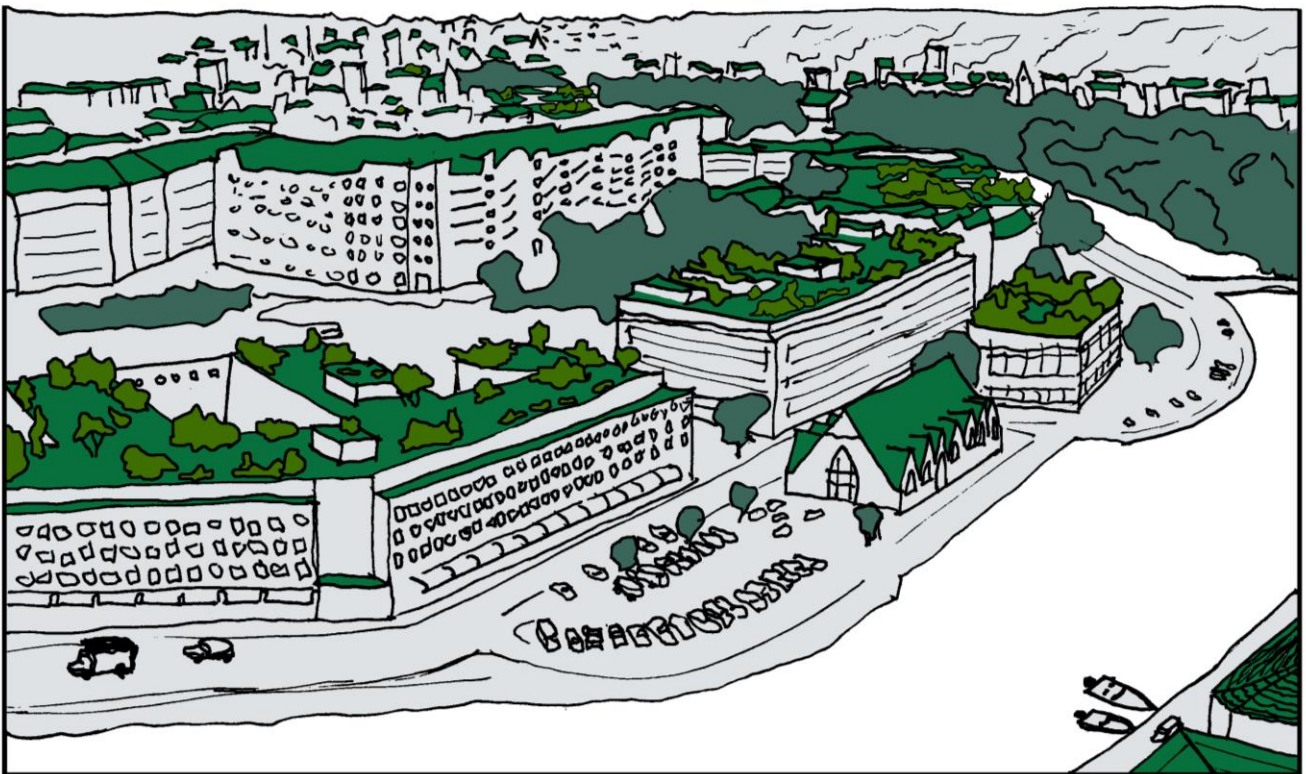


Vegetation för urbana takbiotoper

– Ståndortsanpassade buskar och träd för grunda växtbäddar på befintliga takterrasser.

Av Carl Sandsjö



Vegetation för urbana takbiotoper - Ståndortsanpassade buskar och träd för grunda växtbäddar på befintliga takterrasser

Vegetation for urban rooftop biotopes – Shrubs and trees adapted for shallow soils on existing rooftop terraces.

Carl Sandsjö

Handledare: Stefan Lindberg, *SLU, Universitetsadjunkt vid Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning*

Biträdande handledare: Patrick Bellan, *SLU, Universitetsadjunkt vid Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning*

Examinator: Petra Thorpert, *SLU, Universitetsadjunkt vid Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning*

Biträdande examinator: Tobias Emilsson, *SLU, Forskare vid Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning*

Omfattning: 30 hp

Nivå: A2E

Kurstitel: Independent Project in Landscape Architecture

Kurskod: EX0852

Program: Landscape Architecture – Master's Programme

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2019

Omslagsbild: Carl Sandsjö

Elektronisk publicering <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Gröna tak, Buskar, Vedartat, Substratdjup, Extensiv skötsel, Biotop, Ekotyp

Keywords: Green roofs, Shrubs, woody plants, Substrate depth, Extensive maintenance, Biotope, Ecotype

SLU, Sveriges Lantbruksuniversitet Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Sammandrag

Till följd av våra växande städer där förtätningar av befintlig bebyggelse är en vedertagen strategi riskerar grönområden att reduceras till ytan. Samtidigt finns ett ökat krav på mer grönska i staden som kan ge befolkningen rekreation och vila men även leverera ekosystemtjänster som renare luft och avlastning av dagvattensystemet. Som ett svar på de sistnämnda har det anlagts extensiva moss- och sedumtak på flera byggnader. Men dessa typer av tak har sällan något högre estetiskt värde vilket gör taken till en fortsatt outnyttjad resurs för rekreation. På mycket starka konstruktioner som garagebjälklag anläggs ofta intensiva gröna tak med vegetation av parkkaraktär. Dessa anläggningar är mycket tunga vilket gör att få tak kan bära upp den höga vikten. Genom att plantera de vedartade växterna i grunda substratdjup kan vikten hållas låg och möjligheten att skapa rekreativa grönytor på fler tak ökar.

På mycket grunda substrat är varje centimeter avgörande för vilken vegetationstyp som kan växa där. I litteraturstudien har vedartat växtmaterial för substratdjup på högst 50 centimeter studerats. Enligt litteraturen har det visat sig vara teoretiskt möjligt att på 12 centimeters substratdjup plantera buskvegetation. Beroende på yttre omständigheter kan detta substratdjup behöva utökas för att möjliggöra en god utveckling av växterna. Taket som ståndort är mycket extremt och där ska växterna inte bara överleva, utan långsiktigt utvecklas med god vitalitet. Detta ställer höga krav på att växtmaterialet är ståndortsanpassat med rätt stresstrategier för att hantera ett begränsat rotutrymme, höga temperaturskillnader, långvarig torka och starka vindar.

Arbetets syfte är att främja och utöka användandet av fler lämpade lignoser på taken. Genom att se på naturen som förebild och undersöka vegetationen i extrema biotoper som liknar taket som ståndort, kan lovande arter hittas som besitter de strategier som gör dem framgångsrika på taket. I arbetet lyfts fem biotoper fram som besitter en stor mängd lovande växter. Biotoperna är: Alvarsmarker, bergsområden, kustområden, buskstäppen och ruderatmarker. Slutligen presenteras artlistor för de minimimått av substratdjup som krävs för att möjliggöra en framgångsrik etablering av växtmaterialet.

Abstract

Because of our growing cities where densification of existing buildings is a believed strategy, green areas risk being reduced. At the same time, there is an increased demand for more greenery in the city that can give recreation and rest to the population, but also deliver ecosystem services such as cleaner air and stormwater management. In response to the latter, extensive moss and sedum roofs have been built on several buildings in Sweden. But these types of green roofs rarely have any aesthetic value, which makes the roofs a continued unused resource for recreation. On very strong constructions such as underground car parks, intensive green roofs with vegetation of park character are often built. These systems are very heavy which means that few roofs can carry the massive weight. By planting woody vegetation in shallow substrate depths, the weight can be kept low and the possibility of creating recreational green surfaces on more rooftops increases.

On very shallow soils, every centimeter limits the type of vegetation that can grow there. Woody plants suitable for substrate depths of 50 centimeters or less has been studied. According to the literature, it has been found to be theoretically possible to plant shrubs at 12 centimeters of substrate depth. Depending on the external circumstances, this substrate depth may need to be expanded to allow for good growth of the plants. The roof is a very extreme biotope and the goal is not only to make the plants survive, but to develop in the long term with good vitality. This puts high demands on the plant material being well adapted to the site with the right stress strategies to handle a limited root space, high temperature fluctuations, prolonged drought and high wind.

The purpose of the work is to promote and expand the use of suitable woody plants on the roof. By looking at nature as a role model and exploring the vegetation in extreme biotopes that resemble the roof, promising species can be found that possess the strategies that make them successful on rooftops. Five biotopes are recognized which possess a large amount of promising species. The biotopes are: Alvar, mountain areas, coastal areas, steppe region and ruderal areas. Finally, species lists are presented for the minimum dimensions of substrate depth required to enable the successful establishment of the plants.

Förord

Tanken på gröna tak har för mig främst betytt extensiva moss- och sedumtak eller ett intensivt grönt tak som mer påminner om en park på marknivå med höga enstammiga träd planterade i gräsmatta. Det förstnämnda för tankarna till sedumbeklädda cykelskjul och miljöstationer; medan det sistnämnda till grönområden på marknivå ovanför underjordiska parkeringsgarage. Men hela tiden har jag varit medveten om att det finns ett mellanting mellan dem båda och att intressanta miljöer inte behöver gå hand i hand med den klassiska parkkaraktären. Men dessa mellanting är sällan representerade i våra städer och de anläggningar som finns bör snarare ses som alternativt undantag från de nämnda taktyperna.

Ett av de mest intressanta och enligt mig mycket vackra gröna taken är Takparken på Sveavägen 44 i centrala Stockholm. Högst upp på en befintlig kontorsbyggnad har ett grönt tak anlagts med dynamiska planteringar av vild karaktär. Vegetationen som är planterad i mycket grunda substrat bildar låga bestånd men som är tillräckligt höga för att ge både skugga, lä och prydnadsvärde; vilket är en av anledningarna till att platsen är ett mycket populärt besöksmål. Detta arbete har formats med hjälp av förebilder likt takparken där en stor nyfikenhet har väckts hos mig för dessa halvt extensiva/halvt intensiva gröna taken som har så mycket potential att pryda fler byggnader i våra städer.

Jag vill passa på att tacka mina handledare Stefan Lindberg och Patrick Bellan som guidat mig genom hela detta examensarbete och agerat bollplank vid minsta frågetecken. Jag vill också tacka Anders Folkesson och alla på MARELD Landskapsarkitekter som har efterfrågat denna litteraturstudie och bistått med sin tid och kunskap under hela processen. Slutligen vill jag tacka alla som bidragit till växtlistorna genom att ställa upp på intervjuer och dela med sig av sina ovärderliga erfarenheter.

Stort tack!

Carl Sandsjö

2019-09-13

Innehåll

| | |
|--|-----------|
| Kapitel 1 - Introduktion | 9 |
| 1.1 Bakgrund | 9 |
| 1.2 Syfte, mål och frågeställningar | 9 |
| 1.3 Genomförande och avgränsning | 10 |
| 1.4 Material och tillvägagångsätt | 10 |
| 1.5 Begrepp | 13 |
| Kapitel 2 – Det gröna taket | 16 |
| 2.1 Konventionella tak blir till gröna tak | 16 |
| 2.2 Typer av Gröna tak och dess definition | 17 |
| 2.2.1 Definitionen gröna tak | 18 |
| 2.2.2 Extensiv och Intensiv skötsel | 18 |
| 2.3 Varför gröna tak? | 19 |
| 2.3.1 En mångfunktionell yta med ekosystemtjänster | 19 |
| 2.4 Begränsad vikt på befintliga tak | 22 |
| 2.4.1 Taklutning | 22 |
| 2.4.2 Bärande konstruktion | 23 |
| 2.4.3 Substratvikt | 25 |
| 2.5 Ståndortsförhållanden på urbana tak | 26 |
| 2.5.1 Värme och kyla | 26 |
| 2.5.2 Solinstrålning | 28 |
| 2.5.3 Markförhållanden | 28 |
| 2.5.4 Torka och fukt | 28 |
| 2.5.5 Luftföroreningar | 29 |
| 2.6 Sammanfattning | 29 |
| Kapitel 3 – Växtmaterialet | 32 |
| 3.1 Varför vedartade växter på tak? | 32 |
| 3.1.1 Förstärkta ekosystemtjänster | 32 |
| 3.1.2 Arkitektoniska fördelar | 32 |
| 3.2 Substratdjup | 33 |
| 3.2.1 Rekommenderat substratdjup | 33 |
| 3.3 Buskars fördelar framför träd | 36 |
| 3.3.1 Förbereda växter i odling | 37 |
| 3.4 Ståndortsanpassade växtval | 38 |
| 3.4.1 Härdighet & friskhet | 39 |
| 3.4.2 Succession | 41 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4.3 Tolerans för växtplatsen | 43 |
| 3.5 Biotoper likt taken | 47 |
| 3.5.1 Alvarsmark och kalkgynnad vegetation | 47 |
| 3.5.2 Bergsområden | 48 |
| 3.5.3 Kustområden | 50 |
| 3.5.4 Buskstäppen & stäppskogen | 52 |
| 3.5.5 Ruderatmark | 53 |
| 3.6 Sammanfattning | 54 |
| Kapitel 4 – Diskussion | 57 |
| 4.1 Metoddiskussion | 57 |
| 4.2 Resultatdiskussion | 58 |
| Referenslista | 61 |
| Tabeller – Fyra växtlistor för olika substratdjup | 66 |
| <i>Tabell 2. Växtlista för lägsta substratdjup mellan 12 – 20 cm</i> | <i>66</i> |
| <i>Tabell 3. Växtlista för lägsta substratdjup mellan 15 – 25 cm</i> | <i>67</i> |
| <i>Tabell 4. Växtlista för lägsta substratdjup mellan 20 – 50 cm</i> | <i>69</i> |
| <i>Tabell 5. Växtlista för lägsta substratdjup mellan 35 – 70 cm</i> | <i>72</i> |

Kapitel 1

Introduktion

Kapitel 1 - Introduktion

1.1 Bakgrund

Gröna tak har länge funnits med i den svenska historien där torv- och grästak var ett av de vanligaste taktäckningsmaterialen fram till 1800-talet (SMHI, 2018). Därefter anlades allt färre gröna tak och efter en lång tids frånvaro ur husbyggarkonsten kom de gröna taken tillbaka i slutet av 1900-talet. På grund av de allt tätare och hårdgjorda städerna samt betonghusens starka konstruktion fick gröna tak ett uppsving, vilket har hållit i sig och är idag en ytterst aktuell företeelse (Snodgrass & Snodgrass, 2006). Till följd av förtätningen har grönytor fått ge plats för den allt mer växande staden samtidigt som det finns ett ökande krav på rekreativa ytor där invånarna i staden kan umgås och koppla av. Begrepp som ekosystemtjänster, miljöbyggnader och "gröna" certifieringar är andra pådrivande faktorer som talar för en större expansion av gröna tak. Som följd av modernismens stora inflytande i svensk arkitektur finns det idag många byggnader med platta tak. Dessa takterrasser är ofta grå och inte utformade för människan att vistas på. Därför finns en stor potential att med relativt enkla medel omgestalta taken till gröna takterrasser som möter kraven på ökad rekreation och ekosystemtjänster.

