

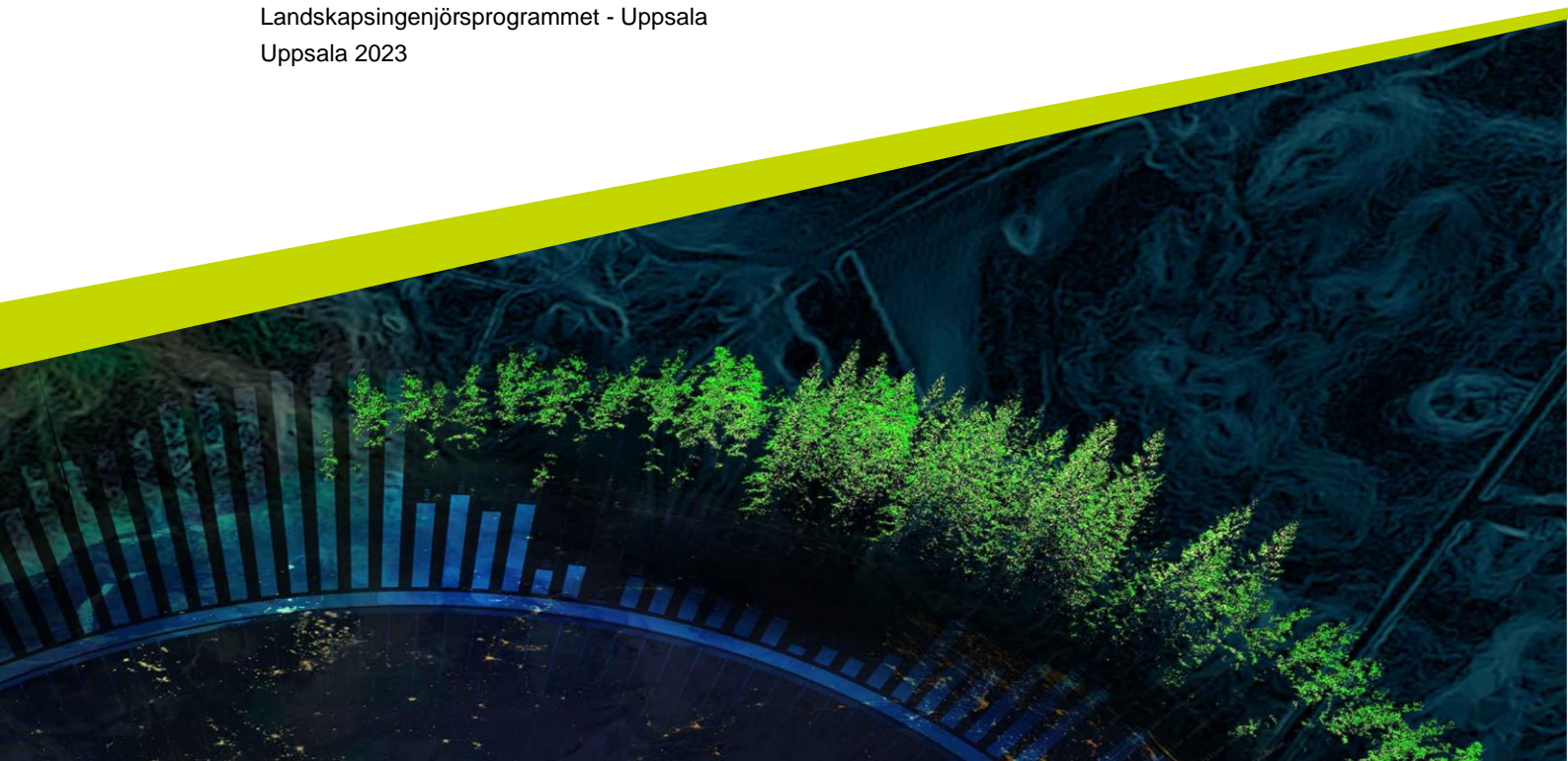


Trädens växtplats i staden

Jämförelse mellan två växtbäddsystem med fokus på konstruktion och tillväxt

Johanna Pantulin Nordlund

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



Trädens växtplats i staden. Jämförelse mellan två växtbäddsystem med fokus på konstruktion och tillväxt

Habitat for trees in the city. Comparison between two plant bed systems with a focus on construction and growth

Johanna Pantulin Nordlund

Handledare: Bodil Dahlman, SLU, institutionen för stad och land
Examinator: Anna Lundvall, SLU, institutionen för stad och land

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i landskapsarkitektur
Kurskod: EX1004
Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet - Uppsala
Kursansvarig inst.: Institutionen för stad och land
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2023
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: stadsträd, klimatanpassning, markförhållanden, strukturell jord, skelettjord, Stockholm, strukturella system, plastceller, växtceller, Milford

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för stad och land

Avdelningen för landskapsarkitektur

Förord

Detta är ett kandidatarbete på landskapsingenjörsprogrammet vid SLU Ultuna i Uppsala. Under utbildningen till landskapsingenjör har svårigheterna med att etablera träd i hårdgjorda ytor beskrivits och diskuterats. Den lösning som har presenterats har varit skelettjorden och då med fokus på Stockholms stads modell. Detta skapade en nyfikenhet till att undersöka om det finns fler sätt att skapa bra markförhållanden för träd i hårdgjorda ytor. Genom kontakt med företaget Milford fick jag vetskap om strukturella växtceller, vilka är vanligt förekommande i övriga Norden, men även Storbritannien och USA. Nya frågeställningar uppkom kring hållbarhet samt vikten av välmående träd i stadsmiljö. Men också svårigheten med att få dem att etableras och utvecklas i den hårdgjorda och kompakterade staden.

Jag vill tacka min handledare Bodil Dahlman, som stöttat och gett goda råd på vägen. Men även hela handledningsgruppen, som bidragit med kloka tankar och inspiration. Ett stort tack vill jag även ge till min familj, som stöttat mig på vägen och har fått mig att tro på mig själv.

Sammanfattning

Extrema väderförhållanden blir allt vanligare på grund av klimatförändringarna vilket leder till ökade risker för värmeböljor, skyfall och torka. Samtidigt växer världens städer och fler människor flyttar in till mer urbana miljöer. För att klara ett förändrat klimat behöver städerna anpassas. Naturbaserade lösningar, i form av plantering av stadsträd, kan användas för att öka städernas motståndskraft mot klimatförändringar. Träden bidrar med viktiga ekosystemtjänster som att reglera temperaturen, reducera föroreningshalterna och ta hand om dagvatten. Stadens miljö och klimat liknar dock inte det kringliggande landskapets. Hårdgjorda ytor och byggnader bidrar till ett varmare klimat och markytorna kompakteras och blir hårdgjorda vilket ökar avrinningen av vatten. Samtidigt fylls marken av underjordisk infrastruktur i form av ledningar och betongkonstruktioner. Dessa faktorer bidrar till stress och dålig tillväxt hos stadsträd då deras grundläggande behov av jord, syre och vatten inte tillgodoses. Lösningar har utvecklats under de senaste 20 åren, där fokus har legat på att skapa växtbäddar i den hårdgjorda staden. Konstruerade för att bibehålla god markstruktur utan kompaktering, där gasutbyte och vattentillförsel prioriteras, samtidigt som den hårdgjorda ytan kan belastas av trafik. Dessa växtbäddar ska ge träden goda förutsättningar för att växa och därmed bidra med alla de ekosystemtjänster som människan är beroende av. De stora skillnaderna är lösningarnas uppbyggnad och materialen de är konstruerade av. I Stockholm Stad utvecklas och används i stadsmiljö en strukturell jord uppbyggd av skärv, kallad skelettjord. Samtidigt har det i USA, Storbritannien, men även övriga Norden, utvecklats växtbäddar uppbyggda av strukturella system skapade av plastceller. Syftet med denna studie har varit att jämföra de två olika växtbäddssystemen utifrån hur de är uppbyggda och hur de skapar goda markförutsättningar för stadsträd samt om materialen är miljömässigt hållbara. Syftet har även varit att titta på skillnader i tillväxt och vitalitet hos stadsträd som är planterade i de två olika systemen. En dokumentstudie av respektive växtbäddssystem handböcker har gjorts samt en platsstudie av tillväxt och vitalitet hos träd som planterades i Stockholm Stad kring år 2013. Resultaten visar skillnader i konstruktion och material, men ingen större skillnad i tillväxt. Båda systemen förespråkar hållbarhet, men ur två olika perspektiv. I skelettjorden används närproducerat material med viss egen tillverkning medan företaget Milford fokuserar på återvinning av plast som i annat fall blivit avfall.

Nyckelord: stadsträd, klimatanpassning, markförhållanden, strukturell jord, skelettjord, Stockholm, strukturella system, plastceller, växtceller, Milford

Abstract

Extreme weather conditions are becoming more common due to climate change, leading to increased risks of heat waves, torrential rains, and droughts. At the same time, the world's cities are growing, and more people are moving into more urban environments. To cope with a changing climate, cities need to be adapted. Nature-based solutions, in the form of planting urban trees, can be used to increase cities' resilience to climate change. Trees contribute with important ecosystem services such as regulating the temperature, reducing pollution levels, and taking care of stormwater. However, the city's environment and climate are not like the surrounding landscape. Hardened surfaces and buildings contribute to a warmer climate and ground surfaces are compacted and become hardened, which increases the runoff of water. At the same time, the ground is filled with underground infrastructure in the form of pipes and concrete structures. These factors contribute to stress and poor growth in urban trees as their basic needs for soil, oxygen and water are not being met. Solutions have been developed over the past 20 years, where the focus has been on creating plant beds in the hardened city. The plant beds are designed to maintain good soil structure without compaction, where gas exchange and water supply are prioritized. All whilst the hardened surface can be loaded by traffic. Furthermore, they provide the trees good conditions to grow, thus contribute with all the ecosystem services that humans depend on. The biggest difference between solutions developed, is the choice of material used.. In Stockholm City, a structural soil made up of shards called skeletal soil is developed and used in the urban environment. At the same time, plant beds made up of structural systems created from plastic cells have been developed in the USA, Great Britain, but also in the rest of the Nordic countries. The purpose of this study has been to compare the two different plant bed systems based on how they are structured and how they create good soil conditions for urban trees, as well as whether the materials are environmentally sustainable. The purpose has also been to look at differences in growth and vitality of urban trees planted in the two different systems. A document study of the respective plant bed system's manuals has been done as well as a site study of the growth and vitality of trees that were planted in Stockholm City around the year 2013. The results show differences in construction and materials, but no major difference in growth. Both systems advocate sustainability, but from two different perspectives. In the skeletal soil, locally produced material is used with some in-house manufacturing, while the company Milford focuses on recycling plastic that would otherwise have become waste.

Keywords: urban trees, climate adaptation, soil conditions, structural soil, Stockholm, structural systems, soil cells, Milford.

Innehållsförteckning

1. Inledning	7
1.1 Syfte	8
1.1.1 Frågeställningar	8
2. Bakgrund	9
2.1 Trädens påverkan på stadsklimatet	9
2.2 Stadens påverkan på träd	10
2.3 Växtbäddar i hårdgjorda ytor	12
2.3.1 Tidigare forskning.....	12
3. Metod och material	14
3.1 Avgränsningar	15
4. Resultat	16
4.1 Jämförelse av växtbäddssystem	16
4.1.1 Utveckling och hållbarhet	16
4.1.2 Uppbyggnad och anläggning	18
4.1.3 Trädgropsuppbyggnad	20
4.1.4 Luftning- och bräddningsbrunn	21
5. Platsstudie Lidingövägen	22
5.1 Inventering av träd	23
5.1.1 Trädens position	23
5.1.2 Trädens vitalitet.....	25
5.1.3 Trädens storlek	25
5.1.4 Funktionella egenskaper	26
6. Diskussion	27
6.1 Växtbäddssystemens likheter och skillnader.....	27
6.2 Vitalitet och tillväxt hos träd.....	30
6.3 Klimatanpassning och hållbarhet	31
6.4 Metoddiskussion	33
6.5 Framtida studier	33
6.6 Slutord.....	34
Referenser	35
Bilaga 1	39

1. Inledning

Extremväder blir vanligare på grund av klimatförändringar, vilket höjer risken för extrema väderförhållanden som värmeböljor, skyfall eller vattenbrist (Boverket 2022). Samtidigt växer världens städer och fler människor flyttar till urbana miljöer (Douglas & James 2015). För att skapa städer där människor kan leva och trivas behöver den urbana miljön växa i samspel med den naturliga miljön (Douglas & James 2015). Klimatförändringarna blir en drivkraft för städer att utvecklas, bli mer hållbara och bättre anpassade för att klara ett förändrat klimat (Boverket 2022). Naturbaserade lösningar med exempelvis plantering av fler stadsträd och grönska kan användas för att öka städernas motståndskraft mot klimatförändringarna (Boverket 2022).

