade i mörkgrått i karta (Uppsala kommun 2016)

fördelningen av matchande trädarter mellan Uppsala och referensstäderna. Matchning av artsammansättning beräknades genom att summera procenten av matchande trädarter i referensstaden som stämde överens med trädarterna i Uppsala. Träden matchades i första hand art mot art och, när detta inte var möjligt, släkte mot släkte.

Rådata och differensvärdet mellan Uppsala och varje referensstad ställdes upp i tabellform som absoluta värden. Differensvärden normaliserades sedan genom att dela upp variationen för varje kriterium i tio jämna intervall. Den räta linjens ekvation användes för att räkna ut det exakta normaliserade värdet. Det normaliserade värdet för fördelningen av trädarter skedde enligt McPhersons (2010) intervall för normalisering för matchning av trädarter.

Med hjälp av de normaliserade värdena kunde spridningen av avvikelserna mellan Uppsala och de sex referensstäderna beräknas med hjälp av root mean squared error (RMSE). Den stad med lägst RMSE är och den stad som har minst avvikelse från Uppsala och därför lämpar sig bäst som referensstad.

RMSE beräknades med formeln:

$$RMSE = \sqrt{[a(HDD_{ss} - HDD_{rs})^2 + b(CDD_{ss} - CDD_{rs})^2 + c(AP_{ss} - AP_{rs})^2 + d(TMR)^2]}$$

där  $HDD_{ss}$ - $HDD_{rs}$  är det normaliserade värdet för differensen för Heating Degree Days för den studerade staden respektive referensstaden,

$CDD_{ss}$ - $CDD_{rs}$  är det normaliserade värdet för differensen för Cooling Degree Days för den studerade staden respektive referensstaden,

$AP_{ss}$ - $AP_{rs}$  är det normaliserade värdet för differensen för den årliga nederbörden för den studerade staden respektive referensstaden,

TMR är det normaliserade värdet för den delen av trädarter/ -släkten från staden som studeras som matchar med trädarter/ -släkten för referensstaden, i procent som ett heltal

a, b, c, och d är positiva koefficienter som uttrycker hur viktig varje kriterie är relativt de andra. Summan av koefficienterna ska vara 1.

För att inte godtyckligt peka ut ett kriterium som viktigare än de övriga valdes värdet av samtliga koefficienter till 0,25 i denna studie.

#### 2.2.4 Kostnader

Kostnader för skötsel och underhåll för träd skrevs in i i-Tree Streets. Programmet använder kostnaderna för att räkna ut kostnad-nytta-kvoten (BCR) för träden.

i-Tree Streets efterfrågar följande poster för kostnader: plantering, stubborttagning och fällning, bevattning inspektion och administration, beskärning, lövhantering, skadedjursbekämpning, underhåll av infrastruktur som förstörts av till exempel trädens rötter, juridiska kostnader och röjning efter stormar (i-Tree datum saknas c). Kostnader för plantering, stubborttagning och fällning, bevattning, inspektion och administration, beskärning och lövhantering hämtades från Uppsala kommuns budget. Dessa kostnader användes för att beräkna kostnad-nytta-kvot för Uppsalas stadsträd. Specifika budgetposter för skadedjursbekämpning, underhåll av infrastruktur som förstörts av till exempel trädens rötter, juridiska kostnader och röjning efter stormar saknas i kommunens budget och lämnades därför tomma.

Då den årliga kostnaden för nyplantering av träd i Uppsala kommun är utspridd över olika exploateringsprojekt var denna siffra inte tillgänglig vid studiens tidpunkt och räknades därför inte med när kostnad-nytta-kvoten beräknades. Tillgängligt från Uppsala kommun fanns kostnad för plantering av ett stadsträd. Denna kostnad ställdes mot det årliga värdet av ett stadsträd för att beräkna hur lång tid det tar att få tillbaka värdet av att plantera ett stadsträd.

### 2.2.5 Beräkning av funktionsvärden

i-Tree Streets beräknar värdet av ekosystemtjänster för följande funktionsvärden: energibesparingar, minskning av koldioxid, minskning av luftföroreningar, interception av regnvatten samt värdeökning av fastigheter (i-Tree datum saknas c).

Stadsträd kan minska energikonsumtionen för uppvärmning av byggnader genom skuggning (Calfapietra, Livesley & McPherson 2015). De kan även minska energikonsumtionen för nedkylning av byggnader. Studier visar att träd kan minska vindhastigheten med 83%-86%, samt att träden håller kvar en del av värmen från dagen på kvällen (Grant et al. 1997). Större träd har större möjlighet att skugga och minska vindhastigheten (Calfapietra, Livesley & McPherson 2015). Standardvärden för den valda referensstaden Minneapolis användes för information om byggnader och klimatfaktorer. Nyttokostnaden för energibesparing var enligt standardvärden 0,0759 \$/kWh (0,0089 kr/kWh), se figur 1.

Uträkningar för koldioxidupptag av stadsträd görs av i-Tree Streets och baseras på artbaserade tillväxtkurvor och ekvationer för biomassa för den valda referensstaden (i-Tree datum saknas c). i-Trees Streets räknar med en minskning av koldioxidhalten genom trädens upptag och koldioxid från luften. Programmet räknar även med en minskning av koldioxidhalten till följd av trädens positiva inverkan på energibesparingar och att det därför skulle bli ett minskat utsläpp från kolkraftverk. 80% av elen i Sverige kommer från vatten- och kärnkraft och ingen kolkraft produceras i Sverige (SCB datum saknas). Dock äger svenska statens Vattenfall sju kolkraftverk i Europa (Vattenfall 2017). I beräkningarna tar i-Tree Streets även med utsläpp av koldioxid i samband av skötsel av träden (Heisler & Brazel 2010; McPherson & Simpson 2003). Nyttokostnaden för koldioxidlagring var enligt standardvärden 0,0075 \$/lb (0,00088 kr/lb), se figur 1.

i-Tree Streets beräknade stadsträdens minskning av luftföroreningarna koldioxid, kvävedioxid, svaveldioxid samt partikelföroreningar (väldigt små partiklar av luftföroreningar). Studier visar att stora friska träd minskar luftföroreningar 60-70 gånger mer än små träd, vilket beror på att större träd totalt sett har större bladyta (Grant et al. 1997). Studier visar även på att barrträd är mer effektiva luftrenare än lövträd (Ask et al. 2015). Detta beror på att de är städsegröna och därför kan filtrera luften under hela året. I-Tree Streets beräkningar för minskning av luftföroreningar grundar sig på avsättningshastighet, meteorologiska data och koncentration av föroreningar, data för dessa är utifrån standardvärden för den valda referensstaden (i-Tree datum saknas c). Programmet räknar med ett upptag av luftföroreningar från luften men även en minskning p.g.a. energibesparingar och därmed också minskade utsläpp från kolkraftverk. i-Tree Streets tar även hänsyn till utsläpp från träden i form lättflyktiga organiska föreningar (BVOC). När dessa organiska föreningar reagerar med solljus bildas luftföroreningar (Earthdata 2018). Nyttokostnaden för minskning av luftföroreningar var enligt standardvärden 0,0075 \$/lb koldioxid (0,002 kr/kg), 3,34 \$/lb kvävedioxid (0,860kr/kg), 2,06 \$/lb svaveldioxid (0,529 kr/kg) samt 3,75 \$/lb BVOC (0,970 kr/kg), se figur 1.

i-Tree Streets beräknade mängden regnvatten som tas upp av trädens blad och sedan avdunstar utan att nå marken, även kallat interception. Eftersom regnvattnet tas upp av bladens yta beror mängden interception på bladens storlek och på träd-kronans storlek, dvs på den totala bladytan (Grant et al. 1997). Nyttokostanden för interception av regnvatten var enligt standardvärden i i-Tree Streets 0,0271 \$/gallon (0,0001 kr/liter), se figur 1.

Stadsträd kan erbjuda flera fördelar som ökar fastighetsvärdet, bland annat att de bidrar positivt till estetiska kvaliteter (Anderson & Cordell 1988) samt förbättrar den upplevda hälsan (Natusidan 2015). Det är dock ofta svårt att påvisa de ekonomiska effekterna av detta. i-Tree Streets grundar stadsträds estetiska värde på den värdeökning träden ger på fastighetspriser (i-Tree datum saknas c). Till grund för programmets uträkningar och vilka arter som är värda mest är en studie utförd i Athens, Georgia USA (Anderson & Cordell 1988). I studien framkommer det att stora till mellanstora träd ger en större ökning i fastighetspriser än mindre träd, oavsett vilken art trädet är. Då denna studie använts sig av analysverktyget i-Tree Streets beräknades stadsträdens estetiska värde genom ökning av fastigheter. Programmet möjliggör för att skriva in det genomsnittliga fastighetsvärdet för fastigheter i Uppsala. I denna studie användes dock standardvärden för den valda referensstaden Minneapolis.