Vid anläggning av gröna tak är det främst sedum- och ängsmattor samt perenner som används mest frekvent. Men en förutsättning för att skapa trivsamma takmiljöer där människor ska vistas är vindskydd och skugga viktiga faktorer i den oftast exponerade miljön. Ur den gestaltande aspekten är även rumsligheten en viktig faktor för att skapa en trivsam plats. Alla dessa kvalitéer kan med fördel uppnås genom etablering av buskar och träd. Vedartade växter kräver djupare substrat, till skillnad från sedum och ängsvegetation, vilket innebär en större belastning, framförallt vid skyfall då jorden blir vattenmättad. Att plantera vedartade växter på befintliga tak kan därför vara problematiskt då byggnadernas konstruktion oftast inte är dimensionerade för en alltför stor belastning. Detta arbete riktar sig därför mot grunda och lättviktiga anläggningar som kan etableras i större utsträckning på nya och befintliga takterrasser.

I arbetet undersöks möjligheten till att plantera buskar och träd i grunt substrat på tak där god långsiktig vitalitet eftersträvas. Därför har arter som lämpar sig för grunda substratdjup baserat på dess naturliga ståndort lyfts fram. Arbetet har i slutändan resulterat i flera växtlistor innehållande vedartat växtmaterial som kan appliceras i olika sammanhang där de yttre faktorerna skiljer sig åt avseende klimatzoner, sol- och vindexponering samt jorddjup.

1.2 Syfte, mål och frågeställningar

Syftet med undersökningen är att sprida kunskap och främja användandet av vedartade växter som är extra lämpade för den utsatta miljön på tak. Syftet är också att arbetet ska fungera som ett verktyg för landskapsarkitekter som vill tillföra såväl ekosystemtjänster som arkitektoniska inslag på tak.

Målet är att undersöka vedartade buskar och träd som på ett framgångsrikt sätt kan etableras och visa god vitalitet i en bjälklagsplantering på max 50 cm substratdjup med en extensiv skötselintensitet. Växterna ska sedan sammanställas i växtlistor som är anpassade för takplanteringar med grunt substrat på max 50 cm. Mina frågeställningar är följande:

- A. Vilka faktorer påverkar det urbana taket som ståndort?
- B. Var i naturen kan man hitta ståndorter som liknar den rådande ståndorten på en takbjälklagsplantering och vilka av dessa referensståndorter skulle fungera att ha som förebild för planteringar i Sverige?
- C. Vilka vedartade växter från dessa ståndorter kan lämpa sig för svenska bjälklagsplanteringar med olika lokalklimatförhållanden?

1.3 Genomförande och avgränsning

Arbetet är fokuserat mot platta tak och de vedartade växter som kan rekommenderas när en nybyggd eller befintlig grå takterrass ska omgestaltas till grönt och skötselintensiteten är extensiv med minimalbevattning.

Vid ombyggnationer av befintliga takterrasser måste belastningen hållas låg. Därför behandlar detta arbete bara jorddjupet ≤ 50 cm för att undersöka vilka vedartade växter som kan etableras och visa god vitalitet på detta djup. För att ge en introduktion och grundläggande kunskap om gröna tak, börjar arbetet med att i korthet beskriva överbyggnadens konstruktion samt de taktyper som finns på marknaden. Eftersom begreppet gröna tak redan behandlats i flertalet andra examensarbeten kommer det inte göras någon ingående beskrivning på ämnet i detta arbete.

Geografiskt riktar sig detta arbete till svenska förhållanden. På grund av att ämnet inte är vidare undersökt i Sverige består litteraturstudien av en står mängd utländsk litteratur. Denna litteratur är främst från norra halvklotet på platser där förhållandena liknar de svenska klimatet.

Den litteratur som behandlar vedartade växter på gröna tak är begränsad och arbetet att hitta källor som omnämner ståndortsbaserade växtval för taken har varit tidskrävande. De biotoper som omnämns i detta arbetet är de biotoper som troligen innehåller störts antal lovande växter för taket. Men troligen finns det även andra biotoper med lämpliga växter som inte är lika beprövat på taken eller lika väldokumenterat.

1.4 Material och tillvägagångsätt

Arbetet är en litteraturstudie som består av fyra kapitel samt avslutande tabeller med rekommenderade arter. I arbetet har relevant litteratur använts som kunskapsbas för att undersöka biotop typer och växter som faller inom ramen för arbetets mål. En kompletterande källa har varit intervjuer med växtexperter och yrkesverksamma inom ämnet gröna tak. Flera platsbesök på offentliga gröna tak har genomförts under arbetets gång. Detta för att öka min egna förståelse för konstruktionen av ett grönt tak samt få inspiration hur det kan utformas designmässigt. Platsbesöken har även gjort det möjligt att visa upp bilder från olika takprojekt. På grund av den ofta bristande tillgängligheten och tillhandahållandet av planteringsplaner för de gröna taken, samt den begränsade tidsramen har det inte varit möjligt att göra några djupare analyser eller inventeringar genom platsbesöken. Tidsramen har därför gjort litteraturstudien och intervjuerna till de bästa tillvägagångsätten för detta arbetet.

Målet med intervjuerna har varit att samla in kunskap om lämpliga lignoser för takplanteringar och sammanställa denna kunskap i växtlistor. Intervjuerna har därför gjorts med personer som besitter god teoretisk kunskap och erfarenhet om växter, biotoper och gröna tak. Intervjuerna har främst genomförts via mejlkontakt men även via telefonsamtal och personliga möten. Tidsramen för arbetet satte gränsen för hur många personer som hunnit intervjuas vilket totalt resulterade i 10 svarande personer (se tabell 1). Min intervjufråga formulerades följande:

Intervjufråga

"Hej,

Jag skriver ett mastersarbete om vedartade växter på gröna tak. Jag vill ta fram en växtlista med potentiella (och beprövade) buskar och småträd som kan växa på en takplantering med max 50 cm jorddjup och extensiv skötsel. Alltså ingen bevattning efter etableringen.

En exakt ståndort är inte satt så växter för både vindpinade och vindskyddade, soliga och skuggiga lägen är relevant. Gemensamt för dem alla är perioder av torka och begränsat rotutrymme.

Har du tips på ca 10 lignoser som skulle fungera i denna torra och utsatta miljö på tak?"

Viktigt att poängtera är att de intervjuade har varierad erfarenhet av plantering på takbjälklag och att alla växter i växtlistan inte är beprövade på takplanteringar utan bara ett troligen lovande växtmaterial. Under intervjun efterfrågades inga exakta substratdjup för de rekommenderade arterna utan bara tips på arter som de vet eller tror skulle kunna fungera framgångsrikt i jorddjup upp till högst 50 cm. Detta gjordes medvetet eftersom det redan tydligt framgår i litteraturen vilka substratdjup olika växtkategorier ska planteras i.

Växtlistan från intervjurens resultat har även kompletterats med fakta från de begränsat antal böcker som behandlar vedartade växter för taket. En källa har också varit Emma Peterssons examensarbete på kandidatnivå: 'Ett bortglömt växtmaterial för morgondagens stadsståndort – En studie i förtätningens problematik samt förslag på växtmateriallösningar'. Ett arbete där liknande intervjuer har genomförts med växtkunniga för att hitta ett torktåligt växtmaterial för trånga växtbäddar som exempelvis takbjälklag.

| Intervjupersoner och intervjusätt | Titel | Bakgrund | Antal rek. växter |
|--|---|---|-------------------|
| Gustav Nässlander, via telefonintervju | Kundansvarig på Stångby plantskola AB i Stångby, Skåne. | Trädgårdsingenjör. Har erfarenhet av omskolning av vedartade växter i plantskolan speciellt för takplanteringar. | 27 |
| Patrick Bellan, via personligt möte | Universitetsadjunkt vid SLU Alnarp, Skåne. | Föreläsare inom växtkunskap, vegetationsbyggnad och plantering vid SLU Alnarp. Arbetar med en uppdatering av Grönatakhandboken. | 10 |
| Johan Slagstedt, via telefonintervju | Markprojektör, konsult och delägare av Markkompaniet Syd AB i Eslöv, Skåne. | Landskapsingenjör och en av författarna till böckerna <i>Träd i urbana landskap</i> och <i>Stadsträdslexikon</i> . Har projekterat flera bjälklagsplanteringar. | 19 |
| Peter Korn, via personligt möte | Trädgårdskonsult och delägare av Klinta Trädgård AB i Klinta, Skåne. | Grundare av Peter Korn's Trädgård, författare av boken <i>Odling på Växternas Villkor</i> , föreläsare samt har planerat och anlagt gröna tak med sandbäddar. | 28 |

| | | | |
|---|---|--|--------------------------|
| Anna Linné, Via mejl | Arbetsledare/trädgårdsmästare på Hemrex AB i Ystad, Skåne. | Har en specialiserad kunskap om släktet Rosor och ansvarade tidigare för rosavdelningen på Flyinge plantshop. | 9 |
| Magnus Carlström, Via mejl | Arbetsledare och växtexpert på Flyinge Plantshop AB i Flyinge, Skåne. | Stort kunnande om vedartade växter och driver Karl-Evert Flincks arboretum i Bjuv. | 17 |
| Anders Folkesson, Via mejl och personligt möte | Landskapsarkitekt på Mareld landskapsarkitekter AB i Höör, Skåne. | Tidigare universitetslektor vid SLU Alnarp och författare till Jordkokboken. | 13 |
| Susanna Lehvävirta, Via mejl | Forskare vid University of Helsinki samt gästforskare vid SLU Alnarp. | Forskar om gröna tak i Norden och är styrelsemedlem vid Scandinavian Green Roof Association. | 7 |
| Henrik Larsson, Via mejl och telefonintervju | Landskapsarkitekt på Sweco architects AB i Stockholm. | Projekterar gröna tak och jobbar nu med en uppdatering av Grönatakhandboken. | 20 |
| Johannes Josefsson, Via mejl | Landskapsingenjör på Mareld landskapsarkitekter AB i Göteborg. | Projekterar gröna tak och var delaktig i takprojektet 79&park i Stockholm. | 16 |
| Litteraturförfattare | Titel | Handling | Antal rek. växter |
| Nigel Dunnett & Noel Kingsbury | Planting Green Roofs and Living Walls | Beskrivning om gröna tak, dess fördelar och vilka växter som lämpar sig för olika substratdjup och lokalklimatförhållanden. | 29 |
| Richard Hawke | An Evaluation Study of Plants for Use on Green Roofs | Resultatbeskrivning av olika växter från en testbädd på ett grönt tak i Chicagos botaniska trädgård. | 6 |
| Edmund C. Snodgrass & Lucie L. Snodgrass | Green Roof Plants: A Resource and Planting Guide | Om extensiva gröna tak och tips på lämpliga växter. Framst sedum och fetbladsväxter. | 1 |
| Christian Werthmann | Green Roofs – A Case Study | En beskrivning och utvärdering av ett grönt tak på American Society of Landscape Architects (ASLA) huvudkontor i Washington D.C. | 2 |
| Emma Petersson | Ett Bortglömt Växtmaterial för Morgondagens Stadsståndort – En Studie i Förtätningens Problematik samt Förslag på Växtmateriallösningar | Kandidatarbete vid SLU som belyser solitärbuskens användning i den förtätande staden och dess potential för bjälklagsplanteringar. | 70 |
| Richard K. Sutton | Green Roof Ecosystems | Omfattande om ekosystemtjänster, växtval och fördelar med gröna tak i ett ekologiskt perspektiv. | 1 |

Tabell 1. Lista på de personer som intervjuats samt den litteratur som ligger till grund för växtlistorna lämnat bak i arbetet.

För att på ett metodiskt sätt bearbeta ämnet utefter frågeställningarna är resultatet indelat i två kapitel (Kapitel 2 och 3). Kapitel 2 behandlar vinsterna av gröna tak och dess konstruktion för att sedan beskriva takets ståndort och de påverkande faktorerna. I detta kapitel besvaras frågeställningen A. I kapitel 3 görs en systematisk beskrivning av växtmaterialet och de egenskaper växterna bör ha. Sedan beskrivs de referensbiotoper som uppkommit under arbetets gång som innehåller lovande lignoser för taket. Här besvaras frågeställningen B och delvis C. I tabellerna presenteras fullständiga växtlistor på de arter som rekommenderats under arbetets gång och ger det fullständiga svaret på frågeställningen C.

Kapitel 1 - Introduktion: Här beskrivs arbetets syfte och mål. En kort introduktion till arbetet ges och mitt tillvägagångssätt i arbetsprocessen beskrivs.

Kapitel 2 - Det gröna taket: Kapitlet är till största del en litteraturstudie som kortfattat beskriver hur konstruktionen av ett grönt tak är uppbyggt samt förklarar varför gröna tak anläggs och i vilka sammanhang det lämpar sig att anlägga olika typer av gröna tak. Här ges även en genomgång av de faktorer som påverkar taket som ståndort. Väsentlig litteratur har använts som: böcker om gröna tak, tekniska manualer och tidskrifter från Biblioteket på SLU Alnarp, PRIMO och Google Scholar. Information har även insamlats genom intervjuer av yrkesverksamma som bidragit med teoretisk och praktisk kunskap.

Kapitel 3 – Växtmaterialet: Kapitlet är en litteraturstudie som bygger vidare på den förkunskap som givits i del 2 och är fokuserat på det vedartade växtmaterialet och hur växtvalet går till. I kapitlet besvaras de frågeställningar som beskrivs i del 1 genom informationen som hämtats ur böcker, manualer och tidskrifter om gröna tak, växter och växtsamhällen. Informationen är från Biblioteket på SLU Alnarp, PRIMO och Google Scholar men även från intervjuer av växtexperter och yrkesverksamma inom ämnet.

Kapitel 4 – Diskussion: bestående av en metoddiskussion, resultatdiskussion och slutsats där arbetet knyts samman.

Tabeller – Fyra växtlistor för olika substratdjup: Insamlingen av kunskap har till största del skett via intervjuer men även genom litteraturstudier i form av dokumenterade testbäddar runt om i världen och böcker om gröna tak. Tabellerna är långa och behöver läsas på ett liggande A4 för att få plats. Därför är tabellerna placerade längst bak i arbetet för att skapa en enhetlig layout och underlätta läsbarheten i hela arbetet.

1.5 Begrepp

Anaerob – En process som inte fordrar tillgång till syre.

Avrinningskoefficient – Ett mått på den maximala andel av en yta som kan bidra till avrinning. Den varierar därmed mellan 0 och 100 procent.

Biokol – Framställs genom att pyrolyser exempelvis skörderester, avfall och trä. Biokolet kan sedan användas som jordförbättring och har en halveringstid på 6000 år.

Biotop – Biotop är en biologisk term för en plats med relativt enhetlig karaktär, struktur och organismsammansättning. Vissa växter finns endast inom en biotop medan andra kan återfinnas i flera eller delar av vissa biotoper.

Ekotyp – En specifik sort inom en art med genetiskt specialiserade egenskaper till följd av sin proveniens (geografiska ursprung).

Jordmån – Den övre delen av marken som påverkas av organismer, vatten och klimatet vilket därmed förändrar jordmånen i något eller några avseenden över tid. Vittring av berggrund och nedbrytning av

organiskt material bidrar också till jordmånens förändring och begreppet används därför främst i naturliga sammanhang.