I spåren av ett förändrat klimat antogs Agenda 2030 för hållbar utveckling den 25 september 2015 med världens stats- och regeringschefer i FN. Agenda 2030 är en handlingsplan, med tillhörande 17 globala mål, för en omställning mot ett hållbart samhälle (Regeringskansliet 2016a). I mål 11 beskrivs att städer behöver minska sin negativa klimatpåverkan, anpassas till framtidens klimatförändringar och öka sin motståndskraft mot naturkatastrofer. Städer behöver även skapa tillgänglig grönska för alla invånare och hantera dålig luftkvalitet (Regeringskansliet 2016b).

Träden i staden försöker anpassa sig till sin livsmiljö (Sjöman et al. 2015). I takt med att städerna växer blir dock ytskikten hårdgjorda, marken mer kompakterad samt full av underjordisk infrastruktur och konstruktioner, vilket leder till problem (Sjöman et al. 2015). I sin jakt på vatten och näring, spränger trädens rötter ytbeläggningar som asfalt och gatsten och letar sig in i ledningar och rör under mark (Sjöman et al. 2015). Där kan det orsaka stora problem om de täpper till avlopp- och dräneringsledningar (Alvem & Embrén (2017). Träd utsätts för stressfaktorer var de än befinner sig, men den moderna staden har bidragit till en extra hård livsmiljö, vilket påverkar deras livskapacitet och vitalitet (Sjöman et al. 2015). Stadens hårdgjorda och kompakterade miljö ökar riskerna för stress hos träd genom vattenbrist, syrefattiga markförhållanden, näringsbrister samt påverkan av föroreningar (Sjöman et al. 2015).

Enligt Mullaney et al. (2015) och Grabosky och Bassuk (2016) blir det en utmaning att plantera träd i stadsmiljö och därefter få dem att överleva och få

optimal tillväxt. Detta på grund av att den hårdgjorda och kompakterade marken ofta är ogenomtränglig och träden får inte sina behov av jordvolym, vatten och näring tillgodosedda. I stället skapar de hårdgjorda ytorna en snabb avrinning av vatten utan naturlig infiltrering (Stahre 2004). Vid kraftig nederbörd leder detta ofta till överbelastning i avloppssystem, då dagvattnet leds ner i brunnar vidare under mark utan att gynna växtligheten på plats (Stahre (2004). Grey et al. (2018) beskriver konstruerade växtbäddar för träd i stadsmiljö som en lösning. Både för att minska avrinningen av dagvatten och för att skapa bra markförhållanden för stadsträd. Dessa växtbäddar ger bättre förutsättningar för bra etablering och stor krontäckning av stadsträd (Grey et al. 2018), vilket i sin tur stärker de ekosystemtjänster som träden bidrar med (Boverket 2022). En förutsättning för att stadsmiljön ska kunna fungera som en bra livsmiljö för människan i framtiden (Naturvårdsverket 2017).

1.1 Syfte

Syftet med arbetet är att jämföra två olika växtbäddssystem. Stockholm Stads skelettjord, samt ett system från företaget Milford med celler i polypropenplast. Syftet är att jämföra hur de två olika systemen är uppbyggda och på vilket sätt detta bidrar till goda tillväxtförhållanden för träd i stadsmiljö, samt om materialen de är uppbyggda av är miljömässigt hållbara. Syftet är även att titta på om det finns någon skillnad i tillväxt och vitalitet hos träd i gatumiljö planterade i de olika systemen.

1.1.1 Frågeställningar

Vilka likheter och skillnader finns mellan skelettjorden utifrån Stockholms Stads modell samt de strukturella växtbäddssystemen från Milford med plastceller ur ett material- och konstruktionsperspektiv, men även utifrån hållbarhet?

Hur påverkas tillväxt och vitalitet hos träd som är planterade i de olika systemen?

2. Bakgrund

I detta kapitel beskrivs trädens påverkan på stadsklimatet och hur stadens miljö i sin tur påverkar träden. Här återges tidigare forskning och teori kring växtbäddar i hårdgjorda miljöer.

2.1 Trädens påverkan på stadsklimatet

Väl etablerad växtlighet i städerna ger stabilare och starkare ekosystemtjänster. Däribland stödjande tjänster som att reglera temperaturen, bromsa vinden, ta hand om dagvatten och binda koldioxid (Naturvårdsverket 2017 och Sjöman et al. 2015). Ett träd som växer och ökat en kubikmeter i volym har använt sig av ungefär ett ton koldioxid och i samma process skapat 700 kilo syre (Tell 2018). Grönskan är även viktig för människans rekreation och välbefinnande (Naturvårdsverket 2017) samt som landskapsförbindelser för stadens växter och djur (Mullaney et al. 2015). Träd i stadsmiljö samlar även upp föroreningar och partiklar från fordonstrafiken som kommer från exempelvis bildäck och markbeläggningar (Tell 2018). Ett medelstort lövträd kan under ett år fånga in ungefär nio kilo partiklar (Tell 2008). Enligt Grabosky och Bassuk (2016) blir den totala krontäckningen i staden viktig med tanke på alla de ekosystemtjänster man vill att träden ska kunna tillhandahålla. Krontäckning är en parameter som används för att mäta ett områdes klimatutjämnande effekt, det vill säga områdets förmåga att lagra kol och reglera klimatet lokalt (Stockholm Stad 2022). Krontäckningen påverkas av markens förmåga att infiltrera vatten (Konarska 2015), så en viktig funktion hos träden är att rötterna i sitt växande skapar en porös markprofil där vatten lättare kan infiltrera (Armson et al. 2013). I en studie från England gjordes en jämförelse av dagvattenavrinning från ett område med asfalt och träd, samt ett område med endast asfalt. Denna studie visade att asfalterade ytor där det även växer träd har cirka 60 procent mindre avrinning av dagvatten jämfört med asfalterade ytor utan växtlighet (Armson et al. 2013).

Träd använder vatten för att kyla ner sina blad under varma perioder (Sjöman et al. 2015). Detta sker genom transpiration, då träd använder värmeenergin från solen till att omvandla flytande vatten till vattenånga som stiger upp i atmosfären och skapar en kylande effekt runt trädet (Sjöman et al. 2015). Ett stort träd har en

transpiration på ungefär 400 liter vatten på en dag (Pauleit 2008 se Boverket 2010). Detta blir en viktig bidragande ekosystemtjänst då städer har en lufttemperatur som i genomsnitt är högre än landskapet runt omkring. Ett fenomen som kallas ”urban heat island” (Doick et al. 2014) eller på svenska värme-ö-effekten (Boverket 2022). Orsaken är stadens fordon, byggnader och människor som avger spillvärme, samt att städernas byggnader har en hög kapacitet att lagra värme från solen (Boverket 2022). Denna värmelagring, tillsammans med den låga infiltrationskapaciteten på grund av hårdgjorda ytor, skapar städer med högre temperaturer och lägre fuktighet jämfört med kringliggande landskap. Den hårdgjorda staden skapar ett eget mikroklimat och är mer sårbar för temperaturskillnader, nederbörd och vind (Boverket 2010). Stadsgrönska kan bidra med att sänka temperaturen, då dessa områden reflekterar undan värmen från solen och därmed skapar ett mer stabilt stadsklimat (Boverket 2022). Grönområden är även svalare under natten jämfört med de mer hårdgjorda ytorna. Denna temperaturskillnad skapar olika lufttryck som ger upphov till en svag vind som kyler ner kringliggande stadsområden samtidigt som vinden även spär ut föroreningshalten i luften (Boverket 2010). Varmare temperaturer kommer bli vanligare i framtiden på grund av klimatförändringarna, vilket kan leda till ökade värmerelaterade dödsfall bland människor i städerna (Doick et al. 2014).

2.2 Stadens påverkan på träd

Som redan nämnt skapar städerna med sina hårdgjorda ytskikt och kompakterade markprofil problem för stadsträd (Sjöman et al. 2015), och det blir en utmaning att få träd att överleva och växa med full livskapacitet och vitalitet (Mullaney et al. 2015; Grabosky & Bassuk 2016). Då den hårdgjorda och kompakterade marken ofta är ogenomtränglig får träden inte sina behov av jordvolym, vatten och näring tillgodosedda. Detta ger en negativ påverkan på träden då den översta metern av jordlagret är den plats där växternas rötter till största delen växer och tar upp vatten och näring (Blombäck et al. 2020). När rötterna växer behöver de syre. Samtidigt bildas koldioxid som måste lämna marken, då för höga halter koldioxid blir skadligt för växterna. Denna gastransport kräver en viss volym av luftfyllda porer för att fungera (Blombäck et al 2020).

Stressfaktorer hos träd delas in i biotiska faktorer samt abiotiska faktorer. Biotiska faktorer syftar på konkurrens från andra växter eller skadedjur, sjukdomar samt skador från djur och människor. Abiotiska faktorer är fysisk påverkan från markegenskaper eller väderförhållanden som extrema temperaturer, vind, torra och översvämning med efterföljande syrefattiga markförhållanden. Men även kemisk påverkan från föroreningar, pH-värden, vägsalter och näringsbrister (Sjöman et al. 2015).

Vattenbrist

Stress på grund av vattenbrist uppstår då den hårdgjorda ytan och den kompakterade marken förhindrar att nederbörd infiltrerar och når trädens rötter (Mullaney et al. 2015). Utan vatten fungerar inte trädens transporter av socker och mineraler, vilket påverkar fotosyntesen. Det bidrar även till att transpirationen från bladens klyvöppningar minskar eller upphör helt. Transpirationen är en stor orsak till vattenförlust hos träden och genom att stänga klyvöppningarna minskar vattenförlusten. Vid vattenbrist bildas även ett ABA-hormon i trädens rötter som vid långvarig vattenbrist kommer påverka trädets nybildande av skottdelar på trädkronan. Nya blad som bildas blir mindre för att inte förbruka för stora mängder vatten. Trädet prioriterar i stället fortsatt rottillväxt för att kunna finna mer vatten. Vid fortsatt vattenbrist blir träden tvungna att minska sin totala bladytta, vilket syns genom att bladen ramlar av eller torkar. I värsta fall kan hela grenpartier torka bort (Sjöman et al. 2015).

Syrefattiga markförhållanden

Syre i marken är avgörande för trädens utveckling och överlevnad. Den vanligaste orsaken till syrebrist är översvämning, vilket leder till att marken blir vattenmättad (Sjöman et al. 2015). Olika arter av träd reagerar olika mycket på vattenmättade markförhållanden men de flesta träd är ändå känsliga för detta tillstånd. Rötterna dör i syrefattiga förhållanden, vilket leder till att träden inte kan ta upp tillräckligt med näring och vatten till trädkronans lövverk. Även förankringen i marken försämras, vilket gör dem känsliga för vind. Precis som vid torka blir reaktionen här att bladen blir mindre, torkar in eller helt ramlar av (Sjöman et al. 2015).

Näringsbrister och föroreningar

Näringsbrister i marken och föroreningar som finns i stadsmiljö, från trafik och industri, påverkar även detta trädens förmåga till utveckling av bladmassa och fotosyntes (Sjöman et al. 2015). Dock är skillnaden i tolerans mot föroreningar stor mellan olika arter och är viktigt att tänka på vid val av träd i stadsmiljö (Sjöman et al. 2015). Enligt Björn Embrén (Lüning 2021) har även saltanvändning i staden en stor negativ påverkan på växtligheten. Salt används i stora mängder under vinterhalvåret för att förhindra halkolyckor. Saltet leder till att marken kompakteras och trädens rötter blir mer torkkänsliga (Lüning 2021). Det beror på att saltet binds till markpartiklarna och får marken att expandera, vilket leder till minskad porvolym (Tvedt et al. 2001 se Sirensjö 2014). Ett tecken på att träden har tagit skada av saltet är att deras blad under växtsäsongen torkar in och blir bruna i kanterna (Lüning 2021). Enligt Alvem och Embrén (2017) är lerjordar extra känsliga för salt, då saltet leder till att lerpartiklarna kompakteras.