Information om byggnader, klimat, energikonsumtion och värde för den ekonomiska vinningen baserades på i-Trees Streets standardinställningar för den valda referensstaden.

#### 2.2.6 *Kostnad-nytta-kvot (BCR)*

Kostnad-nytta-kvoten (BCR) uttrycker förhållandet mellan det ekonomiska värde som stadsträden genererar genom de ekosystemtjänster de utför och kostnaderna för skötsel och underhåll. På detta sätt kan BCR användas för att uttrycka hur lönsam en investering är (Investopedia datum saknas). Generellt kan sägas att om intäkterna eller värdet av ”nyttan” är större än kostnaderna är investeringen lönsam. Ju högre BCR desto mer lönsam är investeringen (ibid.).

BCR för Uppsalas stadsträd beräknades genom att dividera det totala årliga värdet för de ekosystemtjänster som utförs av träden med kostnaderna för skötsel och underhåll. Värdet för ekosystemtjänsterna hämtades från resultatet i denna studie. Kostnaderna för skötsel och underhåll hämtades från Uppsala kommuns budget.

#### 2.2.7 *Anpassningar till studiens förutsättningar*

När arter inte kunde matchas mot släkte valdes i-Tree Streets samlingsrubrikerna ”Bredbladigt lövfällande” och ”Barrträd städsegrön”.

Vid urvalsinventering i i-Tree Streets sker inventeringen utifrån slumpmässigt utvalda gator eller segment (i-Tree datum saknas c). I denna studie var det dock den befintliga inventeringen som gjorts av Uppsala kommun som utgjorde urvalsinventeringen. i-Tree Streets utgår ifrån att det totala antalet träd är okänt vid en urvalsinventering, och att inventering därför ska ske av slumpmässigt utvalda gator oavsett om de har träd eller inte. Genom att sedan skriva in det totala antalet gator finns sedan en felmarginal på 10% av det totala antalet träd (i-Tree Streets datum saknas c). Eftersom det vid tiden för studien redan fanns information om det totala antalet träd genom flyg med laserkamera var detta en onödig felmarginal för denna studie. Det relevanta för att beräkna de ekosystemtjänster som träden utför är



antalet träd, inte antal gator. Av denna anledning valdes att använda de 40% av träden som inventerats vid tiden för studien, och där information om släkte, art samt DBH fanns tillgängligt.

i-Tree Streets möjliggör inte att direkt skriva in det totala antalet träd vid en urvalsinventering, utan delar in i gator eller segment. Därför delades de inventerade träden in i fiktiva segment och sedan angavs det totala antal segment som innebar att det totala antalet träd blev ca 26 000 (25 978). Eftersom information om antalet inventerade träd och det totala antalet träd fanns tillgängligt kunde samma förhållande mellan de fiktiva segmenten och det totala antalet segment användas.

### 3. Resultat

I följande kapitel presenteras studiens resultat. Alla ekonomiska värden för ekosystemtjänster utförda av stadsträd i Uppsala beräknades med hjälp av analysverktyget i-Tree Streets, genom importerad inventering och standardinställningar för den valda referensstaden. Den importerade inventeringen som utförts av Uppsala kommun redovisas under datainsamling vilket efterföljs av val av referensstad och kostnader för Uppsala kommun kopplade till stadsträd. Ekonomiska funktionsvärden redovisas var och en för sig och avslutas med den totala ekonomiska värderingen. Alla värden är per år om inte annat anges.

#### 3.1 Datainsamling

Arter	Antal träd	% av totala antalet träd
Acer platanoides	3214	27.49
Tilia ssp.	1643	14.06
Betula ssp.	1562	13.36
Sorbus ssp.	927	7.93
Prunus ssp.	707	6.05
Pinus sylvestris	500	4.28
Quercus ssp.	400	3.42
Tilia cordata	380	3.25
Aesculus ssp.	322	2.75
Ulmus ssp.	302	2.58
Fraxinus ssp.	281	2.40
Malus ssp.	253	2.16
Populus ssp.	216	1.85
Salix	126	1.08
Acer ssp.	134	1.15
Carpinus betulus	123	1.05
Corylus ssp.	112	0.96
Alnus ssp.	104	0.89
Picea abies	102	0.87
Fagus sylvatica	66	0.56
Amelanchier ssp.	46	0.39
Crataegus ssp.	37	0.32
Syringa ssp.	26	0.22
Magnolia ssp.	17	0.15
Picea ssp.	17	0.15
Pyrus ssp.	15	0.13
Larix ssp.	10	0.09
Cercidiphyllum japonica	10	0.09
Sambucus ssp.	7	0.06
Abies	6	0.05
Laburnum x watereri "Voss"	6	0.05
Pinus ssp.	6	0.05
Juglans ssp.	6	0.05
Thuja ssp.	5	0.04
Ginkgo biloba	1	0.01
Cornus sso.	1	0.01
<b>Totalt</b>	<b>11690</b>	<b>100.00</b>

Bilder från flyg med laserkamera visar att det finns ca 26 000 stadsträd i det studerade området (Elias Halling, 2018, pers. komm., 9 april). Uppsala kommuns inventering visade att de mest förekommande arterna är lönn (27,53 %), lind (17,72 %) samt björk (13,36%) (Alexandra Pye, 2018, pers. komm., 23 april). Antal träd per capita är 0,16 eller ungefär ett stadsträd på sex personer. Det kan jämföras med Dalian, Kina med 0,04 träd per capita, 0,50 i Modesto, USA (Chunping 2018; McPherson & Simpson 2002) eller 2,56 i Minneapolis (American Forests 2013).

Trädens stambredd i brösthöjd (DBH) indikerar trädens ålder och storlek. Fördelning av DBH bland Uppsala kommuns stadsträd, vilket kan ses i figur 5, visar att den största andelen av träden har ett DBH mellan 15–60 cm. 30% av träden har ett DBH mellan 30-45 cm. Drygt en tiondel av träden har en stambredd under 10 cm vilket indikerar att de är väldigt unga träd. Endast 4,52% har ett DBH över 75 cm, vilket visar på att Uppsala har en liten mängd stora stadsträd.

Figur 4 Sammanställning av Uppsala kommuns inventering (Alexandra Pye, 2018, pers. komm., 23 april).

Arter	0 - 10 cm	10 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	45 - 60 cm	60 - 75 cm	75 - 90 cm	90 - 105 cm	> 105 cm
Acer platanoides	3.73	2.33	21.00	38.64	21.90	9.80	1.93	0.53	0.12
Tilia ssp.	4.44	2.62	21.49	33.05	18.69	13.69	4.20	1.10	0.73
Betula ssp.	9.67	4.16	22.09	44.69	14.92	3.01	0.96	0.32	0.19
Sorbus ssp.	24.81	16.61	26.54	16.50	9.28	3.13	1.29	0.76	1.08
Prunus ssp.	20.93	15.42	34.65	21.36	4.24	1.84	0.28	0.57	0.71
Pinus sylvestris	1.20	0.00	2.60	37.20	45.00	11.80	1.20	0.60	0.40
Quercus ssp.	26.50	18.25	29.75	8.75	6.00	3.75	2.75	2.75	1.50
Tilia cordata	6.32	7.37	37.89	26.05	15.00	5.00	1.05	1.05	0.26
Aesculus ssp.	8.70	6.52	34.16	36.65	6.52	2.48	2.48	1.55	0.93
Ulmus ssp.	4.30	3.31	25.50	9.93	19.21	15.23	8.61	3.64	10.26
Totalt	11.28	6.94	22.96	30.13	16.73	7.43	2.46	1.00	1.06

Figur 5 Fördelning i DBH mellan de tio mest förekommande arterna i Uppsala samt för alla kommunens stadsträd visar att den största andelen av träden har ett DBH mellan 15–60 cm.

### 3.2 Val av referensstad för Uppsala

Val av referensstad utgick från en metod utvecklad av McPherson (2010) som beskrivs i *Selecting reference cities for i-Tree Streets*. Efter en första jämförelse av klimatet i Uppsala och i-Trees 16 referensstäder uteslöts 10 städer p.g.a. uppenbart felaktigt klimat. Städer som uteslöts hade antingen inte temperat klimat eller stora skillnader i nederbörd i jämförelse med Uppsala, t.ex. uteslöts städer med ökenklimat och tropiskt klimat. De sex städer som återstod var: Boise, Minneapolis, Indianapolis, Longview, Fort Collins och Queens.