Karst – Sprickbildning och söndervittring av berg. Ofta i kalksten och kan innehålla håligheter och grottor.

Leaf Area Index – Den totala ensidiga arean av den fotosyntetiserande vävnaden per markenhet.

Pionjärväxt – Växt som tidigt koloniserar ett förut obevuxen plats eller som snabbt växer upp där gläntor bildats i en redan etablerad skog.

Scoria – Ett mörk vulkaniskt material likt pimpsten som är lättviktig och innehåller många små porer. Porererna gör materialet luftigt och välldränerande samtidigt som de små hålen även lagrar vatten och näring. Scorio är tyngre och har större hålrum än pimpsten men flyter inte i vatten vilket pimpsten kan göra.

Substrat – En substans eller yta som växter eller djur lever på och försörjs av. Begreppet är brett och omfattar både naturligt bildade jordar och av människan skapade jordar. Begreppet substrat passar därför bra på de bjälklagsjordar och lättviktsjordar som framställts specifikt för takplanteringar där jordens beståndsdelar kan se mycket olika ut och bestå av exempelvis tillsattsmaterial som vulkaniskt material eller lecakulor. I arbetet kommer detta begrepp används för den jord som används i de skapade miljöerna på taket.

Sekundärväxt – De arter som utgör slutskedet av en succession. De är i många fall långsamväxande som unga och kräver skyddade miljöer i unga år.

Kapitel 2

Det gröna taket

Kapitel 2 – Det gröna taket

2.1 Konventionella tak blir till gröna tak

Taket är ett skyddande lock som håller ute väder och vind på konstruktioner där människor bor eller förvarar förnödenheter. Enligt Weiler och Scholz-Barth (2009) är takens huvudsakliga uppgift att skapa behagliga habitat där temperaturen är jämn och fuktigheten låg. De menar på att så länge det funnits människor har skydd mot vädret eftersträvats oavsett dåtidens rådande teknologiska utveckling. Till en början användes naturmaterial som löv, vass och torv för att täcka taken. Med tiden har byggnadskonsten utvecklats och mer hållbara material har börjat användas; som skiffer, tegel, asfalt, etenpropengummi och plåt. För varje tidsepok i historien har material, form och funktion ändrats för att hantera gamla och nya problem på ett bättre sätt och för att förbättra sin egen levnadsstandard.

Det traditionella taket inom svensk arkitektur är det brutna sluttande taket, men i och med funktionalismens uppgång under 1900-talets början spreds nya influenser till nordens arkitektoniska drag av medelhavsområdets platta tak (Bodén, 1991). I den med de platta taken var att skapa takterrasser där människan kan få njuta av sol, ljus och luft. Ett pådrivande argument för att bygga takterrasser på större flerbostadshus var att komma till rätta med tuberkulosen som spreds i Europa. Att ge alla möjlighet till god hälsa genom solljus och frisk luft var nämligen inte en självklarhet under industrialismen. Precis som i dagens städer var det under denna tiden högt tryck på de få parker och grönytor som fanns i de allt mer tätbefolkade städerna. Detta blev ytterligare ett argument för att börja bygga hus med platta tak. Man ansåg sig även underlätta för framtiden då man trodde flygande fordon snart skulle vara det all dagliga färdmedlet och taken skulle då fungera som landningsbanor. Även om tuberkulos inte längre är ett hotande folkhälsoproblem i Sverige och att sådana flygande farkoster ännu inte har uppfunnits, har det fortsatt byggts platta tak och görs än idag. Detta är till stor del på grund av den samtida arkitekturstil som råder, men också på grund av att platta tak är billigare och lättare att installera över stora ytor (Weiler & Scholz-Barth, 2009).

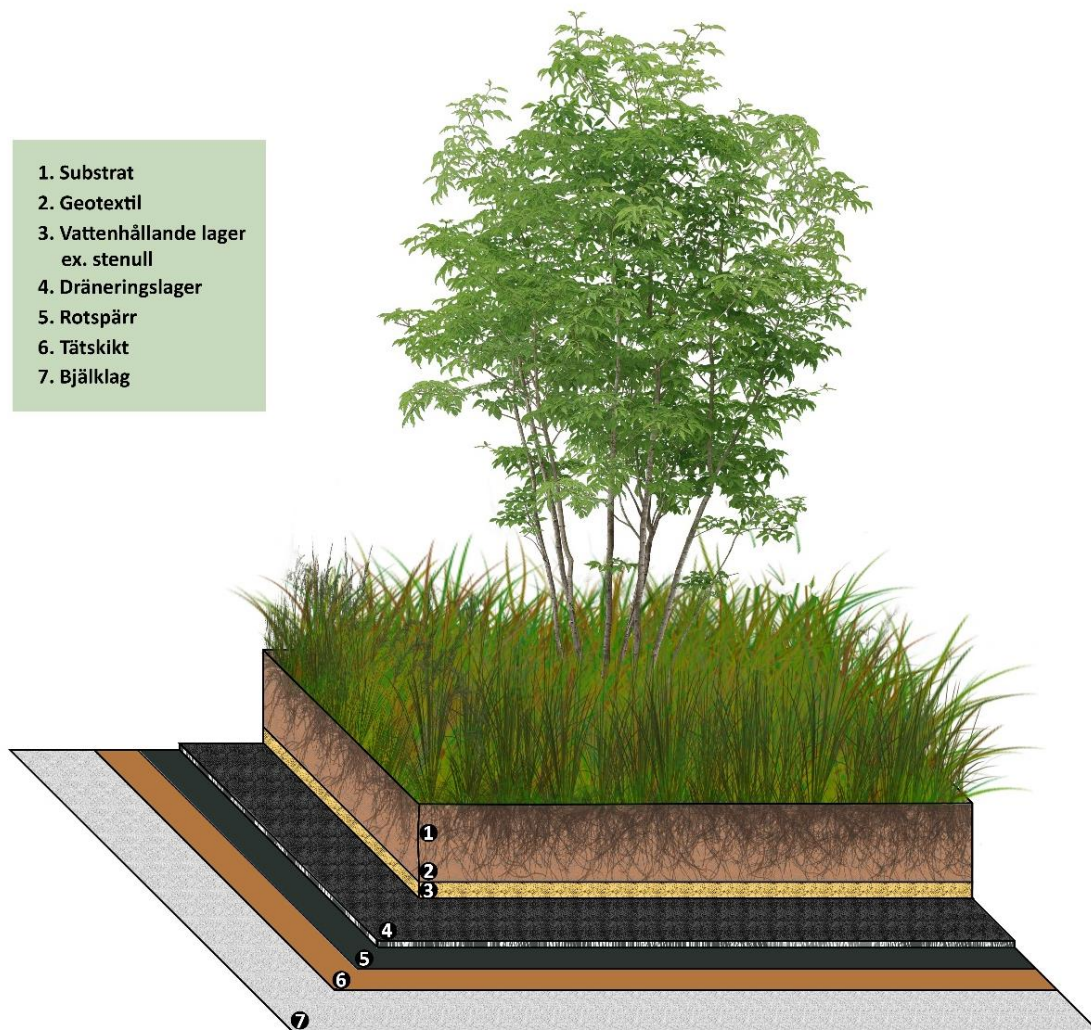
De hårdgjorda platta och sluttande taken kallas i detta arbete för konventionella tak på grund av att de är de mest frekvent återkommande i våra städer. Byggnader med konventionella tak som är exponerade för direkt solljus har en benägenhet att bli extremt varma (Dunnett & Kingsbury, 2008, Snodgrass & McIntyre, 2010, Weiler & Scholz-Barth, 2009). I en amerikansk undersökning mättes taktemperaturen under ett antal sommarmånader. Resultatet visade att mörka hårdgjorda tak nådde temperaturer över 70 °C dagtid och gick ned till ca 15 °C nattetid (Snodgrass & McIntyre, 2010). De höga temperaturskillnaderna är påtagliga på alla konventionella tak, men främst på platta tak på grund av att hela takytan är exponerad för solinstrålning (Weiler & Scholz-Barth, 2009). Även vid regnigt väder kan de konventionella taken vara ett problem. Takens effektiva vattenavrinningsförmåga ökar nämligen belastningen på stadens dagvattensystem (Snodgrass & McIntyre, 2010, Weiler & Scholz-Barth, 2009). Följderna av regnet behöver inte ske lokalt där det regnat som värst utan uppstår på topografiska lågpunkter längre ned i dagvattensystemet (Snodgrass & McIntyre, 2010, Stahre, 2008). På grund av överfulla ledningar stiger då vattnet bakåt och upp på gator, viadukter och källare; vilket kan leda till stopp i trafiken och fuktskadade hem. Om samma scenario sker i ett kombinerat dagvattensystem innebär det även sanitära problem då både dagvatten och avloppsvatten översvämmar människors hem.

Som en följd av de klimatförändringar som sker, förväntas kraftiga skyfall varvat med långa värmeböljor bli allt vanligare (Boverket, 2010). Mer än 20 procent av den urbana ytan består av tak (Sutton, 2015) och i kombination med tätare och mer hårdgjorda städer kommer tidigare nämnda problem eskalera (Boverket, 2010). Detta ställer krav på nya resilienta lösningar och ett nytt synsätt på hur tak skall utformas och vilka material som ska användas (Weiler & Scholz-Barth, 2009).

Dagens gröna tak är en blandning av både gammal och ny teknologi och har de senaste åren fått ett stort uppsving. Gröna tak är nämligen mångfunktionella som sänker temperaturen såväl inomhus som utomhus, de fördröjer dagvatten och ökar den biologiska mångfalden (Boverket, 2010). Beroende på design, taklutning och tillgänglighet kan gröna tak också bidra som sociala mötesplatser och rekreativa ytor. Genom framförallt ombyggnation av befintliga konventionella tak till gröna tak, kan följderna av klimatförändringen reduceras och den trånga stadens invånare får nya möjligheter till frisk luft och solljus på taktopparna. Med dagens teknologi kan vi alltså fullfölja några av de visioner som funktionalismen grundades på och som är högst aktuella än idag.

2.2 Typer av Gröna tak och dess definition

Gröna tak är en teknisk konstruktion som byggs upp av flera olika lager ovanpå ett bjälklag (Wilkinson & Feitosa, 2016). Överbyggnaden kan se olika ut men är oftast uppbyggd med tätskikt, rotspärr, isolering (ibland), dräneringslager, geotextil, substrat och vegetation (se figur 1). Det gröna takets utseende eller vilka tjänster som kan utvinnas beror både på överbyggnadens design samt yttre faktorer som geografisk placering, höjd, solinstrålning, vind och skötselfrekvens. Generellt kan sägas att ett djupare substrat skapar möjlighet för frodigare och mer krävande vegetation.



Figur 1. Exempel på hur ett grönt tak kan vara uppbyggd med olika lager. Illustration av Carl Sandsjö

2.2.1 Definitionen gröna tak

Begreppet gröna tak är väldigt brett och riskerar därför att ge olika associationer från person till person. För att underlätta förståelsen av begreppet och tydliggöra detta arbetets fokus på gröna tak, kommer här en summering av några olika definitioner på gröna tak samt dess underordnade typer.

På *Scandinavian green roof institute* hemsida definieras gröna tak: "Gröna tak är en term som vanligtvis används för att beskriva tak som täcks av vegetation." (SGRI, 2019).

I boken *Green Roof Systems - A Guide to the Planning, Design, and Construction of Landscapes over Structure*, definierar Weiler och Scholz-Barth gröna tak: "Gröna tak används som en övergripande beskrivning av ett mer miljövänligt, kulturellt och ekonomiskt hållbart alternativ för tak på vilken elevation som helst." (2009, s. 9, min översättning).

I rapporten *Grönatakhåndboken – Växtbädd och Vegetation* definieras begreppet gröna tak som: "Överbyggnad för vegetation på bjälklag. Överbyggnaden är alla installationer och lager ovanpå tätskiktet." Pettersson Skog, Malmberg, Emilsson, Jägerhök, och Capener (2017, s. 7). Pettersson Skog et. al tillägger sedan, "För en överbyggnad med vegetation på hustak är grönt tak ett välkänt begrepp, medan det är kanske mindre vedertaget att kalla ett överbyggt garagebjälklag för ett grönt tak." (2017, s. 7).

I de tre ganska olika definitionerna framgår det att begreppet är väldigt brett och innefattar alla typer av bjälklagsplanteringar oavsett substratdjup, taklutning, växtkomposition och takhöjd. Det innebär att allt från en tunn sedummatta på en skyskrapa till en bjälklagsplantering i markplan med parkkaraktär omfattas av begreppet gröna tak. Som förtydligande kommer detta arbete följa Grönatakhåndbokens definition, men också uppmärksamma höjdskillnaderna genom att bara benämna hustak med vegetation ovan marknivå som gröna tak. Konstruktioner i marknivå kommer benämnas som garagebjälklag.

2.2.2 Extensiv och Intensiv skötsel

Gröna tak brukar delas in i två grupper, extensiva och intensiva (Pettersson Skog et al., 2017, Snodgrass & McIntyre, 2010, Weiler & Scholz-Barth, 2009). Begreppen syftar främst på planterings karaktär och skötselbehov, men ger ingen förklaring till överbyggnadens tjocklek som är den avgörande faktorn för växternas överlevnad (Pettersson Skog et al., 2017, Weiler & Scholz-Barth, 2009). Generellt brukar tak med grunt substrat och vegetation med låg skötselintensitet kallas för extensiva gröna tak. Extensiva tak är sällan tillgängliga för allmänheten att vistas på eftersom de främst anläggs på lätta konstruktioner och för miljöförbättrande ändamål; som fördröjning av dagvatten och minskad energiförbrukning i byggnaden. Enligt Snodgrass och McIntyre (2010) och SGRI (2019) brukar ett extensivt tak ha ett substratdjup på ca 3 till 15 cm och är oftast planterat med sedumväxter, suckulenter eller ängsvegetation. Begreppet Intensiva tak syftar på tak med högre krav på skötselintensiteten för att bevara den valda vegetationens uttryck och artsammansättning. Funktionen brukar då vara vistelse och rekreation och har därför förknippats med överbyggnader med djupare substrat på minst 15 cm där park- och trädgårdkaraktär kan gestaltas (Dunnett & Kingsbury, 2008, Weiler & Scholz-Barth, 2009).

Det finns flera scenarier då sambandet mellan extensiv/intensiv och jorddjup inte går ihop. Pettersson Skog et al. (2017) nämner ett exempel på en takplantering med ett substratdjup på 20 cm som både kan vara extensivt och intensivt beroende på val av växter. Om det planteras en artrik äng är anläggningen extensiv medan en gestaltad perennplantering snarare faller under kategorin intensiv. Weiler och Scholz-Barth (2009) menar att de två begreppen inte beskriver takets funktion, användning, design eller skötsel tillräckligt djupgående. De påstår även att beskrivningen av en takanläggnings konstruktion bör vara användnings- och funktionsbaserad, för att undvika missförstånd och felaktigheter i design, dokumentation och beställarens förväntningar.