2.3 Växtbäddar i hårdgjorda ytor

Växtbäddar för träd i stadsmiljö beskrivs som en lösning för att skapa bra markförhållanden, få en bra etablering och stor krontäckning av stadsträd (Grey et al. 2018). Det leder vidare till träd med god kapacitet att bidra med viktiga ekosystemtjänster som att fördröja dagvatten, fånga upp föroreningar och binda kol (Deak Sjöman & Östberg 2020), samt reglera temperaturen och bromsa vinden (Naturvårdsverket 2017; Sjöman et al. 2015). Att konstruera fungerande växtmiljöer i tätbebyggda områden där växters krav tillgodoses är dock en utmaning (Blombäck et al. 2020). Grey et al. (2018) och Blombäck et al. (2020) framhåller vikten av att växtbäddar konstrueras så att vatten ej blir stående vid trädens rötter under längre tid, vilket skulle leda till syrebrist och dålig tillväxt. En annan viktig faktor är att det översta lagret innehåller någon form av organiskt material som ger näring till växterna (Blombäck et al. 2020), samt att träden har möjlighet till stabil förankring i växtbädden. Denna förankring påverkas av hur tung jorden i växtbädden är samt hur bra rötterna kan bre ut sig och då speciellt på djupet (Blombäck et al 2020).

2.3.1 Tidigare forskning

James Urban, landskapsarkitekt från Amerika, har arbetat med stadsträd sedan 1970-talet och specialiserat sig på urban trädplantering, jordar och dagvattenhantering (Urban u.å.). Han beskriver två olika tillvägagångssätt för att skapa goda markförhållanden och öka rotutrymmet för träd i stadsmiljö (Urban 2017). Dessa delas upp i två huvudvarianter. Den ena är strukturella jordar, som utformas så att de klarar kompaktering med bibehållen porstorlek. Den andra är strukturella system byggda av element eller celler som kapslar in jorden och förhindrar kompaktering (Urban 2017). Växtbäddsystemens gemensamma fokus är att skapa en markstruktur där träden kan växa under den hårdgjorda ytan samtidigt som området kan användas för trafik. Urban (2017) trycker på vikten av jordens egenskaper vid plantering av träd i hårdgjorda ytor. En jord med hög vattenhållande förmåga, minskar risken för att jorden torkar ut. Vid anläggning är det viktigt att fokusera på jordens profil genom växtbädden, markens struktur, textur, densitet och kemiska egenskaper och hur marken dräneras. Dessa egenskaper blir viktiga då det påverkar trädens tillväxt (Urban 2017). I genomgång av olika tillvägagångssätt för att få bra etablering hos stadsträd, beskriver Urban både Stockholm stads skelettjord och strukturella celler (Urban 2017).

Strukturella jordar

Stockholm Stads skelettjord för träd i hårdgjorda ytor är en variant av strukturella jordar. Denna metod har utvecklats över tid och består av större makadam, kallad

skärv, som fylls med växtjord eller näringsberikad biokol (Alvem & Embrén 2017). Enligt Urban (2017) är det kritiska momentet vid anläggning av skelettjord att få ner växtjorden jämnt mellan de packade stenarna. Urban (2017) framhåller dock Stockholm Stads skelettjord som en mer framgångsrik modell. Den skiljer sig från andra strukturella jordar använda i till exempel Storbritannien, vilka består av mindre makadamfraktioner i skelettuppbyggnaden. Dock vill Urban (2017) påvisa att det behövs mer forskning för att förstå varför den svenska modellen är mer framgångsrik med fokus på tillväxt och vitalitet hos stadsträd.

Strukturella system

Företaget Milford konstruerar växtbäddar för träd i hårdgjorda ytor med celler, så kallade strukturella system, gjorda av plast i polypropen. Dessa fylls med växtjord anpassad för ståndort och trädart. Det finns två varianter av växtceller hos Milford som heter RootSpace samt StrataCeller, båda, med samma funktion men med olika utseende och storlek (Milford 2021). Enligt Urban (2017) är det en utmaning vid anläggning av växtbäddar bestående av specifikt StrataCeller att få ner samma mängd jord i alla celler och få den komprimerad till önskad densitet. Denna svårighet uppstår på grund av att växtbädden är uppbyggd av celler som är staplade på varandra, vilket ökar svårigheten att få ner en jämn jordvolym i alla celler (Urban 2017).

Urban (2017) beskriver mätning av trädens tillväxt som en viktig metod för att utvärdera olika konstruerade markalternativ, men påpekar samtidigt andra viktiga faktorer som behöver tas i beaktande. Exempelvis hur befintliga jordar runtomkring växtbädden påverkar trädens rötter, om den kan erbjuda rotutrymme som träden kan utnyttja. Hur sker vattentillförseln till växtbädden och hur är jordens förmåga att hålla vatten. Vid val av växtbäddsmetod beskriver även Urban (2017) att konstruktionens flexibilitet behöver tas med i beräkningen, om det exempelvis finns möjlighet att konstruera den runt befintlig underjordisk infrastruktur (Urban 2017).

3. Metod och material

I studien jämför jag två olika växtbäddssystem. Systemen är valda utifrån deras skillnader i uppbyggnad, men där båda systemen bygger på liknande principer. Båda har egna handböcker med information om träd i hårdgjorda ytor och de problem som kan uppstå, samt visar detaljerade instruktioner kring material och uppbyggnad. En viktig orsak till att växtbäddssystemet från just Milford valdes var för att jag genom mejl och intervju med landskapsingenjör på Milford fick information om växtbäddar byggda på Lidingövägen vid Norra länken i Stockholm, vilket gav möjlighet till jämförelse på plats. Växtbäddarna anlades runt år 2013 och består av både växtbäddar med celler, så kallade StrataCeller, samt växtbäddar byggda enligt Stockholm Stads skelettjordsmodell.

Dokumentstudie gjordes av respektive växtbäddssystemets handböcker. Fokus var att jämföra hur de två systemen är uppbyggda och av vilka material. För att kunna studera de olika växtbäddssystemen och deras konstruktionsmaterial ur ett hållbarhetsperspektiv hämtades även information från företaget Milfords hemsida, då detta inte fanns beskrivet i deras handbok.

En semistrukturerad intervju gjordes med landskapsingenjör Therese Tiger på företaget Milford som har erfarenhet av och kunskap kring strukturella växtbäddssystem. Detta gjordes för att få en djupare förståelse och kunskap om strukturella växtbäddar då dessa var okända för mig sedan tidigare. En semistrukturerad intervju valdes då nya följdfrågor antogs uppkomma under intervjun. Tanken från början var även att genomföra en semistrukturerad intervju med någon på Stockholm Stad som har kunskap kring skelettjordar, men tyvärr fick jag inte kontakt med någon i tid som kunde medverka. Dock fick jag i slutet av arbetet mailkontakt med trädspécialist Örjan Stål som bidrog med egna kunskaper och tankar, något jag tagit med i diskussionen.

Intervjun förbereddes genom att frågorna mejlades ut två dagar innan. Detta för att hon skulle ha möjlighet att ta reda på mer information och kunna svara på frågorna så korrekt som möjligt. Frågorna till intervjun besvarades både skriftligt och muntligt och diskussion skedde kring de olika frågorna.

En platsstudie genomfördes den 26 februari 2023, vid Norra länken i Stockholm på Lidingövägen vid avfarten mot Värtahamnen. Detta gjordes för att kunna titta på tillväxt och vitalitet hos träd som är planterade i de olika växtbäddssystemen, på en liknande plats och i samma klimat. Försök har gjorts att få tag i kartor, ritningar och information om växtbäddarna och träden, genom mailkontakt med kart- och geodataservice på Stadsbyggnadskontoret och Trafikkontoret i Stockholm Stad. Men några ritningar av platsen eller information om trädart har inte kunnat hittats.

Vid platsbesöket inventerades träd på platsen. Dessa var enligt information från Milford av samma art i de båda växtbäddssystemen, vilket gjorde att en jämförelse i tillväxt kunde göras för de olika växtbäddarna. Träden på platsen inventerades utifrån parametrar hämtade från Östberg och Rowicki (2022) ”Standard för trädinventering i urban miljö”. Utifrån de värden som var intressanta för studien valdes parametrar med relevans. I denna inventering låg fokus på trädets tillväxt och vitalitet samt funktionella egenskaper som de ekosystemtjänster träden bidrar med på platsen. Detta fokus valdes då träd i stadsmiljö har en viktig funktion till att bidra med ekosystemtjänster som behövs för att staden ska vara en bra livsmiljö för människan. Beskrivande inventeringsparametrar valdes ut som gav grundläggande information om trädets art, växtplats, storlek, samt trädets vitalitet. Vitaliteten bedömdes visuellt på plats, med fokus på stam- eller grenskador, förekomst av döda grenar samt skotttillväxt. Inventeringen genomfördes med måttband och en app som heter Arboreal. Med Arboreal kan man mäta trädets totala höjd, genom att markera trädets bas och topp med mobilen.

3.1 Avgränsningar

Jämförelsen av trädets tillväxt och vitalitet skedde under februari månad. Eftersom inventeringen gjordes under vinterhalvåret har jag inte kunnat titta på lövverkets täthet, storlek eller eventuella skador som exempelvis bruna intorkade kanter. Inventering har skett av vinterkvist utifrån visuell bedömning av kvistar, knoppar och skotttillväxt.

Detta arbete fokuserar inte på dagvattenavrinning och hur växtbäddarna tar hand om dagvatten. Fokus ligger på uppbyggnad av växtbäddar i hårdgjord miljö, markegenskaper, och hur dessa kan bidra till god tillväxt hos träd, som i sin tur bidrar med ekosystemtjänster i stadsmiljön.

4. Resultat

Resultatet av mina studier är uppdelade i kapitel fyra och fem. I kapitel fyra återges resultatet av dokumentstudien, med jämförelse av hur de två olika växtbäddssystemen är uppbyggda, hur systemen anges bidra till goda tillväxtförhållanden, samt om materialerna de är uppbyggda av är miljömässigt hållbara. I kapitel fem beskrivs resultatet från platstudien på Lidingövägen. Där jag inventerat och dokumenterat tillväxt och vitalitet hos träd som är planterade i de två olika växtbäddssystemen i en och samma gatumiljö.

4.1 Jämförelse av växtbäddssystem

Både Alvem och Embrén (2017) och Milford (2021) beskriver trädens svårigheter med att växa i den urbana miljön. Där hårdgjorda ytor, kompakterade marköverbyggnader och konkurrens från infrastruktur under mark skapar växtplatser med dåligt gasutbyte och liten växttillgänglig jordvolym. Alvem och Embrén (2017) samt Milford (2021) nämner även trädens brist på vatten och hur dagvatten i urbana områden ofta leds bort via ledningssystem utan att gynna växtligheten på plats. Båda beskriver dagvatten som en resurs för gatuträd i staden som bör tas tillvara för att få god tillväxt och vitalitet hos stadsträd. Samtidigt beskriver båda vikten av att växtbädden har god dränering så att vatten ej blir stående i växtbädden.

4.1.1 Utveckling och hållbarhet

Skelettjord från Stockholm Stad

Skelettjorden som används i Stockholm Stad har utvecklats över de senaste 20 åren (Alvem & Embrén 2017). Det började med en trädinventering under tidigt 2000-tal då Trafikkontoret uppmärksammade att träden i staden inte mår bra. Inspiration har hämtats från övriga Europa och lett fram till en skelettjord av större skärv, på 90/150 millimeter, med inbyggda luftiga bärlager och luftningsbrunnar. Det läggs stort fokus på att gasutbyte och tillförsel av dagvatten ska fungera för att tillgodose trädens behov, samtidigt som skelettjorden ska ha god bärighet för trafik (Alvem och Embrén 2017). Något som Stockholm Stad

även använder i sina växtbäddar är biokol, organiskt material som hettas upp under syrefria förhållanden. Biokolen innehåller i sig själv ingen näring, men materialet har god förmåga att suga upp och hålla tillsatt näring och vatten, vilket gör att den i växtbädden blir en bra jordförbättrare. Ogödslad biokol används även som ett filter i botten på växtbädden där dess syfte är att rena dagvatten från eventuella föroreningar och tungmetaller(Alvem & Embrén 2017).