De normaliserade värdena för artfördelning, HDD, CDD och årlig nederbörd, se figur 6, samt de värden för RMSE som beräknades för samtliga sex städer, se figur 7, visade att Minneapolis (RMSE=1,68) var den referensstad som bäst överensstämde med Uppsalas förutsättningar utifrån McPhersons (2010) metod. I arbetet användes därför klimatzonen för Minneapolis, Midwest. Tidigare studier som utförts utanför USA har ett RMSE på 1,76 för Dalian, Kina (Chunping et al. 2018) och 2,6 för Lissabon, Portugal (McPherson 2010).

	Uppsala	Boise	Minneapolis	Indianapolis	Longview	Fort Collins	Queens
<b>Tree match</b>							
Rådata		42,70	79,90	47,50	62,00	60,10	56,90
Normaliserade värden		2,46	0,40	1,50	0,76	0,80	0,86
<b>HDD 18</b>							
Rådata	3833	3242,00	4354,00	3079,00	2381,00	3252,00	2746,00
Differensvärde		591,00	521,00	754,00	1452,00	581,00	1087,00
Normaliserade värden		1,36	1,20	1,73	3,34	1,34	2,50
<b>CDD 18</b>							
Rådata	162	414,00	383,00	546,00	180,00	379,00	597,00
Differensvärde		252,00	221,00	384,00	18,00	217,00	435,00
Normaliserade värden		3,51	3,08	5,36	0,24	3,02	6,08
<b>Årlig nederbörd</b>							
Rådata	640,1	417,00	622,00	1110,00	1059,00	452,00	1041,00
Differensvärde		223,10	18,10	469,90	418,90	188,10	400,90
Normaliserade värden		2,01	0,16	4,23	3,77	1,69	3,61

Figur 6 Rådata, differensvärden och normaliserade värden för Uppsala och sex tänkbara referensstäder för artfördelning, HDD, CDD samt årlig nederbörd.

RMSE	Boise	Minneapolis	Indianapolis	Longview	Fort Collins	Queens
	2,46	1,67	3,60	2,55	1,90	3,77

Figur 7 Root mean square error (RMSE) för sex referensstäder. Minneapolis har det lägsta värdet (RMSE=1,67 och användes därför som referensstad för Uppsala.

Årlig nederbörd för referensstaden Minneapolis är 622 mm per år (McPherson 2010) med större delen av nederbörden under juni, juli och augusti (Climate-data datum saknas b). Detta kan jämföras med Uppsalas nederbörd på 640 mm per år (SMHI 2007-2017).

Klimatet i Minneapolis är kallt och tempererat, den årliga medeltemperaturen är 7,1 °C. Medeltemperaturen sträcker sig från -10,9°C i januari till 22,5°C i juli (Climate-data datum saknas b). Även Uppsala har kallt och temperera klimat med en genomsnittlig årlig medeltemperatur på 5,7 ° C (Climate-data datum saknas a). Medeltemperaturen i Uppsala sträcker sig från -4,3° C i januari till 16,3° C i juli (ibid.)

Den vanligaste träddarten i Minneapolis är *Fraxinus pennsylvica* med 20%, *Acer platanoides* och *Acer saccharum* står tillsammans för 22,9 % av Minneapolis stadsträd och *Tilia cordata* står för 10,4 % (McPherson 2010). Detta kan jämföras med Uppsalas vanligaste träddarter *Acer platanoides* (27,53 %), *Tilia ssp.* (17,72 %) samt *Betula ssp.* (13,36%).

### 3.3 Kostnader

Uppsala kommun har en budget på 6 miljoner för kostnader relaterade till träd (L. Wallgren, 2018, pers. komm., 25 april.). Den största posten är trädvård på 4,7 miljoner, som inkluderar fällning, beskärning och lövhantering, se figur 8. Uppsala kommuns verksamhetskostnader ligger på totalt 14,2 miljarder kronor för 2018 (Uppsala kommun 2017b), vilket innebär att kostnaden för underhåll och skötsel av stadsträd utgör 0,0004% av kommunen totala verksamhetsbudget.

Kostnader	kr
Trädvård (fällning, beskärning, lövhantering)	4700000
Stubbfällning och fällning (omfördelning 2018)	100000
Träd och vegetationsblankett	400000
Plantering av träd enligt ök	500000
Träd och busk/perenn, vattning under etab-tid 2018 ÖK	300000
<b>Totalt</b>	<b>6000000</b>

Figur 8 Uppsala kommuns budget för kostnader relaterade till träd. Källa: L. Wallgren, 2018, pers. komm., 25 april.

Den årliga kostnaden för nyplantering av träd är inte medräknad i kommunens budget utan ligger utspridd på olika exploateringsprojekt. Tillgängligt från Uppsala kommun fanns kostnad för plantering av ett stadsträd. Plantering av ett nytt träd i stadsmiljö uppskattas kosta mellan 15 000 och 20 000 kr. Då studien visar att man årligen får tillbaka 955 kr/träd och år betyder det att det tar 16 till 21 år innan trädet blir ekonomiskt lönsamt. Vinsten på 955 kr/träd och år är ett genomsnitt och beror på art, vilket gör att det tar olika lång tid att betala tillbaka investeringen för planteringen av olika träddarter.

### 3.4 Funktionsvärden

Nedan följer de funktionsvärden för ekosystemtjänster som framkommit utifrån beräkningar av i-Tree Streets. Kapitlet är indelat efter de fem ekosystemtjänster vars ekonomiska värde beräknades: energibesparingar, minskning av koldioxid, minskning av luftföroreningar, interception av regnvatten samt ökning av fastighetspriser, och avslutas med en beräkning av de sammanlagda funktionsvärdena.

#### 3.4.1 Energibesparingar

Beräkningarna av i-Tree Streets indikerade att Uppsalas stadsträd minskade energikonsumtionen för uppvärmning och nedkyllning av byggnader, genom att skugga och minska vindomfånget. Enligt resultatet från i-Tree Streets beräkningar var den årliga besparingen av elektricitet 15 502 GJ per år, medan besparingarna av naturgas var 62 230 GJ, se figur 9. Tillsammans gav energibesparingarna av naturgas och elektricitet 78 732 GJ per år. Detta motsvarade ett värde på 7,8 miljoner kr totalt/år och ett genomsnittligt värde på 300 kr/per träd och år. Generellt hade stora träd som alm och bok ett större värde på energibesparing per träd, medan mindre träd som syren och magnolia hade ett lägre värde.

Arter	Total Elektricitet (GJ)	Elektricitet (kr)	Total Naturgas (GJ)	Naturgas (kr)	Totalt (kr)	% av totalt kr	Genomsnittligt värde kr/träd
Acer platanoides	5334	961562	21919	1740788	2702350	34,57	378,36
Tilia ssp.	2794	503647	10868	863149	1366796	17,49	374,35
Betula ssp.	2239	403566	9044	718258	1121824	14,35	323,19
Sorbus ssp.	629	113313	2841	225633	338946	4,34	164,54
Prunus ssp.	461	83175	2076	164897	248072	3,17	157,90
Pinus sylvestris	558	100626	2070	164379	265005	3,39	238,50
Quercus ssp.	353	63658	1412	112138	175796	2,25	197,77
Tilia cordata	404	72766	1662	131983	204748	2,62	242,47
Aesculus ssp.	423	76292	1733	137602	213894	2,74	298,92
Ulmus ssp.	591	106607	2375	188641	295248	3,78	439,94
Övriga arter	1717	309446	7229	574120	883567	11,30	154,08
Totalt	15502	2794659	63230	5021588	7816246	100,00	300,88

Figur 9 Årlig energibesparing för de tio mest förekommande stadsträden samt övriga arter visar att det årliga värdet för energibesparingar i genomsnitt var 300 kr/träd.

#### 3.4.2 Minskning av koldioxid

Koldioxidbindningen av Uppsalas stadsträd uppskattades av i-Tree Streets till 3 459 ton, se figur 10. Minskning av koldioxid till följd av energibesparingar i och med uppvärmning och nedkyllning av byggnader var 3 277 ton.

Koldioxidutsläpp till följd av underhåll beräknades till 21 ton per år och utsläpp på grund av nedbrytning av organiska ämnen uppskattades vara 244 ton per år. Detta gav ett totalt värde på 6 470 ton koldioxidminskning per år av Uppsalas stadsträd, vilket motsvarar ett värde på 915 000 kr. Det årliga genomsnittliga värdet av koldioxid uppskattades till 35,21 kr/träd och år. Trädarterna med högst ekonomiskt värde var alm (55,07 kr/träd och år), lind (51,27 kr/träd och år) och skogs-lönn (42,22 kr/träd och år).