För enkelhetens skull kommer detta arbete hålla fast vid indelningen av extensiva och intensiva gröna tak när befintliga takanläggningar omnämns. Målet med arbetet avser dock att främja gröna tak där extensiv skötsel, oavsett jorddjup, är tillräcklig för bevarandet av vegetationens önskade funktion och växtsätt; med undantag för en intensivare etableringsskötsel.

2.3 Varför gröna tak?

Beroende på det gröna takets design kan det leverera värden i form av dagvattenhantering, lägre energiförbrukning, ökad biodiversitet, estetik, marknadsvärden och har längre livslängd än konventionella tak (Snodgrass & McIntyre, 2010). Det kan även minska värmeöeffekten som uppstår i staden. För att minska dessa lokala temperaturhöjningar räcker det dock inte med ett grönt tak, utan måste vara omfattande och etablerat på flera byggnader för att ha någon svalkande påverkan. Det är funktionen på takanläggningen som styr vilka värden som anläggningen kan leverera (Pettersson Skog et al., 2017). Ett tak anlagt för rekreation kan exempelvis ge andra värden än ett tak för biologisk mångfald.

2.3.1 En mångfunktionell yta med ekosystemtjänster

I staden är det konkurrens om ytor mellan huskropparna och många funktioner och behov ska få plats. Infrastruktur, nya byggnader, ledningar och parker är bara några faktorer som slåss om utrymmet. Samtidigt sker klimatförändringar och för att förhindra följderna av extrema väderhändelser behöver staden klimatanpassas. Klimatanpassning i staden bygger på att anpassa den genom att dämpa de negativa effekterna av klimatförändringen, samt att utnyttja de positiva effekterna. Det bygger även på att begränsa och reducera utsläpp av växthusgaser. En del av klimatanpassningen är att skapa så kallade mångfunktionella ytor. Iden är, som namnet antyder, att få plats med flera funktioner i en och samma yta. De viktigaste målen med mångfunktionella ytor är: lokal dagvattenhantering, sänkt temperatur inne och ute, ge skugga som skydd mot UV-ljus, stödja bevarandet av biologisk mångfald och bidra till rekreation och sociala mötesplatser. (Boverket, 2010)

En viktig del är även att skapa nya grönområden och göra om oanvända grå ytor till gröna. Konventionella tak har en stor potential att ställas om till gröna tak och på så sätt bidra till klimatanpassningen genom att vara mångfunktionell och leverera ekosystemtjänster. (Boverket, 2010)

Ekosystemtjänster kallas de produkter och tjänster som människan får ut av naturens ekosystem (MEA, 2005). Tjänsterna är indelade i fyra grupper som är: stödjande, försörjande, reglerande och kulturella. Stödjande tjänster är grundläggande för att övriga tjänster ska fungera. De kan vara i form av jordbildning och fotosyntes. Försörjande är de direkta fysiska produkter naturen ger oss, som mat, trä som bränsle och byggmaterial. Reglerande tjänster är balansen ekosystemet uppehåller, som pollinering, luft- och vattenrening samt klimatreglering. De kulturella tjänsterna är bland annat rekreation, estetik, utbildning och inspiration. De tjänster som främst är kopplade till multifunktionella ytor som gröna tak är de reglerande och kulturella (Boverket, 2010). Men även försörjande om designen avser plats för exempelvis grönsaksodling. Följande kommer några fördelar med gröna tak listas som alla bidrar med olika ekosystemtjänster.

Dagvattenhantering

Gemensamt för alla gröna tak är dess förmåga att lokalt fördröja dagvatten. Som exempel hade bostadsområdet Augustenborg i Malmö stora problem med översvämmade källare vid skyfall på grund av deras kombinerade avloppssystem (Naturvårdsverket, 2017). Lösningen kom i slutet av 90-talet då ett öppet dagvattensystem anlades. Det nya systemet innehåller bland annat kanaler, dammar och 0,2 hektar extensiva gröna tak. Av den årliga nederbörden på taken är det endast 50 % av regnet som rinner av och leds vidare i det öppna systemet (Stahre, 2008). Som ett eldprov för Augustenborg kom det 2014 ett 50-200 års regn, det värsta skyfallet i Malmö sedan mätningarna startade på 1800-talet (Naturvårdsverket, 2017). Skyfallet orsakade fastighetsskador till ett värde av 600 miljoner kronor i hela Malmö. Men Augustenborgs

fastigheter drabbades bara en tiondel så mycket som liknande bostadsområden med kombinerat avloppssystem.

Augustenborg är ett bra exempel på hur blågröna lösningar kan vara mer hållbara än traditionella grå lösningar. Eftersom kraftiga skyfall förutspås ske allt oftare, kan stora kostnadsbesparingar göras genom att anlägga gröna tak och på så vis förhindra översvämningar (Naturvårdsverket, 2017). Lokalt omhändertagande av dagvatten är det största argumentet för gröna tak och det är substratdjupet som styr den vattenhållande förmågan (Pettersson Skog et al., 2017). Gröna tak kan minska den årliga avrinningen upp till 90% och leverera avrinningskoefficienter mellan 0,7 – 0,1 (SGRI, 2019). Som jämförelse har ett konventionellt tak en avrinningskoefficient på 0,8 - 0,95, medan ett woodland med sandig jord har 0,1.

Förlängd livslängd på taket

Ett konventionellt platt taks förväntade livslängd är ca 25 år, därefter behöver de bytas ut (Wilkinson & Feitosa, 2016). Anledningen är vädrets krafter med regn, stora temperaturskillnader och ultravioletta strålar som sliter på taket (Snodgrass & McIntyre, 2010). När ett grönt tak anläggs ovanpå ett befintligt tak fördubblas det befintliga takets livslängds, tack vare de många skyddande lagren (Wilkinson & Feitosa, 2016). Att mer sällan byta ut taken kommer ha positiva effekter på miljön och avlasta de många deponierna som ska ta hand om de gamla massorna (Snodgrass & McIntyre, 2010).

Lägre energikostnad

När vegetationen och jorden skyddar taket mot extrema temperaturskillnader skapas det även ett jämnare klimat inomhus. Under sommaren hjälper det gröna taket till att hålla temperaturen sval och på så sätt motverka ökade kostnader för eventuella luftkonditioneringar. Det har även en isolerande effekt på vintern då mycket av värmen tenderar att försvinna genom taket på gamla hus. Hur mycket energi ett hus kan spara genom att installera gröna tak beror på många faktorer. Ett smalt och högt hus lär främst få en jämnare temperatur på övre våningsplanet medan ett lågt hus med mycket takyta kan få en effekt i hela byggnaden. (Snodgrass & McIntyre, 2010)

Motverkar urbana värmeeffekten

Mörka ytor med låg reflektionsförmåga absorberar värme och höjer temperaturen i omgivningen (Mohajerani, Bakaric, & Jeffrey-Bailey, 2017). Staden är full av dessa ytor som tak, asfaltsvägar och parkeringsplatser vilket leder till en högre lufttemperatur i staden jämfört med omkringliggande förorter och landsbygd. Problem som uppstår vid extrem hetta är förstörda ekosystem, ökad energiförbrukning, minskad komfort, hälsorisker och högre risk för smogbildning. Material med högre reflektionsförmåga, som vegetation och vatten, kan därför motverka denna effekt (Osmond & Irger, 2016). Tester som gjorts i Hong Kong visar att extensiva gröna tak kan minska lufttemperaturen på gatunivå med 0,4 - 0,7 grader medan ett intensivt grönt tak kan minska temperaturen med 0,5 – 1,7 grader. Maximal effekt ges om taket är anlagt på låg höjd med så stor yt-teckning som möjligt och med flera anläggningar på närliggande tak. För att uppnå en så kylande effekt som möjligt behöver vegetationen täcka växtsubstratet. Enligt Osmond och Irger (2016) är det torktåliga växter med stor krona eller har hög *Leaf Area Index* som ger den bästa kylande effekten. Blad med ljus behåring visade sig också ha en kylande effekt på både sin omgivning och i växten.

Motverkar försämrad luftkvalitet

Den urbana luften är ofta förorenad av kemiska föreningar som kolmonoxid, kväveoxider och polyaromatiska kolväten, bly, alkener och bensen. En av de största källorna till denna förorening är avgaser från vägtrafiken. De kemiska föreningarna tillsammans med damm och gummipartiklar från bildäcken sprids med vinden längs med gator och kan orsaka problem för omkringliggande ekosystem samt för människor som överexponeras. Även om vegetationen kan ta skada av de kemiska föreningarna finns det växter som är resistent och kan fånga upp partiklarna och gasen. Ju större total bladyta desto högre förmåga att fånga upp partiklar och än mer om bladen eller barren är klibbiga eller håriga. För att få den filtrerande effekten året om krävs städsegröna växter. Barrväxter som *Pinus nigra*, *Taxus sp* och *Juniperus sp* är några bra

exempel på växter som både är resistent mot luftföroreningar samt har stor bladytta tack vare deras tätt sittande barr. (Bramryd, 1993)

Reducerar buller

Gröna tak kan både reducera ljud som färdas över hustaken från gata till innergård, men också sänka ljudnivån inne i byggnaden. I detta fall är det inte vegetationen, utan kombinationen av substrat, luftfyllda porer och isoleringslager i överbyggnaden som skapar den ljuddämpande förmågan. Denna förmåga ökar ytterligare när konstruktionen fylls med vatten och har bäst isoleringsförmåga när den är vattenmättad. (Van Renterghem, 2017)

Ökad biodiversitet

Att plantera växter på tak ökar givetvis biodiversiteten till skillnad från ett konventionellt tak. Men beroende på det gröna takets design och jorddjup kan biodiversiteten öka mer eller mindre. Exempelvis är ett grunt sedumtak så torrt att bara de mest torktåliga växterna kan överleva och är därför en begränsad ståndort där få växter trivs. Ett sätt att skapa ökad biologisk mångfald är att skapa biotoptak (Haaland, Fransson, Kruuse, Emilsson, & Malmberg, 2018). Iden med biotoptak är att skapa heterogena förhållanden i substrat och jorddjup så att olika mikroklimat skapas. Detta ger en direkt ökning av biologisk mångfald eftersom ett bredare spann av växter kan etableras. Men även indirekta ökningarna i form av insekter och fåglar som söker föda och boplats i vegetationen. Man kan även skapa mikroklimat genom att lägga ut större stenar, död ved eller insektshotell som gynnar vissa arter (Snodgrass & McIntyre, 2010). För att gynna insekter som humlor och bin krävs det nektarproducerande växter under hela växtsäsongen (Haaland et al., 2018). Vid inventeringar på takbiotoper i Malmö har dessa insekter noterats upp till sjunde våningen. Fjärilar är sällan skådade på tak men troligen kan dessa också gynnas genom att plantera specifika värdväxter för önskade fjärilsarter, samt att anlägga större areal av sammanhängande grönt tak. För att långsiktigt bevara mångfalden av växter och djur krävs det skötselinsatser för att förhindra att vissa växter tar över.

Närhet till rekreationsmöjligheter och ökade estetiska kvaliteter

Enligt Gehl (2011) är den bilfria miljön väldigt viktig för att människan ska uppskatta en plats och stanna upp för sociala aktiviteter. Gehl (2011) nämner även hur viktigt solljuset och vindskyddet, främst i Skandinavien, är för att få människor att stanna upp och vilja ta en paus just där. Tak har stor potential som rekreativ yta då de är bortkopplade från vägen tack vare sin höjd och allt oftast är fullt solexponerad (Dunnett & Kingsbury, 2008). För att sedan skapa ett trivsamt grönt tak kan vindskydd, rumsindelning, skugga och tillgänglighet tillföras (Wilkinson & Feitosa, 2016). Taket kan då bli en perfekt offentlig park eller privat trädgård för de boende i byggnaden (Dunnett & Kingsbury, 2008). Även tak som inte är tillgängliga men som är synliga från omgivande byggnader bidrar med estetiska värden och välmående (Snodgrass & McIntyre, 2010).

Tillgång till natur och grönska är ett grundläggande behov hos människan för att finna ro och återhämtning. Vilken typ av grönska som upplevs estetiskt tilltalande av den stora massan är föränderlig över tid och påverkas bland annat av demografi, erfarenheter och kulturella preferenser. Varierad vegetation upplevs oftast positivt och det estetiska och rekreativa värdet på en plantering ökar med tätheten, höjden, texturen och färgen. Generellt i Sverige uppskattas planteringar som har estetiska värden för varje årstid och som behåller grönska och strukturer även under vinterhalvåret. (Pettersson Skog et al., 2017)

Miljöbevis på byggnader

Att anlägga ett grönt tak ger poäng vid en eventuell certifiering av en byggnad (Pettersson Skog et al., 2017). Ett sådant certifikat är ett bevis på att byggnaden når upp till en given nivå sett ur ett socialt, miljömässigt och ekonomiskt hållbart perspektiv och att kontroller gjorts av tredje part (SGBC, 2019). Det finns flera miljöledningssystem i Sverige och några är LEED, BREEAM-SE och Miljöbyggnad. Beroende på hur många poäng byggnaden får, delas den in i klasser med stigande rangordning. LEED och Miljöbyggnad

klassar sina byggnader med brons, silver och guld medan BREEAM använder sig av Pass, Good, Very good, Excellent och Outstanding.

Miljöcertifieringen LEED har i USA visat sig öka värdet på byggnaden samt priset per kvadratmeter i lägenheterna (Snodgrass & McIntyre, 2010). Det är också lägre energikostnader i dessa hus vilket ökar marknadsvärdet på byggnaden. I en amerikansk studie gjord av *The U.S. General Services Administration* år 2008, visade det sig att de anställda i en LEED-certifierad byggnad trivs 27% bättre i sin omgivande miljö än de som jobbar i en konventionell amerikansk byggnad. Studien visade även att procentsatsen ökar ytterligare om byggnaden har en högre miljöklassning, exempelvis resulterade LEED GOLD-certifierade hus i genomsnitt 34% bättre.

Med certifieringen BREEAM-SE kan ett grönt tak få olika poäng beroende på takets design och artrikedom. Kontrollen utförs av en ekolog som gör en objektiv bedömning av hur stor andel av de ekologiska rekommendationerna som uppfylls. Ekologen Åsa Eriksson brukar bedöma ett sedumtak med ett "baspoäng" medan ett artrikt tak eller biotoptak får ytterligare poäng.¹

Gröna tak har även en positiv inverkan på en byggnads bedömning enligt Grönytefaktor (GYF) (Pettersson Skog et al., 2017). GYF är inget certifikat utan ett mätinstrument för kommuner och städer som vill förespråka en ökning av ekoeffektiva ytor. En ekoeffektiv yta är de blå och gröna ytor som har en positiv påverkan i form av lokal dagvattenhantering, bättre mikroklimat, bullerdämpning samt ökade sociala värden. Enligt detta mätinstrument poängsätts byggnaden och tomten utefter dess förmåga att leverera ekosystemtjänster. Därför kan exempelvis en plantering med buskar och träd ge mer poäng än en låg sedummatta eftersom den förstnämnda bidrar med fler ekosystemtjänster.