Utifrån ett hållbarhetsperspektiv är det enligt Alvem och Embrén (2017) viktigt att materialen som används i växtbäddarna, i den mån det går, är förnyelsebara och producerade lokalt. Den makadam som används till växtbäddarna i Stockholm Stad kommer ofta ifrån lokala infrastrukturprojekt i och runt Stockholm. Biokolen som används produceras även lokalt av trädgårdsavfall och ska vara certifierad enligt European Biochar Certificate (EBC) eller ha egenskaper som motsvarar dessa kriterier. Syftet att använda just biokol är enligt Alvem och Embrén (2017) att den bryts ner mycket långsamt och kan gynna växtbädden under lång tid, vilket gör växtbäddarna mer hållbara.

Strukturella celler från Milford

Idén om stödjande celler började även den växa fram i början på 2000-talet, utifrån att man såg svårigheter med att etablera träd i stadsmiljö (GreenBlue Urban 2020). Cellerna håller upp den hårdgjorda markytan samtidigt som jorden i dessa inte kompakteras och trädens rötter kan växa. Med tiden utvecklades system som StrataCeller och RootSpace som används av Milford idag. Ett problem för stadsträd som Milford (2021) beskriver är användningen av salt som halkbekämpning under vinterhalvåret. Deras lösning är växtbäddar med stor rotvolym, växtjord som bättre kan hantera salt, samt kontinuerlig vattentillförsel vilket håller saltkoncentrationen låg. Milford (2021) har även utformat slusskonstruktioner och insatser till dagvattenbrunnar där vatten under vinterhalvåret kan ledas undan från växtbädden för att minska saltets skadande påverkan på växter och markstruktur.

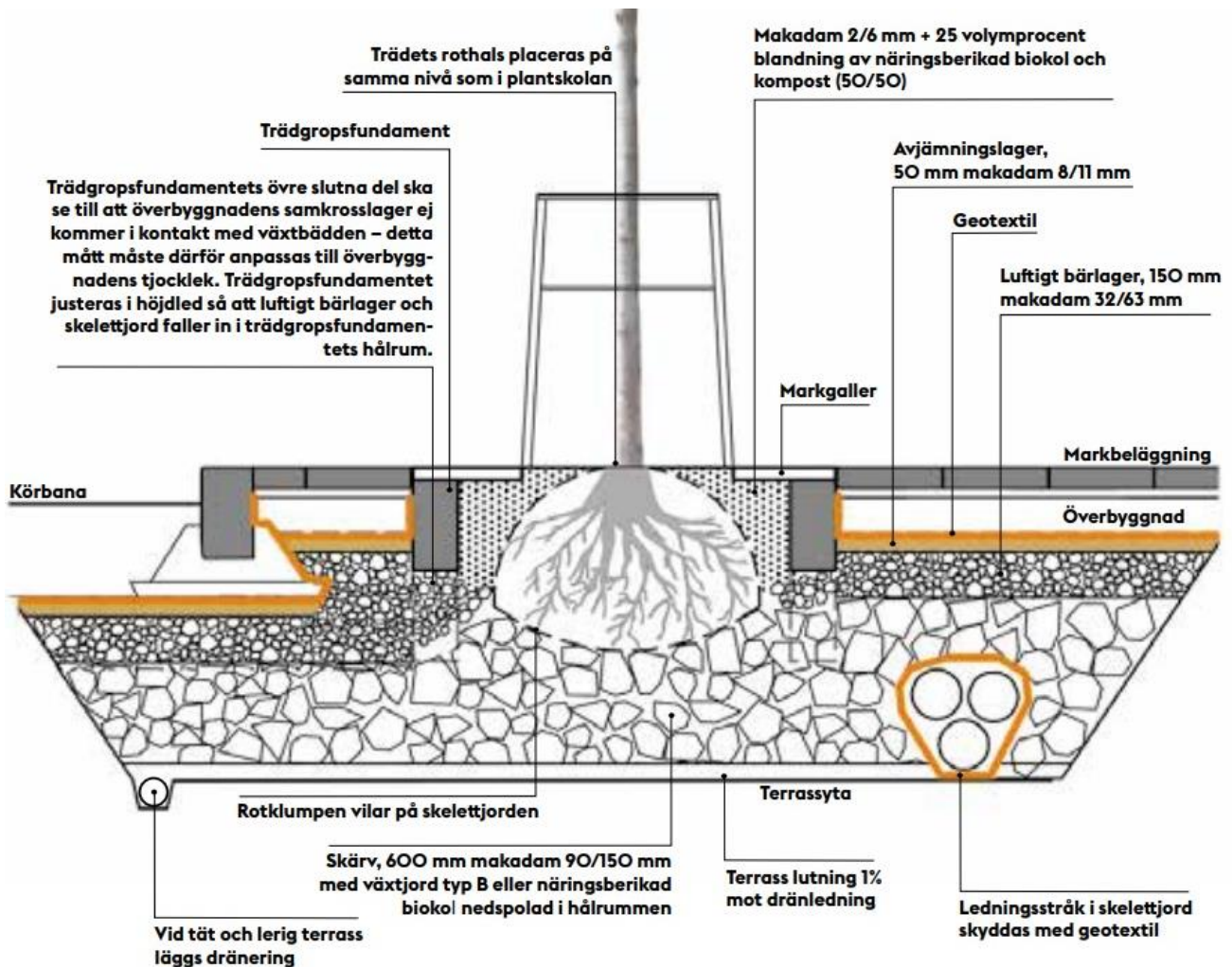
Milfords celler till växtbäddar är konstruerade av återvunnen polypropenplast (Milford 2021). I ett samarbete med Letbak, ett företag i Danmark, arbetar de med att återanvända slängda plastprodukter (Milford u.å.b). De beskriver ett cirkulärt system, med plastprodukter producerade av redan befintlig plast. Produkterna ska hålla länge, delar ska kunna bytas ut om något går sönder och produkten ska bestå av så få olika material som möjligt för att förenkla framtida återanvändning. Enligt Tiger¹ produceras Milfords växtceller i Storbritannien.

¹ Therese Tiger, landskapsingenjör på Milford, intervju på Teams, 2023-02-15

4.1.2 Uppbyggnad och anläggning

Skelettjord från Stockholm Stad

I Figur 1 kan man se exempel på uppbyggnad av skelettjord utifrån en princip för skelettjord från Stockholm Stad (Alvem & Embrén 2017:16).



Figur 1, Princip för skelettjord utifrån Stockholm stads modell (Alvem & Embrén 2017:16).

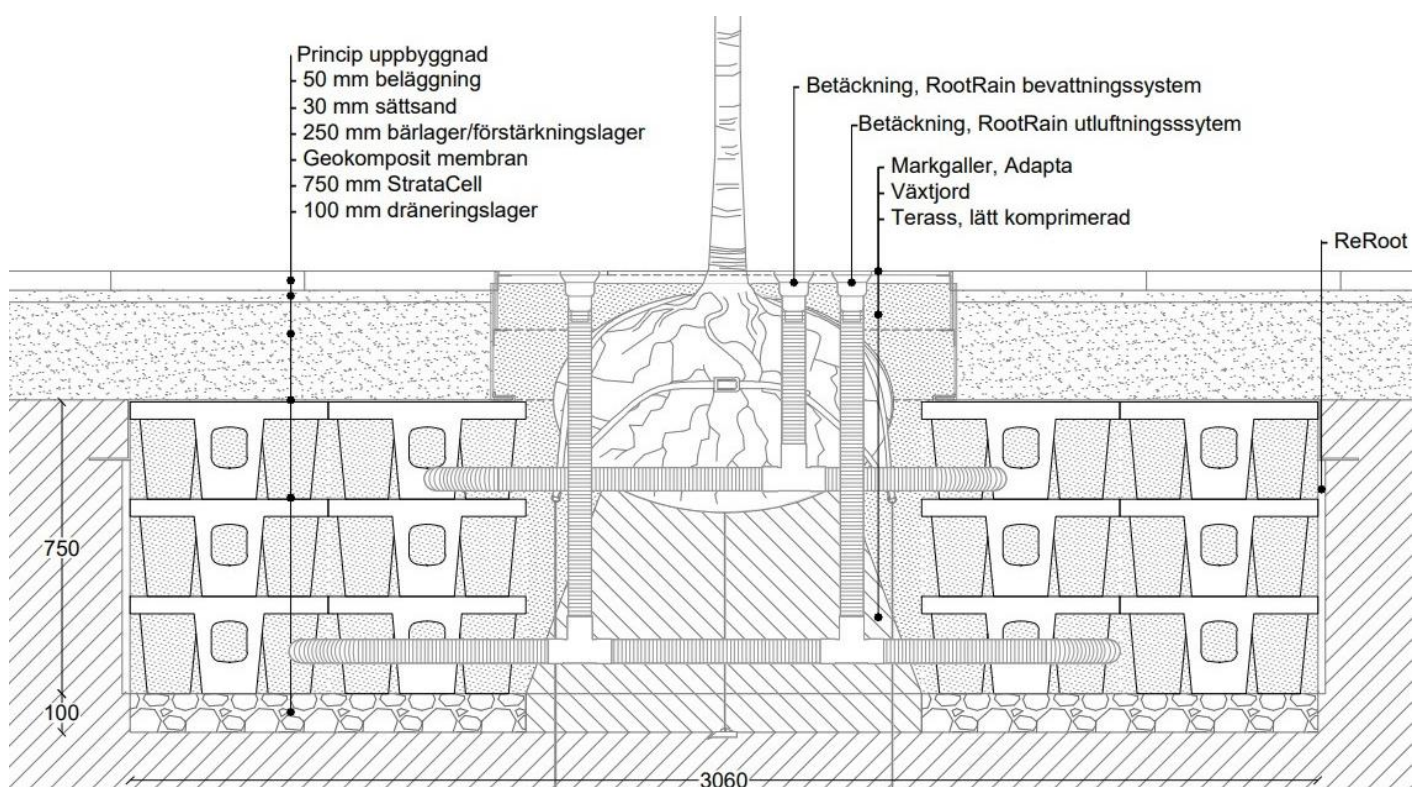
Växtbädden konstrueras med ett bottenlager av ett 50 millimeter tunt skikt ogödslad biokol, som har till uppgift att rena dagvatten. Den bärande strukturen i växtbädden består av ett cirka 600 millimeter tjockt lager skärv, en typ av makadam i fraktionen 90/150 millimeter. Denna uppbyggnad får en porositet på cirka 30%, som ska ge plats för luft, vatten, växtsubstrat och trädens rötter (Alvem & Embrén 2017). På skärven läggs ett 150 millimeter luftigt bärlager av makadam, 32/63 millimeter, samt ett 50 millimeter avjämningslager med makadam, 8/11 millimeter. Högst upp i växtbäddskonstruktionen läggs en

geotextil som förhindrar att överbyggnaden från den hårdgjorda ytan blandar sig med skelettjorden, vilket kan leda till igensättning av hålrummen (Alvem & Embrén 2017).

Utifrån Stockholm stads modell fylls hålrummen i växtbädden med växtjord eller näringsberikad biokol (Alvem & Embrén 2017). Biokolen används då den ökar växtbäddens vatten- och näringshållande egenskaper. Mullhalten bör vara lägre än 2 vikt% och lerhalten ca 4–8 vikt%. Viktigt att jorden är homogen, utan packade lager eller större skillnader mellan olika kornstorlekar. Skelettjorden byggs upp i omgångar. Ett lager skärv packas och växtjord med en tjocklek på cirka 2 centimeter spolas ner med vatten. Proceduren upprepas tills att hela växtbädden är fylld. För att det ska vara möjligt att spola ner jorden behöver den ha en låg halt av ler och organiskt material (Alvem & Embrén 2017).

Strukturella celler från Milford

Figur 2 visar exempelritning på växtbädd uppbyggd med tre lager av plastceller av typen StrataCells, vilka användes vid anläggningen på Lidingövägen.