#### 3.4.3 Minskning av luftföroreningar

Mängden av luftföroreningar (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> och partikelföroreningar) som tas upp av Uppsalas stadsträd var enligt i-Tree Streets beräkningar 4 487 kg per år, se figur

11. Minskningen av luftföroreningar från kolkraftverk som undvikits tack vare energibesparingar i och med uppvärmning och nedkylning av hus, var 21 ton per år. Andelen energi som beräknas komma från kolkraftverk bestäms utifrån den referensstad man väljer (i-Tree 2007).

i-Tree Streets beräknade att träden släpper ut 1 095 kg luftföroreningar per år i form av lättflyktiga organiska föreningar (BVOC). Detta gav ett nettovärde för minskningen av luftföroreningar på 24 ton per år, vilket motsvarar ett värde på 1,3 miljoner kr. Det årliga genomsnittliga värdet för minskning av luftföroreningar på grund av stadsträd var 49,58 kr/per träd och år. Trädarterna med högst ekonomiskt värde var alm (80,56 kr/träd och år), skogslönn (64,54 kr/träd och år) och lind (63,29 kr/träd och år).

Arter	Uppdrag av luftföroreningar (kg)	Uppdrag av luftföroreningar (kr)	Minskade luftföroreningar p.g.a. energibesparningar		Minskade luftföroreningar p.g.a. energibesparningar		BVOC Utsläpp (kg)	BVOC Utsläpp (kr)	Totalt (kg)	Totalt (kr)	Genomsnittligt värde kr/träd
			(kg)	(kr)	(kg)	(kr)					
Acer platanoides	1658	98730	7202	378851	-235	-16644	8624	460936	64,54		
Tilia ssp.	582	34644	3740	196436	0	0	4322	231080	63,29		
Betula ssp.	575	34219	3016	158600	-84	-5939	3507	186880	53,84		
Sorbus ssp.	175	10412	858	45243	-1	-40	1032	55615	27,00		
Prunus ssp.	108	6421	630	33193	0	-25	737	39590	25,20		
Pinus sylvestris	308	17854	741	38898	-582	-41165	467	15587	14,03		
Quercus ssp.	84	5012	474	24916	0	0	558	29928	33,67		
Tilia cordata	104	6211	545	28679	-31	-2183	619	32706	38,73		
Aesculus ssp.	107	6390	571	30044	-16	-1115	663	35319	49,36		
Ulmus ssp.	206	12286	795	41779	0	0	1001	54065	80,56		
Övriga arter	581	34518	2322	122214	-146	-10353	2756	146380	22,82		
<b>Totalt</b>	<b>4487</b>	<b>266697</b>	<b>20894</b>	<b>1098854</b>	<b>-1096</b>	<b>-77464</b>	<b>24285</b>	<b>1288087</b>	<b>49,58</b>		

Figur 11 Årligt värde till följd av minskning av luftföroreningar för de tio mest förekommande arterna samt övriga arter visar att det årliga värdet för minskning av luftföroreningar i genomsnitt var 50 kr/träd.

Arter	Koldioxidbindning (kg)	Koldioxidbindning (kr)	Utsläpp på grund av nedbrytning		Utsläpp på grund av underhåll		Totalt utsläpp (kr)	Minskade utsläpp p.g.a. energi-besparningar (kg)	Minskade utsläpp p.g.a. energi-besparningar (kr)	Totalt (kg)	Totalt(kr)	Genomsnittligt värde kr/träd
			(kg)	(kr)	(kg)	(kr)						
Acer platanoides	1088968	1316262	-76569	-6574	-11754	1127365	159377	2133189	301572	11,61 kr		
Tilia ssp.	790806	111797	-53545	-3550	-8072	590491	83478	1324202	187204	7,21 kr		
Betula ssp.	478492	67645	-26564	-2692	-4136	473153	66890	922389	130399	5,02 kr		
Sorbus ssp.	117599	16625	-7977	-1179	-1294	132852	18781	241295	34112	1,31 kr		
Prunus ssp.	86916	12287	-4950	-838	-818	97517	13786	178645	25255	0,97 kr		
Pinus sylvestris	78021	11030	-6773	-1230	-1131	117977	16678	187994	26577	1,02 kr		
Quercus ssp.	98724	13957	-8066	-527	-1215	74635	10551	164765	23293	0,90 kr		
Tilia cordata	144863	20479	-6420	-628	-996	85313	12061	223128	31544	1,21 kr		
Aesculus ssp.	85963	12153	-5017	-530	-784	89447	12645	169863	24014	0,92 kr		
Ulmus ssp.	157206	22224	-19957	-820	-2937	124989	17670	261419	36957	1,42 kr		
Övriga arter	331338	46842	-28528	-2669	-4410	362804	51290	662946	93722	3,61 kr		
<b>Totalt</b>	<b>3458895</b>	<b>488988</b>	<b>-244366</b>	<b>-21237</b>	<b>-37549</b>	<b>3276544</b>	<b>463209</b>	<b>6469836</b>	<b>914649</b>	<b>35,21 kr</b>		

Figur 10 Årligt värde till följd av minskad koldioxid för de tio mest förekommande arterna samt övriga arter visar att det årliga värdet för koldioxidminskning i genomsnitt var 35 kr/träd.

### 3.4.4 Interception av regnvatten

Uppsalas stadsträd tog enligt i-Trees beräkningar genom interception upp ca 135 000 kubikmeter regnvatten per år, se figur 12. Utan trädens interception skulle regnvattnet fallit till marken och blivit en belastning för dagvattenhanteringssystemen. Det uppskattade värdet för trädens interception var 8,3 miljoner kr per år, eller 318 kr/träd och år. De trädarter som hade högst ekonomiskt värde för interception var alm (653,60 kr/träd och år), tall (570,66 kr/träd och år) samt lind. (448,24 kr/träd och år).

Arter	Total interception regnvatten (m3)	Totalt (kr)	% av totalt kr	Genomsnittligt värde kr/träd
Acer platanoides	43902	2687260	32,50	376,25
Tilia ssp.	26737	1636561	19,79	448,24
Betula ssp.	16473	1008301	12,20	290,48
Sorbus ssp.	2882	176425	2,13	85,64
Prunus ssp.	1931	118169	1,43	75,21
Pinus sylvestris	10359	634067	7,67	570,66
Quercus ssp.	3632	222285	2,69	250,07
Tilia cordata	3454	211419	2,56	250,37
Aesculus ssp.	3104	190023	2,30	265,56
Ulmus ssp.	7166	438640	5,31	653,60
Övriga arter	15432	944621	11,43	179,59
<b>Totalt</b>	<b>135072</b>	<b>8267771</b>	<b>100,00</b>	<b>318,26</b>

Figur 12 Årliga värden för interception av regnvatten för de tio mest förekommande trädarterna samt övriga arter visar att det årliga värdet för interception av regnvatten i genomsnitt var 318 kr/träd.

### 3.4.5 Fastighetspriser

Det ökade fastighetsvärdet p.g.a. närhet till träd uppskattades av i-Tree till 6,5 miljoner kr per år, med ett medelvärde på 251 kr/ träd och år, se figur 13. Att fastighetspriserna är högre vid närhet till träd indikerar en uppenbarad preferens för närhet till träd och kan ses som en fingervisning för trädens estetiska värde.

Arter	Total (kr)	% av totala kr	Genomsnittligt värde kr/träd
Acer platanoides	2050352	31,43	287,07
Tilia ssp.	1398239	21,44	382,96
Betula ssp.	928570	14,24	267,51
Sorbus ssp.	127300	1,95	61,80
Prunus ssp.	93221	1,43	59,33
Pinus sylvestris	347264	5,32	312,54
Quercus ssp.	201992	3,10	227,24
Tilia cordata	309399	4,74	366,39
Aesculus ssp.	172081	2,64	240,49
Ulmus ssp.	253592	3,89	377,87
Övriga arter	640917	9,83	112,07
<b>Totalt</b>	<b>6522929</b>	<b>100,00</b>	<b>251,10</b>

Figur 13 Årliga estetiska/övriga nettokostnader för de tio mest förekommande trädarterna samt övriga arter visar att den årliga ökningen av fastighetsvärdet i genomsnitt var 251 kr/träd.



Studier som ligger till grund för i-Trees Streets beräkningar för stadsträdens bidrag till ökas fastighetsvärde visar på att stora till mellanstora träd har störst inverkan på ökat fastighetsvärde, oberoende vilken art trädet har (Anderson & Cordell 1988). Detta kan vara en anledning till att de arter som hade störst värde för ökning av fastighetspriser i denna studie var *Tilia ssp.* (382,96 kr/träd och år), *Ulmus ssp.* (377,87 kr/träd och år), *Tilia cordata* (366,39 kr/träd och år), *Pinus sylvestris* (312,54 kr/träd och år) och *Acer platanoides* (287,07 kr/träd och år), alla stora till mellanstora arter.