2.4 Begränsad vikt på befintliga tak

Varje år tillkommer 1–2% nybyggda hus till den totala mängden byggnader (Wilkinson & Dixon, 2016b). Om denna årliga tillökningen kvarstår till år 2050 kommer 87% av byggnaderna vara hus som redan finns idag. För att kunna göra en förändring i stadsrummet och tillföra multifunktionella gröna tak kan man därför inte enbart förlita sig till nya byggnader utan även se på gamla byggnader vars tak kan byggas om till gröna. Men de befintliga byggnadernas konstruktion är begränsad i sin dimensionering för laster och därför är bärigheten en faktor som ofta begränsar designen på det gröna taket (Wilkinson & Feitosa, 2016). Att göra dessa ombyggnationer kräver tvärvetenskapliga kunskaper och delaktighet från fler parter än enbart landskapsarkitekter, speciellt vid uträkningen av konstruktionens bärande förmåga då en legitimerad konstruktör bör utföra detta.

2.4.1 Taklutning

Lutningen sätter också gränser för det gröna takets utseende då den vattenhållande förmågan minskar och risken för erosion ökar med högre taklutning (Wilkinson & Feitosa, 2016). Vad som troligen är den maximala lutningen för gröna tak just nu, är 45 grader (VegTech, 2019b). Vegtechs produkt anläggs i färdiga moduler med sedum och örtvegetation och det tack vare plastmodulerna som håller kvar vatten och jord. För taklutningar över 10 grader rekommenderas grunda substratdjup med extensiv skötsel och om frodigare vegetation önskas krävs ett mindre sluttande tak (Wilkinson & Feitosa, 2016).

De tak som kallas platta tak har en lutning på 10 grader eller mindre, men de har alltid en viss lutning för att förhindra stående vatten (Wilkinson & Feitosa, 2016). Detta arbetet riktar sig främst åt dessa tak eftersom något djupare planteringar kan tillämpas och växter som buskar och träd blir möjligt att plantera. Den låga

¹ Muntlig källa - Åsa Eriksson, Ekologigruppen 2019-02-12

lutningen gör det även möjligt för vistelse och rekreativa aktiviteter. Men för att kunna anlägga ett grönt tak på befintlig byggnad måste byggnadens konstruktion kontrolleras.

2.4.2 Bärande konstruktion

Vid omställning av gråa tak till gröna måste den befintliga konstruktionens vikt bärande egenskaper samt det nuvarande ytskiktet kontrolleras (Wilkinson & Feitosa, 2016). Den bärande konstruktionen brukar bestå av betong, trä eller metall. Dessa material har alla olika densitet och styrka vilket gör att konstruktionerna ofta skiljer sig åt. Placering och avståndet mellan bärande balkar och pelare i byggnaden varierar också beroende på husets konstruktion och arkitektoniska typ. Gemensamt för alla material är att de kan konstrueras för att bära upp ett tyngre intensivt grönt tak, men exempelvis trähus har sällan platta tak eller är konstruerade för tyngre belastningar. För att beräkna den totala lasten på taket måste totalvikten och de temporära vikterna räknas samman (Pettersson Skog et al., 2017).

Totalvikt: Den konstanta vikten av konstruktionens olika lager som vegetation, jord, betong och plastmaterial när den är vattenmättad.

Temporära vikter: Alla typer av vikter som kan uppstå ibland mer eller mindre sällan. Som vindlast, regnlast, snölast, nyttig last (människors och fordons aktiviteter) och tillfällig last av utrustning, maskiner och byggmaterial.

(Pettersson Skog et al., 2017)

På gröna tak med jorddjupet 15 cm och under, bör taket klara av totalvikter upp till 225kg/m² (RICS, 2016). Om en befintlig konstruktion inte kan hålla den önskade taktypen kan konstruktionen alltid förstärkas, dock med en väsentlig extra kostnad som kan göra projektet icke ekonomiskt hållbart (Wilkinson & Feitosa, 2016). Generellt behöver inga konstruktioner med 10 cm substratdjup eller mindre någon förstärkning. Om en djupare jord önskas bör en konstruktör räkna på takets bärrighet. På flera tak finns möjligheten till heterogena lösningar där djupare jord och tyngre lignoser anläggs ovanpå bärande element där konstruktionen är som starkast, och på svagare ytor mellan de bärande elementen anläggs lättare planteringar (Pettersson Skog et al., 2017) eller vistelseytor som gångar och sittplatser (Weiler & Scholz-Barth, 2009). Ett exempel på en sådan lösning är Takpark på Sveavägen 44 i Stockholm (Paju, 2015). Där har substratets struktur och djup reglerats efter bärrigheten på takets olika delar. Ovanför bärande pelare har vedartad vegetation planterats i 20 cm substratdjup på 12m² stora ytor (se figur 2). Mellan pelarna anlades torrängar med 8–10 cm djup och på takets svagaste punkter i ytterkanterna, spreds ett tunt lager av klappersten på 2–4 cm djup.



Figur 2. Takpark på Sveavägen 44 i Stockholm. Designen har en heterogen lösning där bland annat buskarna *Elaeagnus commutata*, *Juniperus communis*, *Pinus mugo* och *Rosa rugosa* är planterade i 20 cm substrat ovanför bärande element, medan vistelseytor och lägre vegetation har anlagts på mindre bärande ytor. Sedumtaket till höger i bild har en homogen lösning med sedummatta över hela den uppskjutande takdelen. Foto av Carl Sandsjö

Ett annat exempel är The American Society of Landscape Architects (ASLA) huvudkontor i Washington, där ett konventionellt tak byggdes om till grönt tak (Werthmann, 2007). Taket består av olika uppskjutande delar som alla har olika bärighet i sin konstruktion. Genom att maximalt utnyttja de olika delarnas bärighet kunde flera vegetationstyper etableras i separata växtbäddar. På den starkaste delen, hisschaktet, anlades en djup bädd på 60 cm där *Rhus copallina* och klätterväxten *Campsis 'Madame Galans'* planterades. På trapphusets tak anlades en 30 cm bädd med, för trakten inhemska och tåliga buskar, *Ceanothus americanus*, *Comptonia perigrine*, *Rhus aromatica* och *Rosa carolina*. På övriga delar av taket där bärigheten var lägre anlades sedum, perenner och ängsvegetation. Liknande designlösningar har gjorts i flera andra anläggningar där bland annat det nybyggda bostadsprojektet 79&park i Stockholm är ett. Där har takets olika delar delats in i 3 olika "pixlar" som innehåller olika vegetationstyper beroende på takdelens bärighet (se figur 3) (Richardsson, 2019). De tre olika pixlarnas vegetationstyper är Sedum och gräs, Perenner och buskar samt Träd, buskar och perenner.



Figur 3. 79&park i Stockholm. Designen har homogena bäddar med olika jorddjup beroende på takdelens bärighet. Några av växterna är *Cornus mas*, *Crataegus x persimilis* 'Splendens', *Mespilus germanica*, *Pinus sylvestris*, *Rhus typhina* och *Syringa reticulata* fk ENSKEDE E. Foto av Carl Sandsjö

2.4.3 Substratvikt

Konventionell jord (AMA typ a & b) som används i planteringar på marken kan nästan helt uteslutas vid plantering på tak och bör aldrig användas i substratdjup under 70 cm om inte tillsatsmaterial är inblandat (Pettersson Skog et al., 2017). Konventionell jord fylls lätt med för mycket vatten och blir väldigt tung. Den höga vikten är ofta för tung för bjälklaget och den vattenhållande förmågan kan skapa anaeroba förhållanden vilket förhindrar växternas förmåga att ta upp syre och vatten och är en stor stress för vegetationen. Genom att blanda jorden med tillsatsmaterial som pimpsten, tegelkross, Leca, scoria eller biokol kan totalvikten minskas och andelen tillgängligt syre i jorden öka. Detta kommer också öka mängden tillgängligt vatten för vegetationen. Därför är jordsammansättningen en viktig del för att kunna bygga upp växtbäddar som både håller vikten och kan ge växterna rätt förhållanden under lång tid. Peck och Kuhn (2003) ger ett bibliotek i Vancouver som exempel där en uppblandad lättviktsjord användes. Jorddjupet var 36 cm, vägde 293 kg/m² och var då tillräckligt lätt för att anläggas på bibliotekets befintliga tak utan att konstruktionen behövde förstärkas. Peck och Kuhn (2003) beskriver sedan att om en sandjord använts istället för lättviktsjorden, hade totalvikten varit 720 kg/m² och därav varit för tung för den befintliga konstruktionen.

På marknaden finns flera olika typer av dräneringsmattor som läggs under jorden och fungerar som vattenmagasin (Pettersson Skog et al., 2017). Dessa produkter är bättre på att hålla vatten än konventionell jord och kan därför minska både jorddjupet och totalvikten. Men med god vattenhållande förmåga i grunda jordar kan lätt anaeroba förhållanden uppstå. Därför måste den ovanliggande jorden vara av grövre substrat som kan bryta den kapillärverkande effekten och ge tillräckligt med luft till rötterna.

2.5 Ståndortsförhållanden på urbana tak

Det karaktäristiska draget för alla gröna tak är den begränsade tillgången på rotutrymme och avsaknaden av grundvatten (Pettersson Skog et al., 2017). Till följd av det grunda substratet kan fluktuerande förhållanden uppstå mellan syrefattiga förhållanden vid regn och långvarig torka under sommaren. Generellt kan även sägas att en plantering på tak ofta utsätts för mer extrema väderförhållanden som starkare vind, högre solinstrålning och hetta än de närliggande planteringarna på marknivå. Med högre och mer exponerade tak ökar de extremare förhållandena vilket ytterligare höjer kraven på vegetationens lämplighet (Snodgrass & McIntyre, 2010). Beroende på takens lutningar och omkringliggande träd och byggnaders skugga kan mer skyddade områden uppstå där mikroklimatet är mer gynnsamt för vegetationen (Pettersson Skog et al., 2017). Sjöman och Slagstedt (2015b) beskriver bjälklagsplanteringar likt floddalgångar där förhållandena periodvis är väldigt torra men vid regn plötsligt blir blöta. Sjöman och Slagstedt (2015b) påpekar att det därför inte är möjligt att skapa förhållanden som passar alla växter och det är arter som har utrustat sig med strategier för att klarar de två extrema förhållandena. Floddalgångar finns både i varma och svala regioner där olika arter kan återfinnas. I en urban liknelse kan ett lågt beläget, skyddat och varmt tak liknas vid den varmare regionen, medan ett högt beläget eller på annat sätt utsatt tak kan liknas vid den svalare regionen. I kapitel 3.5 finns fler beskrivningar på biotoper som liknar takets ståndort.

När växtval för taket ska göras måste fler faktorer än de generella förhållandena på taket vägas in. För varje enskilt tak måste en djupare analys av ståndorten utföras eftersom de yttre faktorerna skiljer sig åt beroende på den geografiska platsen och det omgivande landskapet.

Följande punkter är baserade på *Tabell 4.1* i Sjöman och Slagstedts bok *Träd i Urbana Landskap* (2015b) och checklistan *Appendix 1* ur Wilkinson och Dixons bok *Green Roof Retrofit: Building Urban Resilience* (2016a).

2.5.1 Värme och kyla

Platsens geografiska placering har stor betydelse för temperaturen, både i nord-sydlig riktning men också i höjd över havet och avstånd från kusten (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Hög höjd och nordlig breddgrad är generellt kallare och kustnära områden har en jämnare temperatur året om på grund av vattnets stabila temperatur. Inlandsklimatet har istället högre temperaturskillnader med kallare vintrar och varmare somrar.

På grund av den urbana värmeöeffekten är staden normalt sett 1 till 3 grader varmare än omgivande landsbygd (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Temperaturen i staden är inte jämn utan kan även vara betydligt högre eller lägre beroende på rådande mikroklimat. Inom en radie på 50 meter kan temperaturskillnader på 19 grader uppstå där de svalare partierna är grönområden och de varmaste är innegårdar med mycket betong och asfalt. Beroende på takisoleringen kan det gröna taket värmas upp eller kylas ned underifrån vilket också påverkar växtplatsens totala värmesumma (Dunnett & Kingsbury, 2008). För växterna innebär en ökad värmesumma en tidigare lövsprickning och en längre växtsäsong på hösten (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Totalt är växtsäsongen ca en månad längre i staden än på landsbygden vilket är något som gynnar många växter som kräver en längre vegetationsperiod, men kan också lura vissa arter till exempelvis för tidig knoppsprickning.

I den grunda jorden kommer vissa växter ta skada av kylan och snabba temperaturväxlingar, även om växterna anses härdiga för vårt nordliga klimat (Dunnett & Kingsbury, 2008). Vid kortare perioder av kyla når tjälen bara någon decimeter ner, medan vid sträng långvarig kyla kan tjälen gå betydligt djupare (SMHI, 2016). Hur djupt tjälen når beror också på markens struktur, fuktighet, ovanliggande vegetationen och på eventuellt snödjup. Under denna period är växterna i vila och när tjälen sedan släpper till våren och jordtemperaturen når ca 3 till 5 grader, börjar växterna gå ur vilan med sina rötter (Snyder, 2007). Detta sker innan knoppsprickning och rottillväxten kan, beroende på art, påbörja när det fortfarande är väldigt kallt i luften så länge jordtemperaturen är rätt. Rötter är känsligare mot kyla än dess ovanjordiska delar och kan ta

skada om en ny köldperiod med ihållande tjäle börjar. Rötternas tillväxt ökar sedan ytterligare med högre jordtemperatur och så gör även kambiet i stammen där nya celler bildas för att ta upp vatten och näring (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Om stora temperaturväxlingar sedan sker kommer ytterbarken att expandera vilket kan leda till att stammen spricker. Dessa typer av stamsprickor är vanliga bland många lönnarter (se figur 4). Innan sprickorna läkt är skadorna en ingångspunkt för exempelvis svampangrepp.



Figur 4. SEB bank i Köpenhamn. *Acer sp.* till vänster i bild har redan börjat blomma den 1:a mars när fotot togs. Trädet står i en mycket liten tväxtbädd likt de som *Betula sp.* står i. Den stora stamsprickan kan vara en frostskada till följd av temperaturväxlingar, men detta är inte fastställt. Foto av Carl Sandsjö

På sommaren kan den grunda jorden istället bli väldigt varm. Även här har rötter visat sig mer känsliga för värme än ovanjordiska vegetativa delar. Höga jordtemperaturer har visat sig påverka växternas vitalitet negativt mer än vad torka gör. En kombination av dem båda är dock ännu värre för växternas överlevnad. Vid höga jordtemperaturer hämmas rötternas tillväxt och förmågan att ta upp vatten och näring kan sättas ur spel. Att öka växtbäddens djup med ett par centimeter sänker temperaturskillnaderna för både värme och kyla och kan även öka den vattenhållande förmågan i jorden. Ett tunnare substratdjup ställer därför högre krav på arternas härdighet. (Savi et al., 2016)

2.5.2 Solinstrålning

Takets lutning och väderstreck påverkar mängden solinstrålning (Pettersson Skog et al., 2017). Lutande södervända tak har en högre solinstrålning än andra väderstreck och om omgivande material är vita eller av glas kan strålning reflekteras och ge en ökad uttorkande effekt på växterna (Snodgrass & McIntyre, 2010). En grund växtbädd erbjuder sällan mer fukt på skuggsidan än solsidan, på grund av det porösa substratet. Men plantor i skuggiga partier lider mer sällan av uttorkning än växter på soliga partier då den svalare miljön har mindre evapotranspiration (Sjöman & Slagstedt, 2015b) och beroende på skuggans täthet kan den skapa ett behagligare mikroklimat (Snodgrass & McIntyre, 2010).