Figur 2, Exempelritning av växtbädd med StrataCells (Milford 2021:40).

Utifrån Milfords modell på växtbädd fylls botten av cirka 100 millimeter med dränerande makadam (Milford 2021). Den bärande strukturen består av hopbyggda plastceller. Totala tjockleken på celluppbyggnaden varierar beroende av variant och antal staplade celler. Denna uppbyggnad får en porositet på cirka 94%, som ska ge plats för luft, vatten, växtsubstrat och trädens rötter. Högst upp på växtbäddskonstruktionen läggs ett geokompositmembran, bestående av icke vävd geotextil med vulkaniserad polypropenförstärkning (Milford u.å.a). Den förhindrar att kringliggande beläggning och överbyggnad sjunker ner och stör planteringsjorden i växtcellerna (Milford 2021).

Hålrummen i växtbädden fylls med växtjord anpassad efter varje enskilt projekt (Milford 2021). Grunden är dock att mullhalten begränsas till 1–2 vikt% och ler- och silthalten inte överstiger 10 vikt%, då det ökar risken för kompaktering. Växtjorden innehåller vanligtvis lika andel av grov- och finsand, cirka 40–45 vikt%, men ska växtbädden användas för dagvattenhantering ökas mängden grovsand. Det viktigt är att jorden är homogen, utan packade lager eller större skillnader mellan olika kornstorlekar. Anläggningen beskrivs som så kallad ”torr anläggning”. Detta betyder att allt material måste vara torrt och skyddas från väta. Växtjorden siktas genom ett såll på 10 millimeter för att installationen i växtbäddarna ska gå lättare. Sedan fylls plastcellerna med jord i ett svep, då alla celler är installerade. Jorden vibreras ner i hålrummen med en vibrationsplatta som körs över växtcellerna (Milford 2021).

4.1.3 Trädgropsuppbyggnad

Skelettjord från Stockholm Stad

I skelettjorden stabiliseras trädgropen med ett trädgropsfundament, av prefabricerade betong eller konstruerad på plats med exempelvis kantstöd (Alvem & Embrén 2017). Trädgropsfundamentet placeras på skelettjorden och skärven ska falla in i dess öppningar för att stabiliseras i marken och förhindra senare sättningar. Ett prefabricerat fundament har innermått på 1200x1200 millimeter och ska ge rotklumpen stöd samt hålla växtjorden runt trädet på plats. Denna täcks med markgaller eller fylls med ett dränerande topplager av makadam. Trädets rotklump placeras på den stabila skelettjorden vilket förhindrar att den sjunker. Växtjorden i trädgropen består av makadam, 2/6 millimeter, blandat med en 15–25 volym% blandning av näringsberikad biokol och kompost (50/50 blandning). Det översta lagret på 400 millimeter, ska vid plantering av träd ha en mullhalt på 5–8 vikt%. Under 400 mm ska mullhalten vara mindre än 2 vikt%. Trädstöd och stamskydd monteras i trädgropen (Alvem & Embrén 2017).

Strukturella celler från Milford

I växtbädden av plastceller varierar storleken på trädgropen utifrån trädets storlek och rotklump, men vanlig storlek är 1–1,5 meter i diameter (Milford 2021). Trädgropen konstrueras genom att det lämnas öppet mellan cellerna. Terrassen under rotklumpen kompakteras lätt för att förhindra att trädet sjunker. Växtjorden närmast trädet består av näringsrik växtjord där andelen vikt% av olika kornstorlekar och mull varierar beroende på trädart, samt om växtbädden ska ta hand om dagvatten eller inte. Vid dagvattenhantering ökas andelen grovsand, samt att mull- och lerhalt är lägre för att dagvatten ska kunna infiltrera ner i växtbädden snabbare. Träden förankras med ett underjordiskt förankringssystem. Detta består av tre jordankare med sele och spännband som håller fast trädets rotklump i marken (Milford 2021).

4.1.4 Luftning- och bräddningsbrunn

Skelettjord från Stockholm Stad

Vid anläggning av skelettjordar placeras luftningsbrunnar i gatans lågpunkter. Brunnarna är perforerade (öppna) mot det luftiga bärlagret av makadam, samt i botten (Alvem & Embrén 2017). Där transporteras dagvatten till trädens rötter, men där sker även gasutbytet mellan syre och koldioxid. Det ska finnas en luftningsbrunn, med en volym på 60 liter, per träd. Viktigt är att luftningsbrunnen placeras på ett tillräckligt avstånd från träden för att förhindra att rötter tränger in i brunnen. För bättre intag av dagvatten kan även sidointag i eventuell kantsten kopplas ihop med luftningsbrunnen. Borttransport av dagvatten sker genom dräneringsrör i botten på växtbädden och ut till luftningsbrunn (Alvem & Embrén 2017).

Strukturella celler från Milford

Milford (2021) har olika lösningar för luftning och bevattning som skiljer sig efter behov. RootRain är ett grundsystem bestående av dräneringsrör på 60 millimeter i diameter som installeras runt rotklumpen och i det översta lagret av växtcellerna. Vid planerad dagvattenhantering används vattenmagasin kallade Aqua Airbox, som placeras uppe på växtcellerna. Dessa rymmer 44 liter vatten per enhet och samlar in dagvatten och bevattnar träden över tid. Bräddningsbrunn kopplas till dräneringslagret i botten på växtbädden samt till eventuellt vattenmagasin (Milford 2021).

5. Platsstudie Lidingövägen

På Lidingövägen har undersökning av tillväxt och vitalitet hos träd som är planterade i de två olika växtbäddsystemen genomförts. Området som inventerades i platsstudien visas i figur 3. Varför det finns två typer av växtbäddar på samma plats är inget jag fått information om. Men i figur 3 kan man se att de ligger inom olika fastighetsgränser. Växtbäddsystemen med plastceller är uppbyggda av Milfords StrataCeller. En anledning till att växtbäddar med StrataCeller valdes kan enligt Tiger² på Milford vara att växtbäddar av plastceller ger en lägre vikt än skelettjord, samt att växtbäddarna är byggda på betongbjälklag med underliggande infrastruktur vilket ger begränsningar i höjd.



Figur 3, Lidingövägen och Norra länken i Stockholm © Lantmäteriet. I figuren är växtbäddarnas placering markerade; orange är växtbäddar med StrataCeller och röd växtbäddar av skelettjord.

² Therese Tiger, landskapsingenjör på Milford, intervju på Teams, 2023-02-15

Växtbäddarna med StrataCeller är enligt Tiger³ på denna plats främst växtbäddar och har ingen enskild dagvattenhantering. Om detta även gäller växtbäddarna med skelettjord vet jag inte. Det jag kunnat se på platsen är att det inte finns någon tydlig bräddningsbrunn i lågpunkt. Dock en ränna som kan fånga upp vatten i en slänt.

5.1 Inventering av träd

Träden är enligt Tiger⁴ planterade runt år 2013. På platsen har trädens tillväxt och vitalitet synlig under vintertid studerats. Arter av träd är lika i de två typerna av växtbäddar. Men då jag inte kunnat få information om exakt trädart har jag gjort egna antaganden utifrån nyckling i Lööw (2018). Detta visar att det på platsen växer någon sort av *Acer rubrum* samt *Quercus robur*.

5.1.1 Trädens position

Träden i de olika växtbäddarna växer i en liknande miljö, omslutna av hårt trafikerade gator och underjordisk infrastruktur med vägar och tågtrafik. Träden som växer i skelettjord är planterade i upphöjd gatunivå, samt i en slänt ner mot gångväg (figur 4), medan träden som växer i växtbäddar med StrataCeller endast är planterade i upphöjd gatunivå (figur 5).



Figur 4, Träd som är planterade i växtbädd med skelettjord i en slänt. Foto: Privat



Figur 5, Träd som är planterade i växtbädd med StrataCeller i upphöjd gatunivå. Foto: Privat

³ Therese Tiger, landskapsingenjör på Milford, intervju på Teams, 2023-02-15

⁴ Therese Tiger, landskapsingenjör på Milford, intervju på Teams, 2023-02-15

Marktäckningen var lika i alla växtbäddar. Runt trädens stammar låg makadam, 16/32 millimeter och marktäckning under trädens kronor bestod av skifferstenar liggande omlott. Ingen tydlig infiltrationsbrunn fanns till växtbäddarna, men i cykelbana angränsande till växtbäddar i gatunivå fanns dagvattenbrunnar samt öppning i kantstöd, där eventuellt dagvatten kan ta sig in till växtbäddarna. I skelettjorden i gatunivå fanns även möjligt inlopp för bevattning, men inget jag kan bekräfta. Träden som växte i slänten med skelettjord hade även en ränna där dagvatten eventuellt kunde infiltrera i växtbädden. Bilder av marktäckning och eventuella vattenintag kan ses i figur 6–9.



Figur 6, Marktäckning med makadam runt stam, samt skiffer under trädkrona. Foto: Privat



Figur 7, Eventuellt inlopp för dagvatten i kantstöd samt dagvattenbrunn på cykelväg. Foto: Privat



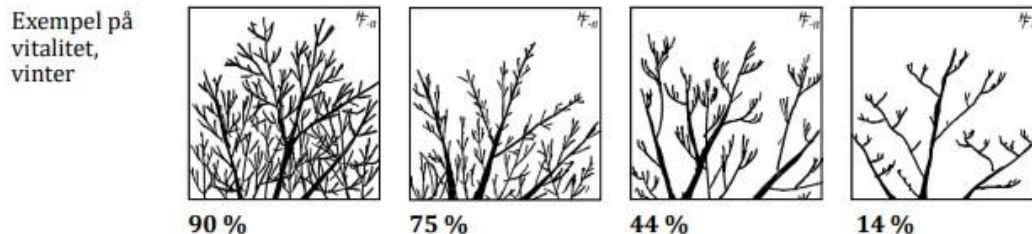
Figur 8, Ränna i slänt, möjligt dagvattenintag till skelettjord. Foto: Privat



Figur 9, Möjlig bevattning till skelettjord i gatunivå. Foto: Privat

5.1.2 Trädens vitalitet

På plats bedömdes trädens vitalitet utifrån visuellt mått på livskraft under vintertid utifrån Östberg och Rowicki (2022) som kan ses i figur 10. Inga skador på trädens stammar eller kronor upptäcktes under inventeringen.

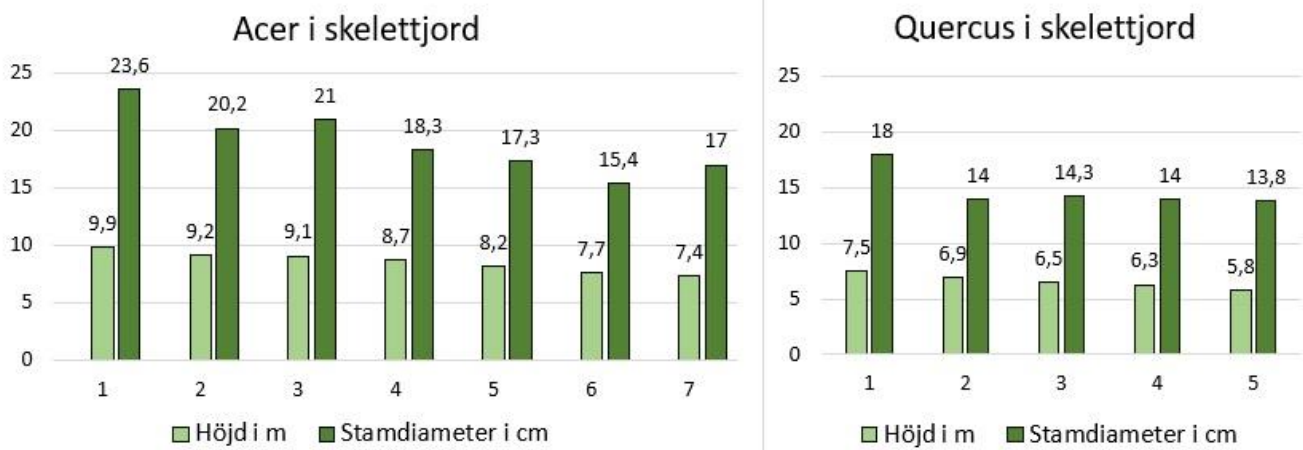


Figur 10, Underlag för visuell bedömning av vitalitet i %, där 100% är ett träd med full livskraft medan 1% är ett träd som snart dör. Illustration: Hanna Fors (Östberg & Rowicki 2022:24).