#### 3.4.6 Totalt funktionsvärde

Det samlade värdet av Uppsalas stadsträd var enligt i-Trees beräkningar 24,8 miljoner kr per år, eller 955 kr/träd och år, se figur 14. De arter som hade högst värde/träd och år för det totala funktionsvärdet var alm (1603 kr/träd och år), bok (1443 kr/träd) samt lind (1320 kr/träd och år). Den största delen av ekosystemtjänsterna utgjordes av upptag av regnvatten på 33%, tätt följt av energibesparingar på 32%. Även höjda fastighetspriser utgjorde en stor del av värdet (26%). Förbättrad luftkvalitet och minskning av koldioxid utgjorde en mindre del av värdet, på 5% respektive 4%.

Tjänster	Total (kr)	kr/träd	% of total förtjänsten
Energi	7 816 246	300,88	0,32
CO2	914 649	35,21	0,04
Luftkvalitet	1 288 087	49,58	0,05
Regnvatten	8 267 771	318,26	0,33
Estetiskt/Andra	6 522 929	251,10	0,26
Total förtjänster	24 809 682	955,03	1,00

Figur 14 Det årliga funktionsvärdet för Uppsalas stadsträd visar att det totala ekonomiska värdet för ekosystemtjänster var 24,8 miljoner kronor och 955 kr/träd.

### 3.5 Kostnad-nytta-kvot

Kostnad-nytta-kvot (BCR) beräknades för Uppsalas stadsträd till 4,13 och uttrycker förhållandet mellan det ekonomiska värde och kostnader som stadsträden genererar. Detta innebär att för varje krona investerad i skötsel och underhåll får kommunen tillbaka 4,13 kr i form av ekosystemtjänster. Det positiva värdet indikerar att investeringen av skötsel och underhåll av träd är lönsam. BCR för Uppsala kan jämföras med BCR för tidigare gjorda studier i USA, Europa och Kina, BCR för dessa studier varierar mellan \$1.4 och \$5.9. (McPherson et al. 2002; McPherson et al. 2016; Soares et al. 2011; Maco et al. 2005; Chunping et al. 2018).

## 4. Diskussion

Syftet med denna studie är att monetärt värdera de ekosystemtjänster som Uppsala kommuns stadsträd utför utifrån: minskad energiförbrukning för byggnaders uppvärmning/kylning, minskning av koldioxid i luften, interception av regnvatten, ökning av fastighetsvärde och minskning av luftföroreningar. Genom att ställa dessa värden mot de kostnader som är kopplade till Uppsala kommuns stadsträd, var förhoppningen att detta skulle kunna användas som ett argument för bevarande och plantering av stadsträd.

I detta kapitel diskuteras det ekonomiska värdet av ekosystemtjänster som utförs av stadsträd i Uppsala, utifrån resultatet i denna studie. Resultaten jämförs med tidigare studier som också utgått ifrån analysverktyget i-Tree Streets för att värdera resultatets rimlighet och sätta den ekonomiska värderingen av Uppsalas gatuträd i en global kontext.

Vidare diskuteras även metoden för studien och de eventuella felkällor som kunnat påverka resultatet.

### 4.1 Datainsamling

Vid tidpunkten för studien hade Uppsala kommun inventerat 11 690 träd i främst centrala och västra Uppsala (Elias Halling, 2018, pers. komm., 9 april). Denna inventering användes för att skapa en urvalinventering som importerades till i-Tree Streets. Då i-Tree Streets vid urvalinventering rekommenderar att använda 4% av stadens träd för områden med 150 000–250 000 invånare (i-Tree datum saknas c), ansågs att detta skulle ge ett tillförlitligt underlag för att uppskatta det totala värdet av de ekosystemtjänster som utförs av Uppsalas stadsträd.

En sammanställning av inventeringen som gjorts av Uppsala kommun visade att de tre mest förekommande arterna i Uppsala var lönn (27%), lind (14%) och björk (13%). Det innebär att lönn, lind och björk tillsammans utgör mer än 50 % av det totala antalet träd i centrala Uppsala. Om man ser till den artfördelning som rekommenderas av Santamours (1990) regel för mångfald, där ingen enskild art bör överskrida 10 % och inget enskilt släkte överskrida 20% av totala antalet träd i en stad, kan detta bli problematiskt. Att så få arter/släkten utgör en så stor del av det totala antalet träd gör systemet sårbart om en art skulle drabbas av sjukdomar, skadedjur eller andra stressfaktorer.

Fördelningen av trädens storlek (DBH) indikerar en relativt jämn åldersfördelning hos Uppsalas stadsträd. Detta är positivt för successionen i staden, och det är viktigt att den upprätthålls genom att staden fortsätter att kontinuerligt plantera nya träd samt fortsätter att underhålla och bevara de befintliga träden. I figur 5 för trädens DBH syns också att stadsträd med en diameter över 75 cm är underrepresenterade. Detta kan bero på att brist på plats i marken för rötterna hämmar trädens tillväxt. Med trenden att nu bygga betydligt tätare i städerna finns det anledning att misstänka att vi kommer att se ännu färre stora träd i urbana miljöer i framtiden. En annan möjlig förklaring till att stora träd är underrepresenterade kan vara att det finns ett fokus på säkerhet i våra städer, vilket gör att träd som bedöms som en säkerhetsrisk tas ner. I litteraturstudien framgick det att medelstora till stora träd har ett högre ekonomiskt värde för de ekosystemtjänster de utför än små träd. För att

maximera det ekonomiska värdet samt ekosystemtjänsterna är det därför fördelaktigt att planera för stora arter som får möjlighet att växa sig stora.

Resultatet i studien kan ha påverkats av att vissa områden i staden har inventerats mer utförligt än andra. i-Tree Streets utgår ifrån en urvalsinventering över slumpmässigt utvalda gator eller segment (i-Tree datum saknas c), till skillnad från denna inventering som gjorts i olika områden utifrån ett mer praktiskt tillvägagångssätt med ett område i taget. Staden är inte homogen och vilka trädarter som finns i de olika stadsdelarna kan variera. Även trädens storlek och därmed stamdiameter i brösthöjd (DBH) kan variera i de olika delarna av staden. Eftersom både art och DBH är något som påverkar den totala bladytan kan detta ha påverkat resultatet. Då det vid tidpunkten för studien inte fanns en inventering över hela staden går det inte att säga hur resultatet påverkats, mer än att en komplett inventering troligtvis skulle ge ett ännu mer tillförlitligt resultat.

## 4.2 Val av referensstad

i-Tree Streets beräknade värdet för ekosystemtjänster utförda av stadsträd utifrån artbaserade tillväxtkurvor och annan regionala data för referensstaden Minneapolis. Minneapolis utsågs till referensstad då den hade lägst RMSE på 1,67. Detta kan jämföras med andra studier som också beräknat värdet av ekosystemtjänster med hjälp av en referensstad, t.ex. Dalian, Kina RMSE= 1,76 (Chunping et al. 2018) och Lissabon, Portugal RMSE= 2,6 (McPherson 2010). I jämförelse med dessa var alltså RMSE i denna studie ett lågt värde. Ett lågt RMSE innebär att skillnaderna i avvikelser i nederbörd, Cooling Degree Days (CDD) och Heating Degree Days (HDD), samt trädarter mellan Uppsala och referensstaden är relativt små. Det låga värdet för RMSE är ett argument för att metoden torde fungera väl i denna studie eftersom det innebär att förhållanden i Uppsala respektive Minneapolis är likartade.

Både Uppsala och Minneapolis har kallt tempererat klimat, och relativt små skillnader i medeltemperatur. Minneapolis har kallare vintrar och varmare somrar än Uppsala. Differensvärdet för HDD och CDD mellan Uppsala och Minneapolis är 521 respektive 221. Skillnader i klimat kan ha påverkat resultatet, liksom skillnader i byggnaders byggnadsmaterial och struktur. HDD är den faktor som skiljer sig mest mellan de båda städerna. Då HDD är ett mått på när byggnader behöver kylas ned (McPherson 2010) och Minneapolis har ett högre värde för HDD än Uppsala kan skillnaden betyda att stadsträdens inverkan på energibesparingar är något övervärderad.

## 4.3 Kostnader

Uppsala kommuns kostnader för skötsel och underhåll av stadsträd på 6 miljoner kr per år (L. Wallgren, 2018, pers. komm., 25 april.) ger en kostnad per träd på 230 kr/år. De totala kostnaderna för skötsel och underhåll av stadsträd utgör 0,0004 % av Uppsala kommuns årliga verksamhetskostnader. I relation till de ekonomiska förtjänster som denna studie indikerar att träden årligen tillför staden kan man därför argumentera för att kostnaderna är relativt små. Eftersom den största delen av kostnaderna (4,7 miljoner) inkluderar både fällning, beskärning och lövhantering finns även möjlighet att ytterligare minska kostnaderna genom att vid nyplantering

välja arter med litet behov av skötsel/beskärning. En jämförelse mellan kostnaderna och förtjänsterna diskuteras vidare under rubriken 4.5 Kostnad-nytta-kvot.