2.5.3 Markförhållanden

Jordens egenskaper är starkt förknippat med de begränsningar som lätta konstruktioner för med sig. En begränsad vikt ställer höga krav på jordens struktur och vilka beståndsdelar substratet har. På marknaden idag finns det flera företag som säljer färdiga jordblandningar som är pimpstensbaserade och har syftet att hålla låg vikt, vara dränerande och samtidigt tillgodose vatten och näring åt växterna (Bara-Mineraler, 2018, VegTech, 2019a). Om en specifik naturmiljö eller en heterogen biotopplantering eftersträvas kan det vara relevant att blanda sin egen jord (Pettersson Skog et al., 2017). Följande beskrivs några generella faktorer som är viktiga att känna till för en lyckad grund plantering på tak där skötseln ska vara extensiv.

Näringshalten bör vara låg eftersom en för fertil och kraftig jord kommer ge kraftig tillväxt som sedan är känslig för torka eller kyla (Dunnett & Kingsbury, 2008). För kraftiga jordar kommer även påskynda tillväxten av ogräs (Snodgrass & McIntyre, 2010). Därför bör jorden ha en lägre näringshalt där växterna får en långsammare tillväxt men förbättrad hårdighet (Dunnett & Kingsbury, 2008). För ett lyckat gasutbyte bör jorden vara väl-dränerad och minst 25 % av jordens porer bör vara luftfyllda (Pettersson Skog et al., 2017). Om jorden håller för mycket vatten och de luftfyllda porerna understiger 15 % under längre perioder kommer växternas tillväxt att hämmas (Dunnett & Kingsbury, 2008), och under 10 % blir det kritiskt för de flesta växter (Pettersson Skog et al., 2017). För att undvika detta bör jordar som lera och silt undvikas (Dunnett & Kingsbury, 2008). Även organiskt material som torv, kompost eller kokos bör hållas låg för att undvika för kraftiga jordar. Organiskt material bryts med tiden ned och det kan bildas sättningar i jorden (Snodgrass & McIntyre, 2010). Genom att tillföra biokol kan inblandningen av organiskt material minska och jordens stabilitet över tid öka (Cao, Farrell, Kristiansen, & Rayner, 2014). Marklevande organismer, exempelvis dagmaskar, som i naturliga system håller jorden frisk genom att lufta den och bryta ned blad och andra organiska material, har svårt att överleva i grunda jordar på tak (Best, Swadek, & Burgess, 2015, Vanhoenacker, 2016). Utan en djupare terrass att gå ned till utsätts organismerna för alla extremväder som torka och tjäle vilket få arter kan klara av (Best et al., 2015). När dessa organismer saknas blir det extra viktigt att substratet är stabilt så att växternas behov av syre och näring kan tillgodoses. Dunnett och Kingsbury (2008) påstår att organiska material helt kan uteslutas ur jordblandningen för att uppnå en långvarig stabilitet. Om målet är att öka de marklevande organismernas chans till överlevnad bör grunda homogena jordar undvikas och istället kan varierade substrat och substratdjup skapa mikroklimat som blir en tillflyktsort vid extrema väder (Best et al., 2015, Dunnett, 2015).

Att öka pH-värdet i en befintlig jord är lätt men desto svårare att sänka. Värdet kan exempelvis ökas genom att blanda in cementkross (Dunnett & Kingsbury, 2008) eller sänkas något genom att blanda in biokol (Cao et al., 2014).

2.5.4 Torka och fukt

På grund av avsaknaden av grundvatten och det ofta grunda jorddjupet kan gröna tak lätt torka upp (Dunnett & Kingsbury, 2008). Hög vind och solinstrålningen är båda två viktiga faktorer som har en uttorkande effekt på vegetationen. Vindstyrkan är generellt högre på hög höjd och ökar ju högre upp en befinner sig (Wilkinson & Feitosa, 2016). Placeringen av omgivande högre byggnader har också betydelse

eftersom vinden antingen kan blockeras eller forceras. Om vinden pressas mellan två huskroppar skapas turbulens vilket får vinden att öka i styrka och forceras framåt (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Djupa bäddar håller generellt fukten längre än grunda och en sammanhängande växtbädd tillgodoser mer tillgängligt vatten än flera små växtbäddar. På tak exponerade för mycket vind och hög solinstrålning kan därför ett extra djupt substrat vara nödvändigt för att undvika allt för långvariga torrperioder².

Vid regn kan tunna bäddar lätt bli helt vattenfyllda och varje centimeter av substrat har betydelse för vegetationens överlevnad (Pettersson Skog et al., 2017). Anaeroba förhållanden kan skada de flesta vedartade växter efter bara ett par timmar (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Skadorna som kan uppstå vid långvariga anaeroba förhållanden liknar ofta torkstress. Några vanliga skador till följd av detta är reducerad rottillväxt, rotdöd, svampangrepp, försämrad näringsupptagningsförmåga, mindre blad tillväxt och intorkade löv. Översvämningar under vegetationsperioden är generellt sämre än under vintertid då växterna är i vila (Sjöman & Slagstedt, 2015b) men allt för blöta vintrar kan orsaka röta i rötterna. För att undvika detta behöver substratet vara poröst, väl-dränerat och tillräckligt djupt för den valda vegetationen (Pettersson Skog et al., 2017).

2.5.5 Luftföroreningar

Salt är en kemisk stressfaktor som inte alla växter klarar av och som främst påverkar växternas blad, barr och knoppar. Vid kustnära takanläggningar kommer salta vindar vara extra påtagligt vilket ställer krav på att den valda vegetationen är tolerant för just salt. (Sjöman & Slagstedt, 2015b)

Föroreningar från biltrafik och industri har också en stark påverkan på vissa växter och bör därför tas i åtanke vid växtval på utsatta platser. Föroreningar tas nämligen upp av barr och blad och kan orsaka skada i växten. Större partiklar som hamnar på bladen kan även påverka fotosyntesen negativt. (Sjöman & Slagstedt, 2015b)

2.6 Sammanfattning

Anledningarna till att anlägga gröna tak kan vara många och är starkt förknippade med takets design. I Sverige är de flesta gröna tak grunda extensiva sedumtak med det huvudsakliga syftet att fördröja dagvatten. Genom att öka substratdjupet möjliggörs en mer komplex plantering där fler arter kan etableras och ytterligare värden kan förstärkas. Att i större utsträckning kunna plantera vedartade växter på stadens tak skulle ytterligare bidra med förstärkta värden och kanske framför allt bli intressanta miljöer att vistas på. Med målbilden att hitta biotoper med lämpligt växtmaterial för taket behövs först och främst takets ståndort redogöras. Detta kapitel har avsett att besvara min första frågeställning **A** - 'Vilka faktorer påverkar det urbana taket som ståndort?'. Resultatet som framkommit är:

- A.** **Höga temperaturskillnader, långvarig torka, stark vind, begränsat rotutrymme** och i vissa fall **anaeroba förhållanden**. En del anläggningar kommer även påverkas av **luftföroreningar** och/eller **salta vindar** vid kustnära lägen.

² Muntlig källa - Henrik Larsson, Sweco 2019-05-06

Dessa faktorer kan vara mer eller mindre påtagliga beroende på takets geografiska läge, altitud och andra yttre omständigheter. För varje nytt takprojekt bör därför en grundlig kontroll av ståndorten göras innan växtvalen görs. Men beskrivningen ger ändå en bra grund för att gå vidare och hitta liknande platser i naturen som kan tänkas innehålla passande lignoser för olika takmiljöer.

Kapitel 2 i punktform...

- Vid planering och anläggning av gröna tak bör begreppen extensiva och intensiva främst användas för att i enkla drag påvisa en anläggnings skötselbehov. Det bör också kompletteras med beskrivningar av anläggningens användning, funktion och design.
- Många av stadens befintliga konventionella tak skulle kunna ställas om till mångfunktionella gröna tak där ekosystemtjänster som exempelvis dagvattenhantering och rekreation kan vara eftersträfvade funktioner. Plantering av vedartat växtmaterial lämpar sig främst på platta tak.
- Vid ombyggnad av konventionellt tak till grönt tak måste vikten allt som oftast hållas låg. Substratets innehåll och djup är de viktigaste faktorerna som påverkar totalvikten.
- Ett ökat substratdjup ger större möjlighet att etablera fler vedartade växter.
- Djupa bäddar håller generellt fukten längre än grunda och en sammanhängande växtbädd tillgodoser mer tillgängligt vatten än flera små växtbäddar.
- För att möjliggöra djupare planteringar på befintliga tak kan planterings design anpassas lokalt genom att placera de djupaste bäddarna över takets bärande element.
- Växtplatsen på tak behöver stå ut med stundtals extrema väderförhållanden där långvarig torka och stark vind ofta är påtaglig. I grunda växtbäddar eller feldimensionerade bäddar kan anaeroba förhållanden skapas, vilket är en stressfaktor som vegetationen måste hantera.
- En viss mängd skugga kan ge ett gynnsammare mikroklimat för vegetationen eftersom evapotranspirationen blir lägre.

Kapitel 3

Växtmaterialet

Kapitel 3 – Växtmaterialet

3.1 Varför vedartade växter på tak?

Syftet med detta arbetet är att undersöka vilka vedartade växter som passar i lättviktsjordar på tak med jorddjup upp till 50 cm och endast extensiv skötsel. I en sådan tunn porös jord utan bevattning är kraven hårda och en noggrann selektion av den vegetation som ska planteras måste göras. För växterna ska inte bara överleva torka och sträng kyla, utan de ska visa på tillväxt och god långvarig vitalitet. Först då kan vegetationen uppfylla sin funktion och bidra med ekosystemtjänster (Lundholm & Williams, 2015). En lyckad etablering av mindre träd och buskar på dessa exponerade platser har många fördelar då de kan tillföra förbättrade ekosystemtjänster och gestaltningsmässiga fördelar i planteringen (Bellan, Slagstedt, & Sjöman, 2016, Hirons & Sjöman, 2019). På tak som är tillgängliga eller synliga från nära håll är det framförallt passande med vedartade växter (Dunnett & Kingsbury, 2008). I en studie av Fernandez-Cañero, Emilsson, Fernandez-Barba, och Herrera Machuca (2013) visade det sig att de mest estetiskt tilltalande gröna taken är de variationsrika vegetationssystemen som innehåller just buskar och träd.

3.1.1 Förstärkta ekosystemtjänster

Att anlägga gröna tak med flerskiktad vegetation ökar den vattenhållande förmågan (Weiler & Scholz-Barth, 2009). Detta beror på en ökad interception som syftar på mängden blad och grenar som kan fånga upp nederbörd (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Beroende på mängden nederbörd avdunstar sedan vattnet innan det når ned till marken. Barrväxter har generellt en högre interception än lövfällande vegetation på grund av deras många tätt sittande barr. Vintergröna barrväxter förbättrar även isoleringsförmågan vintertid på de gröna taken (Dunnett & Kingsbury, 2008). Vid plantering av buskar och träd på gröna tak kommer anläggningen få en större mängd biomassa som har en bättre förmåga att binda koldioxid från atmosfären jämfört med en örtartad vegetation utan lignoser (Lundholm & Williams, 2015). Vedartade växter tillför även en ökad biologisk mångfald och möjligheten till tidig vårblooming som kan vara avgörande för de allra tidigaste insekterna (Madre, Vergnes, Machon, & Clergeau, 2013, Sjöman & Slagstedt, 2015b). Buskar och träd fungerar också som habitat för insekter och fåglar där bland annat flera fjärilar har vedartade växter som värdväxter och är helt beroende av att dessa växter finns tillgängliga för att övervintra och lägga sina ägg (Wirén, 1993). Några inhemska värdväxter för fjärilar är *Frangula alnus*, *Rhamnus cathartica*, *Betula sp.*, *Salix sp.* och *Quercus sp.* Där vegetationen ger lä och skugga skapas nya mikroklimat och möjligheten till en ytterligare mångfald av växter skapas (Dunnett & Kingsbury, 2008). Den lä-givande vegetationen kan även attrahera fler fjärilar till taket eftersom de behöver varma vindskyddade miljöer för att trivas (Wirén, 1993). Den vedartade vegetationens förmåga att leverera ekosystemtjänster ökar med tiden då den växer sig större, vilket ställer krav på ett långsiktigt tänk i samband med växtvalet (Sjöman, Hirons, & Bassuk, 2018).

3.1.2 Arkitektoniska fördelar

Med vedartad vegetation kan rumsligheter, avskiljare och känslan av omslutenhet skapas (Dunnett & Hitchmough, 2004). För vegetationen kan fungera som väggar, golv och tak där flera skikt av grönska kan växa över varandra. Med barr och andra vintergröna växter kan denna omslutenhet bestå året om och vistelsetiden på platsen förlängs tack vare vindskyddet och det estetiska uttryck som barren kan ge vintertid (Bloom & Bloom, 2017). Under sommaren tenderar barrväxter att ta en mer strukturell roll och fungera som gestaltningens bakgrund som accentuerar de blommande växterna som vaknat till liv. Med vedartade växter kommer platsen bli föränderlig över tid och möjligheten att forma platsen med skötsel blir möjlig. Kronorna kan höjas eller glesas, en förväxt bergtall kan formklippas till bonsai (Dunnett & Kingsbury, 2008) och en

rönsumak kan beskäras med stubbskottsbruk för att nästa säsong växa upp med fler stammar och skapa ett nytt uttryck (Dunnett & Hitchmough, 2004). Möjligheterna att skapa karaktärer och uttryck är många och med rätt växt på rätt plats kan en långsiktig förädling ske och det gröna taket kan bli en avskild oas för rekreation.

3.2 Substratdjup

För en lyckad etablering av den önskade vegetationen är substratdjupet den mest avgörande faktorn (Dunnett & Kingsbury, 2008, Pettersson Skog et al., 2017). Givetvis ska substratet vara av rätt blandning för växten och innehålla näring och ge möjlighet till gasutbyte och vatten (Pettersson Skog et al., 2017, Snodgrass & Snodgrass, 2006). Men med rätt substratblandning kommer ett djupare substrat ge möjlighet att plantera både fler och större växter.

Varje tak är unikt och därför bör en avvägning av platsens yttre omständigheter göras innan ett definitivt jorddjup sätts³. Det kan vara geografiska läget, platsens mikroklimat, vindskydd, nederbörds mängd, beskuggning och så vidare (Dunnett & Kingsbury, 2008). Sedan måste även växtbäddens design bedömas eftersom växtbäddens totala volym är en avgörande faktor för hur mycket tillgängligt rotutrymme det kommer finnas. Som tidigare nämnt kan en större sammanhängande växtbädd tillgodose mer vatten än flera små separata bäddar. Med hänsyn till dessa faktorer har de rekommenderade substratdjupen ett spann på flera decimeter.