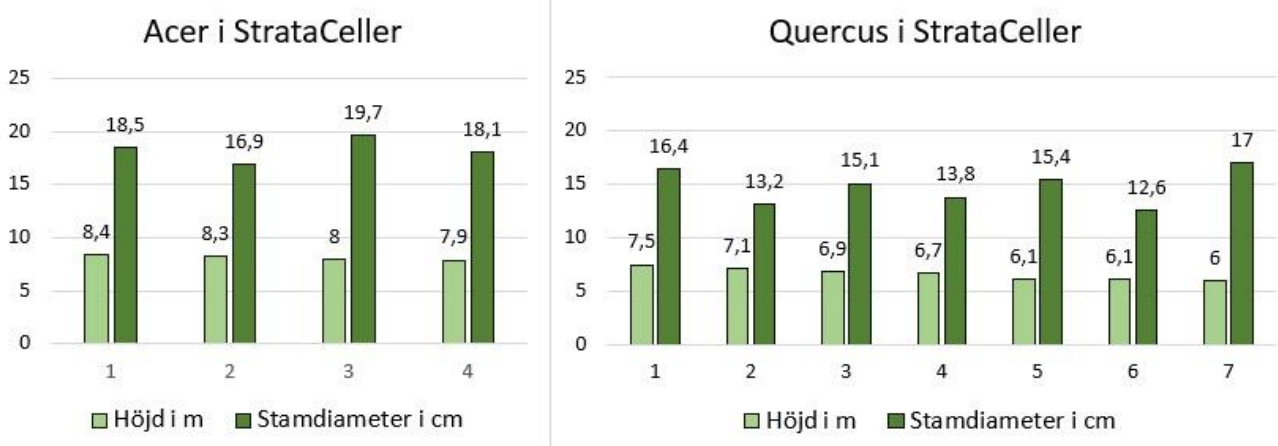
I båda växtbäddstyperna bedömdes träden av arten *Quercus* ha tecken på dålig tillväxt och i genomsnitt runt 44% i vitalitet. De visade tecken på dålig skotttillväxt och topparna på träden var i det flesta fall döda. Träden av arten *Acer* såg ut att må bättre och låg på ca 90–75 % i vitalitet. Träden i skelettjorden uppvisade en godare skotttillväxt och då speciellt hos arten *Acer*.

5.1.3 Trädens storlek

Träden i de två växtbäddarna bestod av 12 träd i skelettjordar samt 14 träd i StrataCeller, men 3 av dessa kunde inte mätas då det låg mitt i en högt trafikerad gata. Träden i skelettjorden uppvisade något större tillväxt. Det största trädet av arten *Acer* hade en stamdiameter på 23,6 centimeter, och mätte 9,9 meter i total höjd. I växtbäddarna med StrataCeller var den största stamdiameteren på totalt 19,7 centimeter, hos ett träd med total höjd på 8 meter. Hos arten *Quercus* var den högsta höjden desamma i båda växtbäddstyperna, 7,5 meter, dock var stamdiameteren störst i skelettjorden, med 18 centimeter. Vid uträkning av medelvärdet av de totala måtten från inventeringen visar dessa en liten storleksskillnad både i stamdiameter och höjd. Hos trädarten *Acer* är medelvärdet på stamdiameteren 19 centimeter och höjden 8,6 meter i skelettjorden, med motsvarande 18,3 centimeter i stamdiameter och 8,2 meter på höjden i växtbäddarna med StrataCeller. Hos trädarten *Quercus* är medelvärdet desamma i det båda växtbäddstyperna, med en stamdiameter på 14,8 centimeter och en total höjd på 6,6 meter. Sammanställning av trädens tillväxt i de två växtbäddstyperna redovisas i figur 11 och 12.



Figur 11, Visar träden i skelettjorden uppdelade efter arter. Ljusgrön stapel visar trädets totala höjd från stambas till toppskott. Mörkgrön stapel visar stamdiameter, mätt på det smalaste stället under 1,3 meter över marken (Bröst-höjd).



Figur 12, Visar träden i växtbäddar med StrataCeller uppdelade efter arter. Ljusgrön stapel visar trädets totala höjd från stambas till toppskott. Mörkgrön stapel visar stamdiameter, mätt på det smalaste stället under 1,3 meter över marken (Bröst-höjd).

5.1.4 Funktionella egenskaper

Växtbäddarna är anlagda i en slänt och som avskiljare mellan högt trafikerade gator och gång-och cykelstråk. Platsen är väldigt öppen och vindutsatt, högt belägen på betongbjälklag med tåg- och biltrafik under. Träden kan tänkas bidra med flera funktionella egenskaper på platsen, som att bromsa upp vinden, fånga upp och reducera luftföroreningar, men även ge skugga och reglera temperaturen. De har även en estetisk funktion då de skapar en grön och lummig miljö på en annars väldigt hårdgjord och högt trafikerad plats.

6. Diskussion

I denna studie har likheter och skillnader mellan Stockholm Stads skelettjord och Milfords strukturella växtbäddssystem undersökts ur ett material- och konstruktionsperspektiv, samt hållbarhet. Platsstudie har även genomförts med inventering utifrån ett fokus på tillväxt och vitalitet hos träd som är planterade i de olika systemen. I detta kapitel diskuteras resultaten utifrån tidigare forskning och teori kring träd och deras växtplatser i stadsmiljö.

6.1 Växtbäddssystemens likheter och skillnader

Växtbäddssystemen i min dokumentstudie bygger på två olika tillvägagångssätt för att skapa bättre markförhållanden och ökat rotutrymme för träd i stadsmiljö, samtidigt som marken klarar belastning från trafik. Urban (2017) beskriver tillvägagångssätten som två huvudvarianter. Skelettjorden hör till strukturella jordar, med skärv som skelettbyggnad, utformad för att klara kompaktering med bibehållen struktur och porositet. Plastcellerna från Milford är strukturella system med ett fokus att skapa en markstruktur där träden krav på rotutrymme, gasutbyte och vatten tillgodoses. Den stora skillnaden mellan systemen är porvolymen som ska ge plats för luft, vatten, växtsubstrat och trädens rötter. Skelettjorden har en porositet på cirka 30%, medan plastceller från Milford har en porositet på 94 %. Detta beror på att skärv tar stor plats, cirka två tredjedelar av växtbäddens volym och dessa stenar ger enligt Sjöman et al. (2015) ingen nytta för trädens tillväxt. En reflektion från mig är att storleken på uppbyggnadens porositet har mindre betydelse för trädens rötter, utan det är vad dessa porer fylls med som påverkar.

Val av växtjord i de två olika växtbäddssystemen skiljer sig åt. Båda trycker dock på vikten av att jorden är homogen, utan packade lager eller större skillnader mellan olika kornstorlekar. Något som även Urban (2017) anser är viktigt vid anläggning av växtbäddar. Jorden som används i skelettjord innehålla en låg halt av ler, 4–8 vikt%, för att det ska vara möjligt att spola ner den mellan stenarna. Detta leder till en sämre vattenhållande förmåga vilket de har försökt lösa genom att vid behov tillsätta biokol, då denna har hög förmåga att hålla vatten, men även näringsämnen (Alvem och Embrén 2017). Jordvolymen blir som sagt begränsad i

skelettjorden då endast utrymmet mellan stenarna kan fyllas med jord. Detta är dock inget problem enligt Stål⁷ då träd kan klara sig med väldigt lite, eller ingen jord alls. Han nämner att de genom praktisk erfarenhet kunnat se att träd enbart kan växa i material som makadam, biokol, kompost och pimpsten. Växtjorden eller annat växtsubstarats förmåga att hålla vatten och näring tillgängligt för träden blir en viktig parameter för god tillväxt, samt att det sker ett gasutbyte hos trädens rötter.

I växtbäddsystem från Milford (2021) varierar växtjorden utifrån växtbäddens funktion och ståndortskrav. Deras jord har möjlighet att ha en högre lerhalt, upp till 10 vikt%, vilket ger en högre vattenhållande förmåga. Detta är möjligt då jorden anläggs när den är torr och växtcellerna har stora porer. Alvem & Embrén (2017) beskriver dock att lerjordar är extra känsliga för salt, då saltet leder till att lerpartiklarna kompakteras. Något som Milford (2021) beskriver att de försöker lösa med att anpassa jorden efter platsen, men även med egna slusskonstruktioner, där saltet kan hållas borta från växtbädden. En lösning som enligt Tiger⁸ även skulle vara möjlig i skelettjorden.

Hela konceptet med plastceller bygger enligt Stål⁹ på att träd måste växa i jord i alla lägen, vilket är något han betvivlar. Blombäck et al. (2020) framhåller dock den översta metern av jordlagret som extra viktig då det är där växternas rötter till största delen växer och tar upp vatten och näring. Min tanke är att träd kanske inte alltid behöver jord att växa i, men deras behov av gasutbyte och vatten är grundläggande. Skelettjorden är dessutom inte möjlig att konstruera överallt, då stenarna är tunga och djupet behöver vara närmare en meter. Detta blir en svårighet speciellt på broar och takkonstruktioner av betong. Här kanske plastceller kan vara ett komplement, då det kan anläggas som grundare växtbäddar. Växtcellerna kan kanske även fyllas med andra material som exempelvis ogödslad biokol, för att öka den renande effekten, eller gödslad biokol för att få en mer näringstät växtbädd.

Anläggningen av växtbäddarna skiljer sig då skelettjorden byggs upp i lager och växtjord spolats ner med vatten. En tidskrävande arbetsprocess med många steg som enligt Urban (2017) är ett kritiskt moment vid anläggning av skelettjord då växtjorden behöver fördelas jämnt mellan de packade stenarna. Installation och fyllning av jord i växtceller beskrivs av Tiger¹⁰ och GreenBlue Urban (2020) som

⁷ Örjan Stål, Trädspecialist, mailkontakt, 2023-03-01

⁸ Terese Tiger, landskapsingenjör på Milford, intervju på Teams, 2023-02-15

⁹ Örjan Stål, Trädspecialist, mailkontakt, 2023-03-01

¹⁰ Terese Tiger, landskapsingenjör på Milford, intervju på Teams, 2023-02-15

snabb och effektiv. I Eskilstuna kommun har StrataCeller använts enligt GrönaTrender (2015) och där ansågs detta system var lättare och snabbare att anlägga än den traditionella skelettjorden. En viktig aspekt enligt Stål¹¹ är däremot att plastcellerna skapar en statisk markstruktur som kan ge komplikationer vid framtida arbeten, som reparationer eller nyinstallation av infrastruktur i mark. Dock framhåller Urban (2017) att systemet med plastceller har få begränsningar i utformningen vid nybyggnad och installation och kan konstrueras runt eventuella hinder. Urban (2017) beskriver däremot att det kan vara en utmaning att få ner samma mängd jord i alla celler och få den komprimerad till önskad densitet, detta på grund av att växtbädden är uppbyggd av flera celler staplade på varandra. När dessa fylls med växtjord är det viktigt att växtbädden vibreras med vibrationsplatta för att jorden ska fylla alla tomrum i cellerna (Urban 2017). Kanske tar skelettjorden längre tid att anlägga, men genomförandet i flera små steg ökar möjligtvis chanserna till en jämn fördelning av växtjord i hela växtbädden, utan kompakterade lager eller större tomrum.

Även trädgroparnas uppbyggnad skiljer sig mellan de två olika teknikerna. Alvem och Embrén (2017) använder sig till stor del av prefabricerade betongfundament, medan Milford (2021) endast lämnar öppet mellan växtcellerna, en yta anpassad efter varje enskilt projekt och trädart. Båda betonar dock vikten av en mer näringsrik växtjord runt rotklumpen. Vilket även Blombäck et al. (2020) framhåller vikten av då organiskt material håller näring som växterna kan tillgodogöra sig. Förankringen av träden efter plantering skiljer sig även mellan de båda teknikerna. Något som Blombäck et al. (2020) beskriver som en viktig faktor för att trädet ska stå stabilt. Trädets förankring påverkas enligt Blombäck et al. (2020) av hur tung jorden i växtbädden är samt hur bra rötterna kan bre ut sig och då speciellt på djupet. Växtbäddar med växtceller är relativt lätta och ibland grunda, detta har lösts genom att konstruera jordankare av spännband som håller rotklumpen på plats.