Plantering av ett nytt träd i stadsmiljö uppskattas kosta mellan 15 000 och 20 000 kr. Då studien visar att man årligen får tillbaka 955 kr/träd och år betyder det att det tar 16 till 21 år innan trädet blir ekonomiskt lönsamt. Vinsten på 955 kr/träd och år är ett genomsnitt och beror på art, vilket gör att det tar olika lång tid att betala tillbaka investeringen för planteringen av olika trädarter. Då resultatet visade att stora träd hade ett högre ekonomiskt värde än små träd, och 955 kr/träd och år är ett genomsnittligt värde, är tiden innan trädet blir lönsamt troligtvis längre än 16–21 år då mindre träd producerar ett lägre värde per år än genomsnittet.

I sammanhanget är det viktigt att påpeka att ekosystemtjänster inte enbart har ett ekonomiskt värde. Ekosystem har värden som inte kan ersättas av pengar, exempelvis är tillgången på ren luft och dricksvatten ovärderligt eftersom det är nödvändigt för att det ska finnas liv. Värdet av en biologisk mångfald i staden är också något som är svårt att värdera i pengar eftersom det är viktigt för att ekosystemtjänster ska fungera (Bagchi & Hector 2007).

Det finns flera viktiga perspektiv som riskerar att gå förlorade om debatten tillåts att i för hög grad fokusera på det ekonomiska värdet. Viktiga aspekter som exempelvis kulturella, gestaltningsmässiga och historiska värden är svåra att mäta ekonomiskt då de ofta är kopplade till upplevda värden och därför riskerar att gå förlorade om enbart det ekonomiska värdet tillåts stå i fokus. Stadsträd kan ha stora värden som inte går att mäta ekonomiskt genom att de till exempel är starkt kopplade till en plats historia, minnen eller identitet. Även om det kan vara svårt att ekonomiskt värdera detta så innebär det inte vi kan bortse från dessa värden.

Resultatet i studien visar dock på att det finns ekonomiska incitament för att låta stadsträd utföra ekosystemtjänster som annars hade behövt ersättas med tekniska lösningar.

#### 4.4 Funktionsvärden

Resultatet visar på att Uppsala kommuns stadsträd tillför ett ekonomiskt värde till staden. Detta ekonomiska värde beror på de ekosystemtjänster stadsträd utför genom energibesparingar, minskning av koldioxid, minskning av luftföroreningar, interception av dagvatten och ökning av fastighetsvärde. Resultatet överensstämmer med tidigare studier som använt samma analysverktyg, som också har visat på att det finns ett ekonomiskt värde hos de ekosystemtjänster som stadsträd utför som överstiger de kostnader för träd som städerna har (McPherson et al. 2002; McPherson et al. 2016; Soares et al. 2011; Maco et al. 2005; Chunping et al. 2018).

Beräkningar med hjälp av i-Tree Streets visade att det totala värdet för ekosystemtjänster utförda av Uppsalas stadsträd var strax under 25 miljoner per år eller 955 kr/träd och år. Detta kan jämföras med liknande studier som gjorts i USA, Lissabon och Kina vilka har haft ett värde per träd och år mellan 265 kr till 1744 kr (McPherson et al. 2002; McPherson et al. 2016; Soares et al. 2011; Maco et al. 2005; Chunping et al. 2018). Eftersom samtliga studier utgått från samma i-Tree Streets modell är resultaten jämförbara med varandra. Att det ekonomiska värdet per träd i denna studie är inom spannet för tidigare studier tyder på att resultatet i denna studie är trovärdigt.

Det totala värdet för ekosystemtjänster utförda av stadsträd kan skilja mycket mellan städerna eftersom det är beroende av det totala antalet träd i det studerade området. Det totala värdet är därför svårare att jämföra mellan de olika studierna.

Det ekonomiska värdet av ekosystemtjänsterna som träd utför beror på var i världen de finns. Klimat med mycket nederbörd och extrema temperaturskillnader ger ett högre ekonomiskt värde enligt i-Tree Streets beräkningsmodell (i-Tree 2010).

De dominerande trädarterna i det studerade området som lönn och lind utförde en stor del av stadsträdens ekosystemtjänster och fick högst värde per art, vilket beror på att de är flest till antalet. Sett till en summering av funktionsvärdena per träd har alm det högsta värdet på 1603 kr/träd och år, bok ett värde 1443 kr/träd och år samt lind med ett värde på 1320 kr/träd och år. Samtliga av dessa tre arter är stora träd. Stora träd har sammanlagt en större bladarea vilket bidrar till upptag av koldioxid, och luftföroreningar samt ger en ökad interception. Det är även stora till mellanstora träd som bidrar mest till ökat fastighetsvärde. För att dessa ekosystemtjänster ska fungera optimalt krävs stora hälsosamma träd. Detta är viktigt att tänka på vid planering av staden, både att planera in stora trädararter samt att det finns en succession

Även om detta resultat visar på att olika trädararter motsvarar olika ekonomiska värden är det viktigt att komma ihåg vikten av en mångfald i artfördelningen, där Santamours (2002) regel för mångfald kan fungera som en utgångspunkt. Biologisk mångfald är en förutsättning för att ekosystemtjänster ska fungera över tid (Bagchi & Hector 2007) samt en förutsättning för att sprida riskerna och minska sårbarheten ifall en art skulle drabbas av sjukdomar eller skadedjur (Santamour 2002).

Den största delen av stadsträdens ekosystemtjänster utgjordes av upptag av regnvatten på 33%, tätt följt av energibesparingar på 32%. Interception av regnvatten är en stor nytta för staden då vattnet annars hade krävt omhändertagande genom dagvattenhanteringssystem. Då nederbörden förväntas öka i Sverige i och med klimatförändringarna (SMHI 2017) kan stadsträden förmåga att minska dagvatten komma att få ännu större betydelse i framtiden.

i-Tree Streets beräkningar av energibesparingar grundar sig på uppvärmning och nedkyllning av byggnader. En tredjedel av energin i Sverige går till uppvärmning (Barkeman 2015). Resultatet i denna studie indikerar att stadsträd kan ha en positiv inverkan på energibesparingar. Ifall klimatförändringar leder till mer extrema temperaturer kan stadsträden spela en viktig roll dels för energibesparingar och dels reglerande för mikroklimatet.

Även höjda fastighetspriser utgjorde en stor del av värdet (26%). Höjda fastighetspriser p.g.a. närhet till träd är en indikator på att människor trivs bättre när det finns träd i närheten. Det har även visat sig att det finns upplevda hälsoeffekter av närhet till träd. Detta skulle kunna betyda att det finns ett ännu större ekonomiskt värde för stadsträd i form av kostnadsbesparingar för sjukvård, som inte behandlas i den här studien.

Förbättrad luftkvalitet och minskning av koldioxid utgjorde en mindre del av värdet, på 5% respektive 4%. I i-Tree Streets beräkningar för minskad koldioxid och minskade luftföroreningar tar programmet med stadsträdens inverkan på energibesparingar och därmed minskat utsläpp av koldioxid från kolkraftverk. Andelen energi som kommer ifrån kolkraftverk är baserat på den valda referensstaden

Minneapolis. I Sverige kommer den största andelen av energin som används i Sverige från vattenkraft och kärnkraft (SCB datum saknas). Detta gör att resultatet för mängden minskad koldioxid och minskade luftföroreningar i denna studie kan vara något övervärderad. Ökad koldioxidhalt i luften är ett globalt problem och det finns ingen teknisk lösning för att minska andelen koldioxid (Nilsson 2006). Stadsträd och annan grönska i staden är därför absolut nödvändigt för att ta upp koldioxid. I och med klimatförändringarna och de ökande halterna av koldioxid i luften kan detta komma att få ännu större betydelse i framtiden.

#### 4.5 Kostnad-nytta-kvot

Kostnad-nytta-kvoten (BCR) för Uppsala låg i det över spannet bland jämförbara studier. De tidigare studierna har BCR mellan 1,4 och 5,9 (McPherson et al. 2002; McPherson et al. 2016; Soares et al. 2011; Maco et al. 2005; Chunping et al. 2018) medan BCR för denna studie var 4,13. Att värdet låg inom spannet jämfört med tidigare studier tyder på att resultatet torde vara rimligt. Det relativt höga värdet för BCR för Uppsala kan bero på att kostnaden för plantering i samband med exploatering- och investeringsprojekt sänkades och därför inte räknades med i BCR. Det positiva resultatet för BCR i denna studie visade på att för varje krona Uppsala kommun investerar i skötsel och underhåll av stadsträd, får kommunen tillbaka 4,13 kr i värde av ekosystemtjänster av stadsträden. Resultatet i denna studie visade på att det är lönsamt för Uppsala kommun att investera i skötsel och underhåll av stadsträd.