3.2.1 Rekommenderat substratdjup

Följande indelning av substratdjup för vedartade vegetationstyper är baserad på två böcker. Svenska utgåvan *Grönatakhandboken – Växtbädd och vegetation* av Pettersson Skog et al. (2017) och den engelska boken, *Planting Green Roofs and Living Walls* av Dunnett och Kingsbury (2008) (se figur 5).

Det har varit nödvändigt att hämta informationen från båda böckerna eftersom den svenska utgåvan behandlar växtbäddar i svenska förhållanden men har en allt för grov indelning av substratdjupen och växtmaterialets storlek. Den engelska utgåvan har en mer detaljerad indelning av växtmaterialet och vilka storlekar som kan planteras vart, men rekommendationerna är skrivna för ett brittiskt klimat. Med hänsyn till de geografiska skillnaderna bör därför det lägsta substratdjupet för varje kategori baseras på Grönatakhandbokens rekommendationer i största möjliga mån. Exempelvis menar den engelska utgåvan att växtkategorin *Mindre träd* kan etableras i 50 cm substratdjup medan den svenska utgåvan förespråkar minst 60 cm. I detta fall bör den svenska utgåvans rekommendation följas och mindre träd kan därför inte rekommenderas att planteras på takanläggningar där substratdjupet är ≤ 50 cm och skötseln är extensiv.

³ Muntlig källa – Henrik Larsson, Sweco 2019-05-06

| |
|--|
| <p><u>Grönatakhåndbokens rekommendation</u></p> <p>12 – 50 cm: Buskar</p> <p>35 – 70 cm: Stora buskar</p> <p>60 – 125 cm: Mindre träd/buskträd</p> <p>100+ cm: Träd</p> <p><u>Planting green roofs and living walls rekommendation</u></p> <p>10 - 20 cm: Halvbuskar och små buskar</p> <p>15 - 25 cm: Krypande buskar och barrväxter</p> <p>20 - 50 cm: Medelstora buskar</p> <p>50+ cm: Små lövfällande träd och större barrväxter</p> |
|--|

Figur 5. Rekommenderade substratdjup för olika lignoser efter dess växtsätt och storlek. Informationen är sammanställd från svenska utgåvan Grönatakhåndboken och en engelsk handbok för gröna tak: *Planting green roofs and living walls*.

Växternas storlek och definition

I böckerna *Grönatakhåndboken* och *Planting green roofs and living walls* framgår det inte några konkreta mått eller definitioner av hur stor en buske eller träd är; vilket kan bli problematiskt i växtvalsprocessen då den subjektiva bedömning av en växts storlek kan variera beroende på vem som gör växtvalet.

Buskar finns i många storlekar och former, allt från krypande marktäckande till pelarform eller trädlika buskar (McIndoe, 2014). Det finns även halvbuskar som ibland dör tillbaka på vinter och sedan skjuter nya skott till våren (Gardiner, 2011). En buske är vedartad och är oftast från marken flerstammig men kan också ha en genomgående stam (McIndoe, 2014). Begreppet buskar inkluderar både barrväxter och lövade växter. Detsamma gäller även för träd och eftersom vissa buskar kan bli höga är det ibland svårt att skilja mellan en stor buske och ett litet träd. Många växter har en långsam tillväxt och befinner sig i ett buskstadie under en längre tid för att på sikt växa till trädlika individer. En växt kan även gå från träd till buske genom att skjuta flera rotskott efter att trädstammen fallit (Götmark, Götmark, & Jensen, 2016). Det finns uttalade svårigheter att skilja buskar från små träd vilket bland annat Götmark et al. (2016) påpekar då de menar att buskar är allt från *Vaccinium* spp. som blir ca 0,2 meter hög till *Corylus avellana* som kan bli hela 10 meter höga. Sedan finns det trädarter som blir lägre än 10 meter och där uppstår det en svårighet att skilja en större buske från ett mindre träd. För tydlighetens skull följer detta arbete höjdkategoriseringen ur boken *The Hillier Manual of Trees & Shrubs* från 2014 (se figur 6). Där har Hillier, Armitage, och Sanford (2014) delat in växterna efter dess förväntade sluthöjd vilket avgör vad för typ av buske eller träd det är. Samma höjdkategorisering har även Gardiner (2011) följt i sin bok *Encyclopedia of Flowering Shrubs*.

Det är viktigt att ha i åtanke att växternas sluthöjd kan vara olika beroende på klimat och geografiskt läge. Förutom geografiska läget måste faktorer som skugga, jordtyp eller en närliggande vägg beaktas eftersom dessa kan påverka växtens sluthöjd. Dessutom kan skötselns intensitet påverka växtens höjd.

| <u>Höjdkategorier från The Hillier Manual of Trees & Shrubs</u> |
|---|
| Dvärgbuskar: 0.3 - 1 meter |
| Små buskar: < 1.5 meter |
| Medelstora buskar: upp till < 3 meter |
| Stora buskar: > 3 meter |
| Mindre träd: < 10 meter |

Figur 6. Höjdkategorier baserat på växternas förväntade sluthöjd. Informationen är hämtad från Växtkatalogen *The Hillier Manual of Trees & Shrubs*.

Vedartat för olika jorddjup

I grunda växtbäddar med extensiv skötsel är varje centimeter av substrat viktig och avgörande för vilken typ av vegetation som kan växa på platsen (Dunnett & Kingsbury, 2008, Hawke, 2015). I växtbäddar med mycket hög exponering för vind och solinstrålning kan ett extra djupt substrat vara nödvändigt för att undvika allt för långvariga torrperioder.⁴ De rekommenderade substratdjupen är därför bara en ungefärlig fingervisning och en grundlig kontroll av takets ståndort måste göras.

Vid 12 - 50 cm kan buskar planteras och vid 35 - 70 cm kan stora buskar planteras enligt Grönatakhandboken (Pettersson Skog et al., 2017). Pettersson Skog et al. (2017) ger ingen närmare redogörelse för vilken typ av buskar som kan planteras vid 12 cm men enligt Dunnett och Kingsbury (2008) kan halvbuskar och små buskar planteras vid 10 - 20 cm djup och krypande buskar och barrväxter vid 15 - 25 cm djup. Av de två källorna kan en tolkning göras att mellan 12 - 20 cm är det möjligt att plantera halvbuskar eller mycket torktåliga små buskar i Sverige, exempelvis dvärgbuskar (se tabell 2).

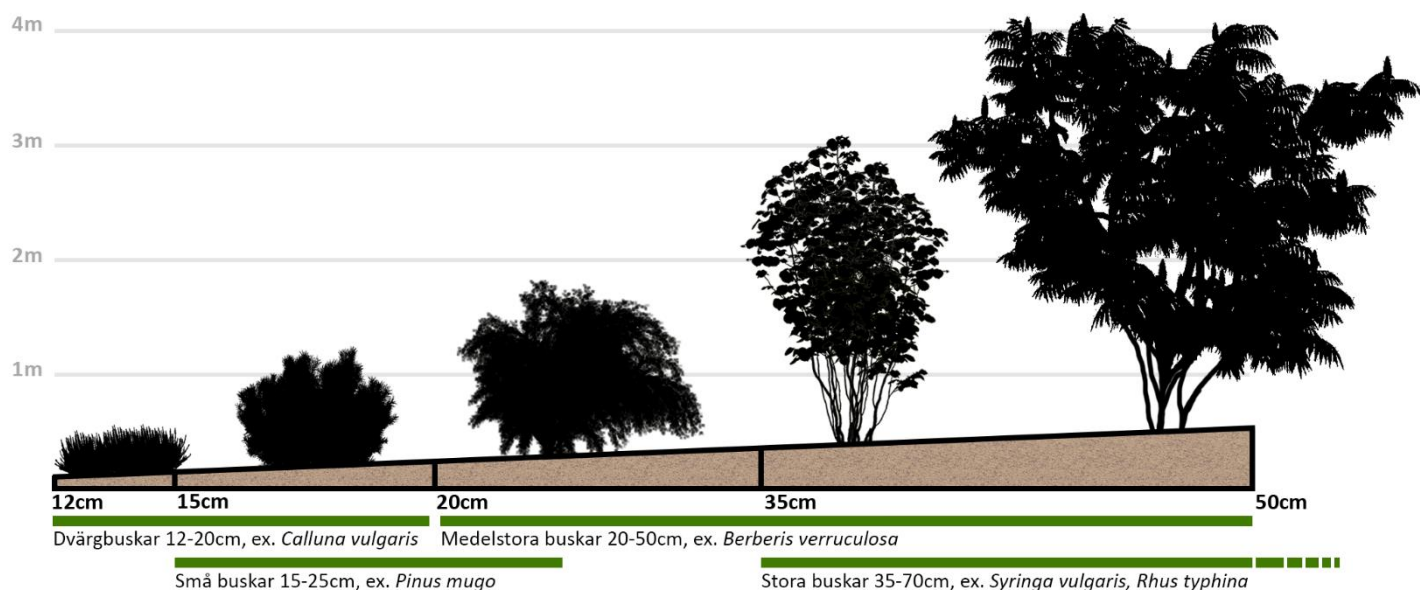
På 15 - 25 cm jorddjup kan de mest härdiga och torktåliga lågt växande buskarna planteras (Dunnett & Kingsbury, 2008). Dessa buskar har ofta en krypande form för att undgå ytterligare vindexponering. Bladen tenderar att vara små och ibland grådaggiga. Till detta djup kan många baljväxter planteras såsom *Cytisus* sp., *Caragana* sp., *Genista* sp. och *Ononis* sp. Även många krypande rotskottsbildande arter inom *Rosa* sp., *Prunus* sp. och *Salix* sp., men även risartad vegetation som *Erica carnea*⁵ och *Calluna vulgaris* kan växa här, men de vill både ha mycket sol och är känsliga för långvarig torka och därför bör växtplatsen noga utses (Dunnett & Kingsbury, 2008). Flera barrväxter med ursprung från extrema utsatta miljöer skulle också kunna etableras här. Låga sorter av *Juniperus* sp. och *Pinus* sp. kan fungera, men viktigt att komma ihåg att även barr generellt är känsliga för uttorkning och en väl vald plats på denna grunda jord är återigen viktig. Utifrån Hilliers höjdkategori motsvarar de nämnda växterna dvärgbuskar och små buskar (se figur 3).

Vid substratdjup på ca 20 - 50 cm blir det möjligt att plantera fler och större vedartade växter inom kategorin små och medium buskar (Dunnett & Kingsbury, 2008). Dels lämpar sig föregående släkten med möjlighet att välja mer högväxta arter och sorter. Men även andra släkten som bildar buskar under 3 meters höjd. Exempel på några är *Buddleja* sp., *Lonicera* sp., och *Potentilla fruticosa* cvs. (se figur 4).

⁴ Muntlig källa - Henrik Larsson, Sweco 2019-05-06

⁵ Muntlig källa - Patrick Bellan, SLU 2019-05-06

Vid 35 cm är det teoretiskt möjligt att plantera större buskar i gynnsamma lägen, men på exponerade lägen bör detta djupet ökas och spannet för stora buskar är därför 35 - 70 cm (se figur 5) (Pettersson Skog et al., 2017). Släkten som faller inom denna kategori är större sorter av bla. *Elaeagnus* sp., *Syringa* sp., *Rhus* sp. och *Hippophae* sp. Vad som tydligt framgår i de två rekommendationerna är att under 50 cm bör inga träd planteras utan bara buskar i storlekarna små, medel och stor (se figur 7). Beroende på vilken av rekommendationerna en följer bör mindre träd planteras först vid 50 eller 60 cm jorddjup.



Figur 7. Samband mellan substratdjup och storleken på den vedartade vegetationen på tak.
Illustration av Carl Sandsjö.

Växtlistor för olika substratdjup finns listade i slutet av arbetet (se **Tabeller – Fyra växtlistor för olika substratdjup**).

3.3 Buskars fördelar framför träd

I artikeln *Why Be a Shrub?*, lägger Götmark et al. (2016) fram flera hypoteser om buskars generella fördelar gentemot träd och varför buskar är så framgångsrika i många extrema habitat. Även om författarna understryker att mer forskning behövs göras på ämnet hittar de flera bevis för sina hypoteser.

Götmark et al. (2016) påstår bland annat att buskar är generellt bättre på att hantera torka än träd eftersom de inte behöver transportera vätskan lika högt upp i kronan. Götmark et al. (2016) påstår även att buskar förbrukar mindre energi genom att producera korta böjbara stammar som sträcker sig horisontellt för att nå solljus, istället för vertikalt som träden. Buskarnas låga profil och böjbara grenar hjälper också till att undvika den uttorkande vinden samt att stå emot och inte knäckas av snölast på vintern. Att täckas av snö på vintern kan också vara en fördel för buskarna då snön fungerar som ett isolerande lager som skyddar mot kylan. De har även fördelar i att vara flerstammiga eftersom en del av växtens lagrade energi fortfarande finns kvar om några stammar knäcks; tillskillnad från ett enstamigt träd som får förödande konsekvenser om stammen går av. På rikare marker har träden fördelen av att vara högväxta och endast buskar som kan hantera skuggan kan växa där under; övriga buskar förpassas till brynzonen eller till miljöer där träden inte kan eller hunnit etablera sig (Korn, 2012). Stäppen är ett bra exempel på en miljö där träd inte kan

konkurrera och egenskaperna hos många buskar kommer väl till pass (Bone et al., 2015). På grund av det extrema klimatet med torra varma somrar, kalla vintrar med hög vind och låg nederbörd har buskarna koloniserat stora delar av stäppen. I dessa områden återfinns träd främst vid vattendrag och längs floder eller i stäppens utkanter där sommarnederbörden är högre (Bone et al., 2015, Chatto, n.d.-c). För närmare beskrivning av stäppen och övriga biotoper se kapitel 3.5 "Biotoper likt taken".

Götmark et al. (2016) menar att flerstammiga buskar även har en snabbare och kraftigare tillväxt än små träd av likvärdig volymstorlek och att buskar når en reproduktiv fas tidigare än träd; vilket på en takplantering är en estetisk fördel i form av tidigare blomning. Ett bra typexempel på ovanstående argument är *Potentilla fruticosa*. Om denna buske blir bränd, betad eller dör tillbaka efter långvarig torka, skjuter den lätt nya skott från basen och återfår sin tidigare storlek efter bara 2- 4 år (Rosén & Maarel, 2000).

Beskrivningen av buskar kontra träd är ytterst generell och vid växtval bör en mer djupgående analys av varje individ göras. Hur en sådan urvalsprocess går till förklaras närmare under kapitel 3.3 "Ståndortsanpassade växtval".