Urban (2017) nämner vikten av att marken dräneras för att förhindra stående vatten, vilket kan leda till syrebrist och död av trädens rötter. Både skelettjorden och växtbäddar med plastceller försöker lösa detta, dock skiljer sig luftning och bevattning mellan de två olika teknikerna. Alvem och Embrén (2017) beskriver en uppbyggnadsteknik av markmaterial med ett luftigt bärlager av makadam kopplad till perforerad luftningsbrunn i lågpunkt. Här sker gasutbytet och vatten kan ledas ut i växtbädden. Milford (2021) däremot har egna utformade system av slangar och rör som ska sköta bevattning och luftning. Men även specialkonstruerade

¹¹ Örjan Stål, Trädspecialist, mailkontakt, 2023-03-01

kassetter för dagvattenhantering. Hur dessa system fungerar i jämförelse med varandra vet jag inte, men något att ha i åtanke är att Milford säljer en produkt, medan skelettjorden använder ett naturligt material. Urban (2017) tar även upp en viktig aspekt av att använd rörsystem som endast sitter nära rotklumpen på trädet då detta inte ger någon spridning av vattnet ut i övriga växtbädden.

Min slutsats är att ingen av dessa växtbäddskonstruktioner är en komplett lösning, utan man behöver se till varje enskilt projekts specifika förutsättningar. Systemet med plastceller upplevs mer flexibelt och har flera olika lösningar för uppbyggnad, jordtyp och bevattning och ett stort fokus läggs på att skapa växtbäddar utifrån varje projekts förutsättningar samt trädart. Kanske kan de båda teknikerna komplettera varandra: skelettjorden kan använda sig av slusskonstruktioner för att minska saltets påverkan på träd och växtbäddar uppbyggda av plastceller kanske kan använda sig av biokol för att rena dagvatten. Alla projekt är olika och när man konstruerar växtbäddar för träd i stadsmiljö blir det viktigaste uppgiften att tillgodose trädens behov av vatten och gasutbyte.

6.2 Vitalitet och tillväxt hos träd

I min studie av Lidingövägen uppvisar träden i Stockholm Stads skelettjordar något större stamdiameter, höjd och vitalitet, speciellt hos arten Acer. Men variationen var stor i båda växtbäddsystemen. Även om träden som växer i skelettjorden är något större och uppvisar en bättre vitalitet, så är den största skillnaden i stället mellan arterna. Acer upplevs på platsen som mer välmående och vital med skotttillväxt och tydliga toppskott i båda växtbäddsystemen. Quercus visar i stället tecken på dålig tillväxt och vitalitet, med flera fall av döda grenar i toppen, i båda växtbäddssystemen.

Varför tillväxten och vitaliteten på träden ser ut som den gör blir svår att svara på då jag inte vet hur det ser ut under mark i de två växtbäddsystemen och vilka växtjordar som använts. Men som Sjöman et al. (2015) beskriver är tecken på vattenbrist att grenpartier torkar bort. Det kan vara så att träden inte får tillräckligt med vatten och då speciellt träden i växtbäddarna med StrataCeller. Dessa ligger upphöjt och dagvatten kan endast tillföras uppifrån eller möjligtvis genom dagvattenbrunn på cykel- och gångväg. Träden i skelettjorden får möjligtvis mer vatten genom rännan i slänten och eventuellt bevattningsintag. Träden på platsen utsätts eventuellt för flera abiotiska stressfaktorer (Sjöman et al. 2015), som hård vind, luftföroreningar och vägsalter som kan påverka deras tillväxt och vitalitet. Då min studie endast ger en ögonblicksbild av platsen, kan jag inte avgöra hur träden vuxit över tid. Jag har även ingen information om exakt planteringstidpunkt i de två växtbäddstyperna och om det skedde samtidigt eller

samma årstid. Även kvalitén av träd som användes är okänt, men Stockholm Stad förespråkar ett stamomfång på 30–35 millimeter i trafikmiljö (Alvem & Embrén 2017). Dessa parametrar gör att det blir svårt att avgöra den totala tillväxten över tid.

Min slutsats från Lidingövägen är dock att fel arter är planterade på platsen och då speciellt med tanke på Quercus. Dessa träd är svåretablerade och växer långsamt. Desutom trivs speciellt Quercus robur i en mer sval och fuktig miljö (Sjöman & Slagstedt 2018), vilket inte alls stämmer in på miljön för träden på Lidingövägen. Acer däremot är mer lättetablerade och klarar stadsmiljö (Sjöman & Slagstedt 2018), vilket man även kan se på plats då de uppvisar en större vitalitet. Min tanke är att växtbäddar för träd i stadsmiljö inte är den enda lösningen för välmående och vitala stadsträd utan man behöver titta på hela ståndorten och välja rätt träd till rätt plats.

6.3 Klimatanpassning och hållbarhet

Som Douglas och James (2015) skriver är den urbana miljön, med byggnader, vägar och hårdgjorda ytor, en stor del av människans framtid. Grönska i städerna blir viktig då träden bidrar med ekosystemtjänster som framtidens städer är beroende av för att kunna skapa en hållbar livsmiljö för människor och djur. Detta blir även viktigt utifrån målen i Agenda 2030, som lyfter vikten av att städer minskar sin negativa klimatpåverkan, anpassas till framtidens klimatförändringar, skapar tillgänglig grönska för alla invånare och hantera dålig luftkvalitet (Regeringskansliet 2016b). För att uppnå detta anser jag att det behövs flera olika lösningar som ger god tillväxt. Detta är eftersträvansvärt för att få en stad med hög krontäckning, då den totala krontäckningen enligt Grabosky och Bassuk (2016) blir viktig i staden med tanke på alla de ekosystemtjänster man vill att träden ska kunna tillhandahålla. I min platsstudie är växtbäddarna anlagda på en öppen och vindutsatt plats, högt belägen på betongbjälklag med tåg- och biltrafik under. Här bidrar träden med flera funktionella egenskaper som Naturvårdsverket (2017) och Sjöman et al. (2015) beskriver, däribland bromsa vinden, fånga upp koldioxid och reducera luftföroreningar, men även ge skugga och reglera temperaturen. Dessa egenskaper anser jag blir viktiga för platsens värde, men om träden inte kan växa ordentligt och må bra så kan de inte uppfylla sin fulla potential. Det viktigaste blir att utifrån platsens förutsättningar skapa växtbäddar där träd kan växa och att utifrån ståndorten välja arter som har förutsättningar att trivas där. Så att stadens även i framtiden kan vara en trivsamt livsmiljö för människan.

Både Alvem och Embrén (2017) samt Milford (2021) vill trycka på vikten av att växtbäddarna ska vara miljömässigt hållbara, men utgångspunkterna är olika. Alvem och Embrén (2017) förespråkar material som är naturliga och lokalt producerade. Milford (u.å.b.) har fokus på att återanvända plast, ett material som idag ofta bara bränns som sopor eller hamnar i naturen. Milford (u.å.c) beskriver att genom att använda sig av återvunnen plast till sina produkter minskas utsläppen av koldioxid med cirka 95%. Kanske måste man titta på platsen och dess förutsättningar för att kunna välja ett hållbart alternativ och inte låsa fast sig i en metod. Stockholm Stads skelettjordar fungerar bra i Stockholm, där makadam och skärv finns som en lokal produkt då marken till stora delar består av en berggrund av granit. Skulle man i stället titta på Danmark där sprängsten inte finns tillgänglig på samma sätt enligt Tiger¹², skulle frakten av makadam och skärv bidra till klimatutsläpp. Som Blombäck et al. (2020) nämner kräver transporten av tunga jordmassor och krossmaterial mycket energi. Skelettjorden har även begränsningar då den är tung vilket ger svårigheter med anläggning på exempelvis betongbjälklag. Växtceller kan då vara ett bra alternativ, då de är lätta och det går att anlägga relativt tunna växtbäddar som fortfarande ger trädet god tillgång till rottillväxt. Dock nämner Stål¹³ risken med att platspartiklar kan lossna vid uppgrävning av växtcellerna och i förlängningen skapa mikroplaster. Min tanke är att detta är en risk med all infrastruktur under mark bestående av rör och ledningar av plast, samt alla geotextiler som placeras i marken för att separera markmaterial. Stockholm Stad använder också i stor utsträckning betongfundament, vilket även är en produkt man kan diskutera ur ett hållbarhetsperspektiv då betong har stort klimatavtryck. Användning av pimpsten ser jag också som tveksam ur en hållbarhetsaspekt, då det är en ändlig produkt som behöver fraktas hit från andra delar av världen. Men allt har ett klimatavtryck, även växtjorden, som tillverkas av både torv och mineraljordsmaterial som lera, sand och grus. Dessa är ändliga resurs som tas från naturen (Blombäck et al 2020). Här blir det viktigt att i den mån det finns möjlighet använda sand och grus som tillverkas av bergkross. (Blombäck et al. 2020).

Min slutsats av växtbäddarna utifrån ett hållbarhetsperspektiv blir att staden är en konstgjord miljö skapad av människan och allt vi gör har ett klimatavtryck. Det viktiga bli att vi skapar produkter anpassade för platsen och som håller länge, så att de kan bidra med positiva effekter långt fram i tiden. Som stora friska träd i stadsmiljön, vilka kommer gynna framtidens stadsbor.

¹² Terese Tiger, landskapsingenjör på Milford, intervju på Teams, 2023-02-15

¹³ Örjan Stål, Trädspécialist, mailkontakt, 2023-03-01

6.4 Metoddiskussion

Det har funnits svagheter med min metod att inhämta information kring de två växtbäddssystemen, då jag endast fått kontakt med en intervjuperson från Milford. Detta har bidragit till fler infallsvinklar och synpunkter från deras sida. Företaget Milford har även en hemsida där de publicerar material och information om deras produkter, något som Stockholm Stad inte har på samma sätt, då de inte säljer en produkt utan snarare förespråkar en modell. Det man behöver ta i beaktande är att Milford är ett företag som vill marknadsföra och sälja sina produkter, medan Stockholm Stads skelettjordsmodell är en metod. Dock har Stockholm Stad, med starka förespråkare, även varit bra på att sälja in sin metod.

Positivt för studien var att jag fick vetskap om växtbäddarna på Lidingövägen, då dessa har bra förutsättningar för en jämförelse. Växtbäddarna ligger nära varandra, klimatet och miljön runtomkring är likvärdigt. Träden planterats även vid ungefär samma tidpunkt och bestod av samma arter i de två olika växtbäddssystemen. Dock har jag i denna studie endast kunnat genomföra ett platsbesök med inventering vilket ger bristande information av tillväxt över tid. Bristen på information kring platsen har även gjort att jag har behövt göra egna antaganden om platsens förutsättningar, markförhållanden och arter av träd. Målet var att få tag i kartor, ritningar och information om växtbäddarna och träden på platsen, som kunde skapa en tydligare bild av trädens växtplats. Dock har ingen information om detta hittats.