#### 4.6 Framtida studier

Resultatet i denna studie indikerar att det finns ekonomiska incitament att värna om Uppsalas stadsträd och de ekosystemtjänster de utför. Detta kan förhoppningsvis ge en fingervisning om några av de positiva effekter som träd i urbana miljöer medför och utgöra ett argument vid planering och beslutsfattande som rör stadens utemiljöer. Eftersom detta även är den första studien av det ekonomiska värdet av ekosystemtjänster som utförs av stadsträd utifrån analysverktyget i-Tree Streets i Sverige, kan den även möjligen ge en antydning om värdet på stadsträds ekosystemtjänster i närliggande städer.

Med de kommande studier som planeras av flera kommuner runtom i Sverige och som använder sig av i-Tree (Elias Halling, 2018, pers. komm., 9 april), kan det bli intressant att jämföra resultaten med varandra. Fler studier i fler av Sveriges städer skulle fungera som en möjlighet för att lyfta kunskapsläget för att stadsträd utför ekosystemtjänster som motsvaras av ett ekonomiskt värde. Då ekonomi ofta spelar en mycket viktig roll i beslutsfattande kan detta komma att påverka stadsplaneringen och resultera i att fler träd planeras in i våra urbana miljöer.

I framtiden finns stora chanser att förfinna resultatet av studien genom att använda en fullständig inventering, och kanske även om möjligheten finns att undersöka artbaserade tillväxtkurvor och klimatdata för Uppsala eller andra svenska städer istället för en referensstad i USA. Troligen skulle dessa stämna bättre överens med de förutsättningar som finns i Uppsala, vilket skulle ge ett mer precist resultat.

## 4.7 Slutsatser

Resultatet i denna studie indikerar att det finns ekonomiska incitament för Uppsala kommun att värna om sina stadsträd och deras förmåga att utföra ekosystemtjänster som annars hade behövt ersättas med tekniska lösningar. Det ekonomiska värdet på totalt ca 25 miljoner kr per år eller 955 kr/år och träd för stadsträdens ekosystemtjänster beräknades med hjälp av analysverktyget i-Tree Streets. Värdet av interception av regnvatten värderades till 8,3 miljoner kr (318 kr/träd och år), energibesparingar till 7,8 miljoner kr per år (301 kr/träd och år) och ökning av fastighetsvärde till 6,5 miljoner kr (251 kr/träd och år). Mindre värden framkom för minskning av koldioxid på 900 000 kr (35 kr/träd och år), samt minskning av luftföroreningar på 1,3 miljoner kr (50 kr/träd och år).

För varje krona som investeras i skötsel av stadsträden får Uppsalaborna tillbaka 4,13 kronor i form av olika ekosystemtjänster. Detta utgör ett argument för att plantera och bevara Uppsalas stadsträd.

Studien visade att mellanstora till stora träd var särskilt bidragande, vilket gör att bevarandet av mellanstora och stora träd blir viktigt att prioritera för stadens planerare. För att säkerställa att det även finns stora träd i framtiden är det viktigt att se till successionen. Viktigt för Uppsala kommun är även att komma ihåg vikten av en mångfald i trädarter vid framtida plantering för att stärka ekosystemen om en art skulle drabbas av sjukdomar, skadedjur eller andra stressfaktorer.

I dagsläget spenderar Uppsala kommun 6 miljoner kr per år (230 kr/träd och år) på skötsel av stadsträd, vilket endast utgör en mycket liten del av den totala budgeten. Med framtida klimatförändringar och utmaningar finns incitament för att planera in fler stadsträd i våra urbana miljöer. Stadsträden utför en mängd ekosystemtjänster som mildrar och tar hand om följderna av dessa klimatförändringar. Genom att lyfta dessa fördelar samt de ekonomiska incitament som finns med våra stadsträd kan det bidra till att fler stadsträd planeras in i våra urbana miljöer.

Det är viktigt att komma ihåg att stadsträd kan ha stora värden som är svårt att mäta ekonomiskt, till exempel kulturella, biologiska, historiska och gestaltningsmässiga värden. För att inte förlora dessa aspekter är det viktigt att även dessa värden lyfts fram jämte det ekonomiska värdet. Resultatet i denna studie visar dock att det finns ekonomiska incitament för bevara och plantera stadsträd, tack vare de ekosystemtjänster de utför.

# Referenser

- Akhter, S., Akter, S., Bennett, J. & (2008). *Preference uncertainty in contingent valuation*. Canberra: Elsevier (Ecological Economics, vol 67, ss. 345–351)
- Alberini, A., Boyle, K. & Welsh, M. (2003). *Analysis of contingent valuation data with multiple bids: a response option allowing respondents to express uncertainty*, Maryland: Elsevier (Journal of Environmental Economics and Management, vol 45, ss. 40–62)
- Alberti, M. & Marzluff, J.M. (2004). *Ecological resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and ecological functions*. Urban Ecosystems, vol 7. ss. 241–265.
- American forests (2013) *Minneapolis Urban Forest Fact Sheet*. Tillgänglig: <http://www.americanforests.org/wp-content/uploads/2013/02/Minneapolis-Urban-Forest-Fact-Sheet-FINAL1.pdf> [2018-05-15]
- Andrén, S., Mistry, I-J. (2013) Fossilfria städer, *WWF Urban Solutions* [Blogg] 2013-12-05 Tillgänglig: <https://hallbarstad.se/urban-solutions-100-learning-cases/fossilfria-stader/> [2018-05-25]
- Ask, K., Brunsell, L., Engdahl, F. & Troglio, E. (2015) *Ekosystemtjänster i Sollentuna*, Sollentuna kommun, Ekologigruppen
- Bagchi, R. & Hector, A. (2007) *Biodiversity and ecosystem multifunctionality*. Nature, nr., 448, s. 188–190
- Barkeman, E., (2015) *Hög tid att ställa om vårt energisystem*. Tillgängligt; <https://www.forskning.se/2015/12/01/hog-tid-att-stalla-om-vart-energisystem/> [2018-05-26]
- Brander, L., Gómez-Baggethun, E., Madhu, V. & Martín-López, B. (2010) *The economics of valuing ecosystem services and biodiversity*. Tillgänglig: <http://af-rica.teebweb.org/wp-content/uploads/2013/04/D0-Chapter-5-The-economics-of-valuing-ecosystem-services-and-biodiversity.pdf> [2018-04-04]
- Calfapietra, C., Livesley S. J., McPherson, E.G. (2015) *The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale*. Journal of Environmental Quality, Special selection, s. 119-124
- Chunping, M., Jing, Y., Shuai, Y., Wei, C., Xingyuan, H. & Xueyan, W. (2018). *Street Trees in a Chinese Forest City: Structure, Benefits and Costs*. Sustainability, vol. 10, ss. 674
- Citylab (2016) *What Are Trees Worth to Cities?* Tillgänglig: <https://www.citylab.com/solutions/2016/04/what-are-trees-worth-to-cities/478809/> [2018-04-04]
- Climate-data, (datum saknas a). *Klimat: Uppsala*. Tillgänglig: <https://sv.climate-data.org/location/165/> [2018-04-16]
- Climate-data, (datum saknas b). *Klimat: Minneapolis*. Tillgänglig: <https://sv.climate-data.org/location/1522/> [2018-04-23]
- Dawson, T.E., Gregg, J.W. & Jones, C.G. (2003). *Urbanization effects on tree growth in the vicinity of New York City*. Nature, vol. 10, ss. 183-187
- Dunett, N. & Hitchmough, J., (2004) *Design, Ecology and Management of Naturalistic Urban Planting* London, Spon Press
- Earthdata (2018). *Volatile trees*. Tillgänglig: <https://earthdata.nasa.gov/user-resources/sensing-our-planet/volatile-trees> [2018-04-27]
- Piegorsch, W. (2002) *Encyclopedia of Environmetrics, Volume 1; Volume 3*. Första upplagan, New York: John Wiley & Sons, Ltd
- Garrod, G., Willis, K.G. (1999) *Economic Valuation of the environment*. Cheltenham. Edward Elgar.