6.5 Framtida studier

I två tidigare studier, GreenBlue Urban (2017) i Charlotte i North Carolina, samt Fern Ow och Ghosh (2017) i Singapore, har man tittat på tillväxten hos träd som är planterade i strukturella jordar samt i strukturella system av plastceller. I båda dessa studier är slutsatsen att tillväxten hos träd som är planterade i växtbäddar med plastceller är större än i den strukturella jorden. Dock består den strukturella jorden i dessa studier av mindre makadam, 20/40 millimeter, vilket gör att det inte går att dra direkta paralleller till Stockholm Stad skelettjordar som byggs upp av större skärv, 90/150 millimeter. Skelettjordarna i de två tidigare studierna, byggdes upp av en färdig mix av 80 procent makadam och 20 procent växtjord med hög halt av ler (GreenBlue Urban 2017); Fern Ow och Ghosh 2017). Risken med färdigblandad skelettjord är att strukturen förstörs vid transport, samt att den vid anläggning packas och blir alldeles för tät och då speciellt om den innehåller en hög halt av ler (Alvem &Embrén 2017). Detta kan i förlängningen leda till dålig tillväxt och vitalitet hos träd, då marken blir för kompakterad. I Stockholm Stad är färdigblandad skelettjord inte ett alternativ då man uppmärksammat

svårigheterna med detta anläggningsutförande (Alvem & Embrén 2017). Urban (2017) påpekar att Stockholm Stads modell av skelettjord är mer framgångsrik utifrån tillväxt och vitalitet och detta kan enligt mig möjligtvis vara en av anledningarna. Med tanke på dessa tidigare studier hade det varit mycket intressant att göra en längre studie av tillväxt och vitalitet hos träd som är planterade i Stockholm Stads skelettjord samt i växtbäddar uppbyggda av plastceller i ett nordiskt klimat. En längre studie där träd av olika arter planteras i växtbäddar med kontrollerad uppbyggnad och mäts från plantering och flera år framåt. Detta hade givit en mer rättvis bild av tillväxt och vitalitet i de båda växtbäddsystemen. Det hade även varit intressant att undersöka träden på Lidingövägen vidare och se hur de utvecklas, samt att kunna återkomma under sommarhalvåret för att kunna inventera kronans täthet och bladväxt. Samt att titta på hur stor klimatnytta träden faktiskt gör på platsen och hur stor deras påverkan på klimatet kan vara vid optimala tillväxtförhållanden.

6.6 Slutord

Mina samlade tankar efter denna studie är att flera lösningar behövs för att skapa städer med stor krontäckning. Ingen växtbäddskonstruktion är en komplett lösning som kan användas överallt, utan man behöver se till varje enskilt projekt, samt välja rätt träd till rätt plats. Målet är att skapa gröna städer som kan klara ett förändrat klimat och även i framtiden tillhandahålla trivsamma och hållbara livsmiljöer för människan.

Referenser

- Alvem, B-M. & Embrén, B. (2017). *Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok*. Stockholm: Stockholms stad. https://leverantor.stockholm/globalassets/foretag-och-organisationer/leverantor-och-utforare/entreprenad-i-stockholms-stads-offentliga-rum/vaxtbaddshandboken/vaxtbaddar_i_stockholm_2017.pdf [2023-01-20]
- Armson, D., Stringer, P., Ennos, A.R. (2013). The effect of street trees and amenity grass on urban surface water runoff in Manchester, UK. *Urban Forestry & Urban Greening*. 12, 282-286. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.04.001> [2023-02-01]
- Boverket (2022). *Klimatanpassning med naturen som verktyg*. <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/stadsutveckling/halsa-forst/grona-omraden/klimatanpassning/> [2023-01-20]
- Blombäck, K., Dahlin, S. & Eriksson, J. (2020). *Markvetenskap för landskapsarkitekt- och landskapsingenjörsutbildningarna i Uppsala*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Boverket (2010). *Mångfunktionella ytor – Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö i städer och tätorter genom grönstruktur*. 1. uppl. Karlskrona: Boverket. https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2010/mangfunktionella_ytor.pdf [2023-02-01]
- Deak Sjöman, J. & Östberg, J. (2020). *I-Tree Sverige, För strategiskt arbete med trädskosystemtjänster*. (2020:13). Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet. <https://www.tradforeningen.org/wp-content/uploads/2020/12/Slutrapport-i-Tree-Sverige.pdf> [2023-02-01]
- Doick, K.J., Peace, A. & Hutchings, t.R. (2014). The role of one large greenspace in mitigating London's nocturnal urban heat island. *Science of the Total Environment*. 493. 662-671. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.048> [2023-02-01]
- Douglas, I. & James, P. (2015). *Urban Ecology - An introduktion*. New York: Routledge.
- Fern Ow, L. & Ghosh, S. (2017). Growth of street trees in urban ecosystems: Structural cells and structural soil. *Journal of urban Ecology*. 3(1). <https://doi.org/10.1093/jue/jux017> [2023-02-20]
- Grabosky, J. & Bassuk, N. (2016). Seventeen years' growth of street trees in structural soil compared with a tree lawn in New York City. *Urban Forestry & Urban Greening*. 16. 103-109. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.02.002> [2023-02-01]

- GreenBlue Urban. (2017). *Analysing Soil Under Pavement for Urban Tree Growth, Soil Cells vs Structural Soil*. <https://www.greenblue.com/wp-content/uploads/2017/08/Soil-Cells-vs-Structural-Soil-Analyzing-Soil-Under-Pavement.pdf> [2023-02-20]
- GreenBlue Urban (2020). *Twenty Years Of Soil Cells*. <https://greenblue.com/gb/twenty-years-of-soil-cells/> [2023-02-21]
- Grey, V., Livesley, S.J., Fletcher, T.D. & Szota, C. (2018). Establishing street trees in stormwater control measures can double tree growth extended waterlogging is avoided. *Landscape and Urban Planning*. 178. 122-129. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.06.002> [2023-02-01]
- GrönaTrender (2015). *Stratacell tas i bruk i Sverige*. <https://gronatrender.se/stratacell-tas-i-bruk-i-sverige/> [2023-02-21]
- Konarska, J. (2015). *Climate Regulation Provided by Urban Greening. Examples from a High Latitude City*. Diss. Gotenburg: University of Gothenburg. <http://hdl.handle.net/2077/40650> [2023-02-22]
- Milford (2021). *Handbok för växtbäddar – i hårdgjorda miljöer*. Vintrie: Milford. [Handbok för Växtbäddar BOOK 2021.pdf \(milford-resources.com\)](https://www.milford-resources.com/Handbok_för_Växtbäddar_BOOK_2021.pdf) [2023-02-15]
- Milford (u.å.a). *Geokompositmembran*. [Datablad]. Vintrie: Milford. <https://milford-resources.com/SE/datasheets/Geokompositmembran.pdf> [2023-02-15]
- Milford (u.å.b). *We need to build the foundations for a circular system*. <https://www.milford-global.com/articles/foundations-for-a-circular-system> [2023-02-21]
- Milford (u.å.c). *Ocean-based Plastic*. <https://www.milford-global.com/articles/ocean-plastic> [2023-02-21]
- Mullaney, J., Lucke, T. & Trueman, S.J. (2015). A review of benefits and challenges in growing street trees in paved urban environments. *Landscape and urban planning*. 134, 157-166. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.013> [2023-02-15]
- Naturvårdsverket (2017). *Argument för mer ekosystemtjänster*. Naturvårdsverket rapport 6736. Stockholm: Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/978-91-620-6736-6> [2023-01-30]
- Regeringskansliet (2016a). *Agenda 2030 för hållbar utveckling*. <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/agenda-2030-for-hallbar-utveckling/> [2023-01-20]
- Regeringskansliet (2016b). *Agenda 30 – Mål 11 - Hållbara städer och samhällen*. <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/agenda-2030-mal-11-hallbara-stader-och-samhallen/> [2023-01-25]
- Sirensjö, H. (2014). *Saltpåverkan på lignoser – en systematisk litteratursammanställning och analys av toleranta arter*. (kandidatarbete). Sveriges lantbruksuniversitet. Trädgårdsingenjör: design – kandidatprogram. https://stud.epsilon.slu.se/6450/11/sirensjo_h_140218.pdf [2023-03-04]

- Sjöman, H., Slagstedt, J., Wiström, B. & Ericsson, T. (2015). Naturen som förebild. I: Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red). *Träd i urbana landskap*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur.
- Sjöman, H. & Slagstedt, J. (2018). *Stadsträdslexikon*. 1. Uppl. Lund: Studentlitteratur.
- Stahre, P. (2004). *En långsiktig hållbar dagvattenhantering*. Malmö: Svenskt Vatten.
- Stockholm Stad (2022). *Markyta med krontäckning*.
<https://miljobarometern.stockholm.se/natur/ekosystemtjanster/andel-yta-med-krontackning/> [2023-03-09]
- Lüning, S. (2021). Trädexpert: ”Sopsaltning katastrof för träd och växter”. *SVT Nyheter*, 28 december. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/stockholm/sopsaltet-skadar-stockholms-trad> [2023-02-22]
- Lööw, C. (2018). *Den stora knoppboken, Sveriges lövfällande lignoser i vintertid*. Riga: Boktryckarna.
- Tell, J. (2008). *Träd kan rädda världen*. Värnamo: Bokförlaget Max Ström.
- Urban, J. (2017). *Tree Performance In Load Bearing Paving – Tree Growth, Health, Storm Water Results*. Annapolis, Maryland: FASLA.
<https://www.charteredforesters.org/wp-content/uploads/2019/01/Urban-J-Street-tree-performance-in-suspended-pavements.pdf> [2023-02-15]
- Urban, J. (u.å.). *About James Urban, FASLA*. <https://www.jamesurban.net/about> [2023-03-17]
- Östberg, J. & Rowicki, E. (2022). *Standard för trädinventering i urban miljö Version 3.0*. Svenska trädföreningen. <https://www.tradforeningen.org/wp-content/uploads/2023/02/Tradinventeringsstandard-version-3.0-2023-02-20.pdf> [2023-02-28]

Muntliga källor

- Intervju på Teams med landskapsingenjör Terese Tiger på Milford, 2023-02-15
- Mailkontakt med landskapsingenjör Therese Tiger på Milford mellan 2023-01-23 och 2023-02-28
- Mailkontakt med trädspecialist Örjan Stål, 2023-03-01

Figurer

- Figur 1. Alvem, B-M. & Embrén, B. (2017). *Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok*. Stockholms stad. https://leverantor.stockholm/globalassets/foretag-och-organisationer/leverantor-och-utforare/entreprenad-i-stockholms-stads-offentliga-rum/vaxtbaddshandboken/vaxtbaddar_i_stockholm_2017.pdf [2023-01-20]
- Figur 2. Milford (2021). *Handbok för växtbäddar – i hårdgjorda miljöer*. Vintrie: Milford. [Handbok för Växtbäddar BOOK 2021.pdf \(milford-resources.com\)](https://www.milford-resources.com/handbok-for-vaxtbaddar-book-2021.pdf) [2023-02-15]
- Figur 3. Lantmäteriet (2023). Lidingövägen och Norra Länken. SWEREF 99 MT, RH 2000. Flygfoto [Kartografiskt material] <https://minkarta.lantmateriet.se/> [2023-02-23]
- Figur 4–9. Privata bilder tagna av Johanna Pantulin Nordlund.

Figur 10. Fors, H. (2022). Exempel på vitalitet, vinter [Illustration]. I: Östberg, J. & Rowicki, E. (2022). *Standard för trädinventering i urban miljö Version 3.0*. Svenska trädföreningen.

Figur 11 och 12. Egna tabeller av tillväxt skapade av Johanna Pantulin Nordlund i Excel.

Bilaga 1

Frågor till intervju med Milford om plastceller

Allmänt

- Vart kommer växtbäddstekniken med växtceller ifrån och vart används den?
- Hur länge har tekniken funnits?
- Vilka fördelar och eventuella nackdelar finns med växtceller om man jämför med den mer traditionella skelettjorden?
- Finns det några begränsningar i användningen av växtceller? Värme eller kyla? Trafikbelastningar?
- Sker det någon näringstillförsel till träden vid plantering och eventuellt under etableringstiden, samt längre fram.
- Renas dagvatten som kommer från trafikerade gator på något sätt?
- Vad är skillnaden på StrataCeller och RootSpace?

Växtbäddarna på Norra länken /Lidingövägen

- Fanns det någon tanke med att konstruera växtbäddar med växtceller i stället för Stockholm stads skelettjord? Tyngden från växtbädden? Betongbjälklag? Underliggande infrastruktur?
- Vilken funktion har de på platsen? Växtbädd, dagvattenhantering?
- Hur är dessa växtbäddar uppbyggda? Vilka växtceller och eventuella andra tillbehör?
- Används någon form av slussfunktion för att minska mängden natriumklorid till växtbäddarna?
- Vilka arter av träd är planterade på platsen? Och när planterades dessa?

Allmänt om plast

- Vart kommer plasten som används i växtcellerna ifrån och vart tillverkas de?
- Hållbarhet – hur länge håller en växtbädd innan den behöver renoveras eller göras om?
- Hur länge håller plasten i växtcellerna?
- Kan plasten återvinnas när eventuella växtbäddar tas bort?
- Har man funderat och tittat på eventuella mikroplaster från materialet?

Publicering och arkivering

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

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

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

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