- Grant, R., Grimmond, S., Heisler, G., McPherson, E.G., Nowak, D., Souch, C. & Rowntree, R. (1997). *Quantifying urban forest structure, function, and value: The Chicago Urban Forest Climate Project*. Urban Ecosyst. vol. 1, ss. 49–61.
- Holzman, D. (2012). *Accounting for nature's benefits: The dollar value of ecosystem services*. Environmental Health Perspectives, vol. 120, ss.152-157.
- Heisler, G.M. & Brazel, A.J. (2010) *The urban physical environment: Temperature and urban heat islands*. In Urban Ecosystem Ecology. Agronomy Monograph 55; American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America: Madison, WI, USA,; s. 29–56.
- Investopedia (datum saknas) *Benefit Cost Ratio – BCR*. Tillgänglig: <https://www.investopedia.com/terms/b/bcr.asp> [2018-05-31]
- i-Tree (datum saknas a). *I-tree streets*. Tillgänglig: <https://www.itreetools.org/streets/index.php> [2018-04-04]
- i-Tree (datum saknas b) *About Us*. Tillgänglig: <https://www.itreetools.org/about.php> [2018-05-18]
- i-Tree (2007) *How does i-Tree Streets Work?*Tillgänglig: <https://forums.itreetools.org/viewtopic.php?f=20&t=40> [2018-05-029]
- i-Tree (2010). *Reference Cities—The Science Behind i-Tree Streets (STRATUM)* Tillgänglig: [https://www.itreetools.org/streets/resources/Streets\\_Reference\\_Cities\\_Science\\_Update\\_Nov2011.pdf](https://www.itreetools.org/streets/resources/Streets_Reference_Cities_Science_Update_Nov2011.pdf) [2018-05-26]
- i-Tree (datum saknas c) *i-Tree Streets User´s Manual*. Tillgänglig: <https://www.itreetools.org/resources/manuals/i-Tree%20Streets%20Users%20Manual.pdf> [2018-04-09]
- Konijnendijk,C.C. (2008) *The Forest and the City: The Cultural Landscape of Urban Woodland*. Berlin. Springer
- Maco, S.E., McPherson, G.; Peper, P.J.; Simpson, J.R. & Xiao, Q.F. (2005). *Municipal forest benefits and costs in five US cities*. Journal of Forestry,vol. 103, ss. 411–416.
- McPherson, E. G., Nowak, D.J. & Rowntree, R. A. (1994). *Air pollution removal by Chicago's urban forest. Från Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. Washington DC, USA: Forest Service, USDA (General Technical Report NE 1994-186: ss. 63–81).
- McPherson, E.G. (2010). *Selecting reference cities for i-Tree Streets*. Arboriculture & Urban Forestry, vol. 36, ss. 230-240
- McPherson, E.G. & Simpson, J.R. (2003). *Potential energy savings in buildings by an urban tree planting programme in California*. Urban Forestry & Urban Greening. Vol. 2, ss. 73–86.
- McPherson, E.G. & Simpson, J.R. (2002) *A comparison of municipal forest benefits and costs in Modesto and Santa Monica, California, USA*. Urban Forestry & Urban Greening. vol. 1, ss. 61–74.
- McPherson, E.G., Peper, P.J., Rego, F.C., Simpson, J.R., Soares, A.L., Xiao, Q. (2011) *Benefits and costs of street trees in Lisbon, Portugal*. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 10, ss. 69–78.
- McPherson, E.G. de Goede, J., van Doorn, N. (2016) *Structure, function and value of street trees in California, USA*. Urban Forestry & Urban Greening. vol. 17, ss. 104–115.
- Mooney, H., Cooper, A., Reid, W. (2005). *Confronting the human dilemma: How can ecosystems provide sustainable services to benefit society?* Nature, vol. 434, ss 561–562.
- NASA (2018) *Graphic: The relentless rise of carbon dioxide*. Tillgänglig: [https://climate.nasa.gov/climate\\_resources/24/graphic-the-relentless-rise-of-carbon-dioxide/](https://climate.nasa.gov/climate_resources/24/graphic-the-relentless-rise-of-carbon-dioxide/) [2018-04-04]

- Natursidan (2015) *Ny jättestudie: Träd får stadsbor att må bättre*, Natursidan. Tillgänglig: <http://www.natursidan.se/nyheter/ny-jattestudie-trad-far-stadsbor-att-ma-battre/> [2018-05-25]
- Naturvårdsverket (2018) *Vad är ekosystemtjänster*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Ekosystemtjanster/Vad-ar-ekosystemtjanster/> [2018-04-04]
- Nilsson, L.G., (2006) *Kan vi rädda jordens klimat med tekniska lösningar?* Allt om Vetenskap, nr. 10 Tillgängligt: <http://www.alltomvetenskap.se/nyheter/kan-vi-radda-jordens-klimat-med-tekniska-losningar> [2018-05-26]
- Ready, J. Whitehead and G. Blomquist (1995). *Contingent valuation when respondents are ambivalent*. Journal of Environmental Economics and Management, vol. 29, ss 181–197.
- Santamour, F.S., Jr. (2002) *Trees for urban planting: diversity uniformity, and common sense*. Washington: U.S. Department of Agriculture.
- Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red.) (2015). *Träd i urbana landskap*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur
- SCB (2002) *Grönområden, grönytor och hårdgjorda ytor tätorter Studier utförda av SCB på uppdrag av Boverket*. Tillgänglig: [https://www.miljomal.se/Global/24\\_las\\_mer/rapporter/malansvariga\\_myndigheter/2002/gronytor.pdf](https://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/malansvariga_myndigheter/2002/gronytor.pdf) [2018-05-25]
- SCB, 2018. *Fortsatt ökning av befolkning i tätorter*. Tillgänglig: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/markanvandning/tatorter-arealer-befolkning/pong/statistiknyhet/befolkning-i-tatorter-2017/> [2018-04-06]
- SCB (datum saknas) *80 procent av elen kommer från vattenkraft och kärnkraft*. Tillgänglig: <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/miljo/energi/> [2018-05-26]
- SMHI (2011) *Klimatberäkningar visar på mer extremt väder*. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/forskning/forskningsnyheter/nya-klimatberakningar-visar-pa-mer-extremt-vader-1.12922> [2018-05-26]
- SMHI (2007-2017). *Årstabeller 2007 - 2017 nederbörd*. Tillgänglig: [https://data.smhi.se/met/climate/time\\_series/year/vov\\_pdf/](https://data.smhi.se/met/climate/time_series/year/vov_pdf/) [2018-04-16]
- SMHI (2017) *Haftigare skyfall i framtida klimat*, Tillgänglig: <https://www.smhi.se/forskning/forskningsnyheter/haftigare-skyfall-i-framtida-klimat-1.32213> [2018-05-25]
- Uppsala kommun (2016). *Översiktsplan 2016 för Uppsala kommun*. Uppsala: Stadsbyggnadsförvaltningen o kommunikationsstaben, KSN-2004-1327.
- Uppsala kommun (2017). *Befolkningsstatistik: Statistisk folder 2017*. Tillgänglig: <https://www.uppsala.se/organisation-och-styrning/publikationer/befolkningsstatistik/> [2018-04-20].
- Uppsala kommun (2017b) *Mål och budget 2018-20, bilaga 1 Resultaträkning – budget 2018 samt plan för 2019-20*, Tillgänglig: <https://www.uppsala.se/contentassets/cf775b9368684e9e83a0f312e59dc0b4/bilaga-1---resultatrakning--budget-2018-samt-plan-for-2019-20.pdf> [2018-05-29]
- Uppsala kommun (datum saknas) *Kartverket*. Tillgänglig: <https://uppsalakommun.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=433046a19cad4bca9de9d92026a8835a> [2018-04-20]
- VA Finans (2018) *USD till SEK (US-dollar – Svensk krona)*. Tillgänglig: <https://www.vafinans.se/valutaomvandlare/us-dollar-svensk-krona> [2018-04-25]
- Vattenfall (2017) *Vår kolkraftsverksamhet*. Tillgänglig: <https://corporate.vattenfall.se/om-oss/var-verksamhet/var-elproduktion/kol/> [2018-05-26]
- Wolters, S., (2017) *26 tusen träd kartläggs i Uppsala*. Uppsala nya tidning. Tillgänglig: <http://www.unt.se/nyheter/uppsala/26-000-trad-kartlaggs-i-uppsala-4765066.aspx> [2018-05-18]

- USclimatedata (2018) *Climate Minneapolis – Minnesota*. Tillgänglig:  
<https://www.usclimatedata.com/climate/minneapolis/minnesota/united-states/usmn0503> [2018-04-20]
- Watson, G., (2002) *Comparing formula methods of tree appraisal*. Journal of Arboriculture, vol. 28, s. 11-18.
- Wolf, K.L. (2007) *City Trees and Property Values*. Arborist News vol. 16, s. 34-36.