3.3.1 Förbereda växter i odling

Förutsatt att substratet på taket är av en porös lättviktsjord finns det olika tillvägagångsätt att plantera växtmaterialet på taket där vissa resulterar i mer eller mindre lyckade etableringar. Att plantera krukodlade växter med torvbaserad plantskolejord på tak kan innebära komplikationer vid etableringen och försämma växtens utveckling (Snodgrass & Snodgrass, 2006). Torven kommer nämligen torka ut mycket snabbare än lättviktsjorden samtidigt som den kompakteras i och med att det organiska materialet bryts ned. Vid omfattande planteringar av med dessa krukodlade växter på en takanläggning med lättviktssubstrat kan hela platsens jordsammansättning ändras. Växter som är uppdrivna i näringsrika torvjordar har också svårare att anpassa sig till den nya växtplatsen då de är vana vid god tillgång till både näring och vatten (Korn, 2012). Dessa växter har ofta lagt all energi på tillväxt ovan jord med mycket bladmassa och mindre på rottillväxt. Genom att förbereda växten och driva upp den under torrare förhållanden i magrare porös jord kan växten lättare etableras på den slutliga växtplatsen och jordsammansättningen kan bevara sina positiva egenskaper. Växter uppdrivna på detta sätt får ofta ett lägre kompaktare uttryck och anpassar blad, ved och rötter efter de karga förhållandena. Enligt Korn (2012) mognar dessa växter av bättre på hösten vilket ger en hårdare ved och därav en bättre hårdighet. Det är till fördel om växterna är uppdrivna under längre tid i substrat som liknar det substrat de slutgiltigt skall planteras i, eftersom plantor uppdrivna i plantskolejord får förändrade egenskaper vilket gör att de i princip kan liknas vid en helt annan växt⁶.

Problem kan även uppstå när plantering av större individer ska ske eftersom rotklumpen kan vara högre än anläggningens djup (se figur 8) (Snodgrass & Snodgrass, 2006). Att då behöva förstöra eller dela rotklumpen är ingen bra idé eftersom man då skadar växtens rötter. På plantskolor har alternativa uppdrivningsmetoder nyligen påbörjats. På Stångby Plantskola har rotklumpen på äldre individer, uppdrivna på traditionellt vis, delats, för att sedan omplanteras i lägre och bredare Air-pots med pimpstensbaserad lättviktssubstrat (Richardsson, 2019). Rotklumpen som delades gick då från att vara 80 cm hög till endast 35–40 cm höjd⁷. Enligt Nässlander⁸ behöver plantorna två växtsäsonger att rota sig i den nya air-poten, innan de kan levereras till kund och att det är vind- och torktåliga växter som främst ska drivas upp på detta sätt. Nässlander berättar att denna metod ger möjlighet till plantering i grundare jordar och att den breda rotklumpen är lättare att förankra, men han påpekar även att metoden är ny och att det ännu inte är bevisat om metoden förbättrar växtens lämplighet eller hårdighet för platsen.

⁶ Muntlig källa - Patrick Bellan, SLU 2019-02-14

⁷ Muntlig källa - Patrick Bellan, SLU 2019-05-06

⁸ Muntlig källa - Gustav Nässlander, Stångby Plantskola 2019-03-13

Uppbyggnadsbeskränning i ungt stadie är viktigt för att förbereda växten för den utsatta miljön (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Ett träd med genomgående stam når en hög totalvikt och har ett högt vindfång vilket ytterligare ökar de temporära vikterna på taket och ställer högre krav på rotklumpens förankring (Weiler & Scholz-Barth, 2009). I naturen på utsatta växtplatser med begränsad vattentillgång tenderar vegetationen att ha en lägre flerstammig karaktär och växa på bredden snarare än höjden (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Denna företeelse kan utnyttjas på gröna tak och växter som är uppbyggnadsbeskrädda till flerstammiga solitära individer bör väljas framför uppstammade gatuträd; vilket ger en bättre resistens mot vind med lägre belastningspunkt, men också ett intressantare och naturligare uttryck för platsen.



Figur 8. Takplantering i Köpenhamn där rotklumpen sticker upp ovanför växtbädden. En alternativ uppdrivning i en låg Air-pot skulle troligen kunnat få rotklumpen att passa växtbäddens djup. Foto av Carl Sandsjö

3.4 Stånds Anpassade växtval

Eftersom växterna på taket inte bara ska överleva på den extrema växtplatsen, utan långsiktigt visa god vitalitet, måste växterna kunna hantera återkommande abiotisk stress som begränsat rotutrymme, långvarig torka, stark vind, höga värmskillnader och kalla vintrar (Dunnett & Kingsbury, 2008, Madre et al., 2013). Ståndorten skiljer sig mycket från intilliggande ståndorter på marknivån och enligt Snodgrass och McIntyre (2010) kan mikroklimatet på taket vara så annorlunda att klimatzonindelningen inte överensstämmer med den geografiska platsen. Detta gör att växternas dokumenterade härdighet för området inte fullt ut kan appliceras på taket. Denna besvärliga miljö gör att biologiska aspekter måste prioriteras framför de estetiska

för att hitta rätt växt till rätt plats (Dunnett & Kingsbury, 2008). Om växternas vitalitet är nedsatt eller artmångfalden minskas på grund av illa anpassat växtval, kommer anläggningen inte längre kunna leverera de avsedda ekosystemtjänsterna i lika hög grad och prydnadsvärdet kommer minskas (Lundholm & Williams, 2015, Sjöman et al., 2018).

I dagsläget väljs allt som oftast sedumväxter till de extensiva gröna taken (Wilkinson & Dixon, 2016b). Detta görs utan att ta hänsyn till lokalklimatet eller undersöka möjligheten till att plantera andra arter. Att variera växtvalen och öka antalet arter skulle ge fler och ökade ekosystemtjänster samt en ökad resiliens mot eventuella sjukdomar, skadeinsekter och extrema väderförhållanden (Lundholm & Williams, 2015, Sjöman et al., 2018). Att etablera större vedartade växter i en mer komplex och dynamisk plantering kommer också bidra till rekreation på de tak som människor vistas på men även på de tak som inte är tillgängliga men synliga på nära håll (Dunnett & Kingsbury, 2008).

Nedan kommer en urvalsprocess i tre steg beskrivas där de biologiska aspekterna behandlas som är avgörande för växtens etablering och vitala utveckling. Dessa punkter och rangordning är från boken *Träd i urbana landskap* av Sjöman och Slagstedt (2015b). Till urvalsprocessen hör även icke biologiska aspekter, men dessa kommer inte behandlas i detta arbete. De tre stegen i urvalsprocessen är:

- 1. Härdighet & friskhet (3.4.1)
- 2. Succession (3.4.2)
- 3. Tolerans för växtplatsen (3.4.3)

3.4.1 Härdighet & friskhet

Det allra första steget i växtvalet är att välja härdigt och friskt växtmaterial för vårt kalla klimat i Sverige (Dunnett & Kingsbury, 2008, Sjöman & Slagstedt, 2015b). Veden på olika buskar och träd har en lägsta temperatur som den klarar av att hantera (Korn, 2012). Om temperaturen går under denna gräns kan den nya tillväxten ta skada och om kylan är ihållande kan hela växten dö. Växternas första försvar mot hårda och långa vintrar är dess förmåga att köldacklimatisera och gå in i ett vilostadium på hösten (Wisniewski, Nassuth, & Arora, 2018). Denna process är långsam och börjar redan på sommaren när nätterna blir längre (Hänninen, 2016). Då hårdnar veden och den nya årstillväxten blir vedartad. Denna process hjälper lignoserna att stå emot köldstress och ger vissa arter möjligheten att växa på mycket hög latitud (Arakawa, Kasuga, & Takata, 2018). Eftersom acklimatiseringsprocessens start beror på nattlängden, vilken är olika beroende på breddgrad, skiljer sig växternas start för invintring. Denna "biologiska klocka" är genetiskt nedärvd från sin moderväxt och växter från denna individ kommer inte ändra sin invintring även om den flyttas till en annan region (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Exotiskt växtmaterial från sydligare breddgrader som är van vid långa nätter kan därför påbörja sin invintring för sent på grund av våra breddgraders korta sommarnätter (Hänninen, 2016). Vilket ofta leder till att växten får problem under våra kalla höstnätter och drabbas av frostsador eftersom veden inte hunnit hårdna.

På våren när klimatet blir varmare påbörjar växterna en avacklimatiseringsprocess då växten går ur sin vila för att påbörja sin knoppsprickning (Wisniewski et al., 2018). Men när vårliga perioder uppstår mitt i vintern kan denna avacklimatisering börja för tidigt. Eventuella förändringar i denna årliga klimatcykel kan potentiellt öka risken för att träd får frostsador eftersom växten inte är lika köldresistent under denna process (Arakawa et al., 2018). Huruvida en ökad risk uppstår beror på både biologiska och miljömässiga faktorer (Wisniewski et al., 2018). Biologiska faktorer är: vilken art, ekotypens behov av kalla perioder, den genetiska förmågan att motstå avacklimatisering vid händelse av kortvarigt varma perioder och/eller förmågan att återacklimatisera. De miljömässiga faktorerna är intensiteten och tidpunkten för temperaturfluktuationerna samt platsens altitud och latitud där växten finns. För många arter ur den tempererade och boreala regionen har även dygnsrytmen betydelse för när avacklimatiseringen startar (Hänninen, 2016). När dessa växter inte får den sammanhängande köldperiod de är vana vid fungerar nattlängden som en skyddsmekanism från att gå ur vilan för tidigt.

I Sverige är det därför att föredra växter med en tidig invintring och sen knoppsprickning för att undvika frostsador på hösten och våren (Hänninen, 2016, Sjöman & Slagstedt, 2015b). För plantering på hög höjd i utsatta lägen bör växter med en väl tilltagen härdighet väljas framför arter som ligger på sin yttersta härdighetszon (McIndoe, 2014). Men dock inte ett allt för härdigt växtmaterial eftersom en sådan växt kan invintra och fäller sina blad betydligt tidigare än den behöver, vilket blir en förlust i estetiska värden (Sjöman & Slagstedt, 2015b).

Som redan nämnt i tidigare kapitel är substratet viktigt för växternas överlevnad och beroende på substratblandningen kan härdigheten hos många växter öka (Gardiner, 2011, Korn, 2012, McIndoe, 2014). Rötterna är generellt mindre härdiga mot kyla än övriga växtdelar på trädet (Consolloy, 2007, Hänninen, 2016) och blöt jord kan därför skada växternas rötter under hösten och vintern när tjälen fryser marken (Bengtsson, 1998, McIndoe, 2014). Rötternas funktion på grunda tak vid låga och höga temperaturer finns att läsa på kapitel 2.5.1, *Värme och kyla*.

Ekotyper

Många växter har naturligt en stor geografisk spridning och samma art kan förekomma på både svala och varma platser, på låg höjd och hög höjd (Sellmer & Kuhns, 2007). Med dessa skillnader i klimatet har den genetiska strukturen hos populationerna anpassats och arten förändras gradvis över det geografiska området. De olika geografiska ursprungena kallas proveniens och fröförökade sorter av samma art har därför olika härdighet beroende på dess proveniens (Bengtsson, 1998). Konceptet ekotyper innebär tanken av strikta gränser mellan de genetiskt olika provenienserna och syftar på den specifika sorten från en viss proveniens (Hänninen, 2016).

Sorter som härrör från ett fuktigare område av sin utbredning kan därför vara mindre tolerant på en takplantering gentemot ekotyper från en hetare och torrare proveniens (MacDonagh & Shanstrom, 2015, Sellmer & Kuhns, 2007). Skillnaderna kan vara fysiskt synliga där ekotypen förskaffats med exempelvis tjockare löv som tolererar just heta, torra och blåsiga förhållanden bättre. Det är därför viktigt att välja växter med proveniens från områden med liknande årstidsrytm och temperaturskillnader som där den ska planteras (Hänninen, 2016). Eftersom taken är utsatta och ofta blir rejält nedkylda för att sedan värmas upp tidigt på våren är det extra viktigt att välja ekotyper som är knoppstabila med en nordlig proveniens. Men även i bergsmiljöer och på hög latitud är nätterna och klimatet mer likt ett nordligt klimat och därför kan flera lämpliga arter och ekotyper hittas i dessa områden.

Härdighet för svenskt klimat behöver dock inte vara helt förknippad med hög höjd eller nordliga breddgrad eftersom passande växter även kan hittas långt söderut tack vare deras härdighetsminne (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Detta minne är kvar från när plantan växte på kallare breddgrader men av olika anledningar tvingats flytta på sig. Den senaste istiden är ett sådant exempel då inlandsisens framfart tvingade växterna söderut och etablera sig på passande växtplatser för att sedan lämnas kvar när isen drog sig tillbaka (Chatto, n.d.-a). Liknande växtförflyttningar har skett bland annat genom mänsklig påverkan eller av naturliga krafter som uppkomsten av bergskedjor, splittring av landmassor eller spridning av öknar (Chatto, n.d.-e). Därför kan härdigt växtmaterial för svenska takplanteringar även återfinnas i andra delar av världen med ett betydligt varmare klimat.

Kontroll av proveniens

Detta arbete förespråkar ett utökat växtmaterial på taket där potentiellt mindre kända eller oanvända buskar och träd kan lyftas fram. Men att i praktiken använda ett växtmaterial som inte har något dokumenterat sortnamn för vårt svenska klimat kan betyda att växten har en allt för sydlig proveniens. Även i plantskolan är det svårt att kontrollera en växts proveniens (Bengtsson, 1998). Även om många sorter är framtagna för dess goda härdighet kan det vara svårt att säkerställa att det är rätt sort, speciellt på unga plantor och enligt Bengtsson (1998) kan 20 – 30 % av alla planterade träd vara av fel sort. Därför menar Bengtsson (1998) att E-plantsystemet är ett bra alternativ. E-plantor är nämligen vegetativt förökade eller uppdrivna från frön av

dokumenterad härkomst (LRF, 2016, Nilsson & Holm, 2013). Dessa växter är uppdrivna i Sverige och utvalda för dess friskhet och sjukdomsresistens vilket är en trygghet för köparen.

Växtsortimentet av e-plantor är dock begränsat och inte framtaget specifikt för takplanteringar vilket ytterligare begränsar urvalet. Ett alternativ är att själv samla in frön från lovande provenienser och driva upp dem för att hitta härdiga ekotyper. Ett arbete som givetvis är tidskrävande och som främst bör göras av plantskolister, forskare eller hobbyodlare med långsiktiga mål och inte av landskapsarkitekter med stundande takprojekt.

3.4.2 Succession

Succession är förändringen av artfördelningen på en plats över tid (Dunnett & Hitchmough, 2004). Vilket i ett längre perspektiv även innebär förändringen av vegetationen över tid, exempelvis en gräsmarks förändring från låg gräsvegetation till skogsvegetation. Beroende på platsens ståndort och yttre påverkande faktorer ser successionen olika ut, men generellt brukar sägas att successionen leder till en slutfas av klimax-vegetation med arter som är anpassade för den specifika platsen. Successionen kan på olika sätt störas och uppehållas genom exempelvis gräsklippning eller betning (Persson & Smith, 2014). En störning kan också helt skicka tillbaka vegetationen från ett sent till ett tidigt successionsstadium. Beroende på typ av störning och dess omfattning kan nystarten av successionen vara mer eller mindre långsam och därför delas den in i primär och sekundär succession (Sjöman & Slagstedt, 2015b). En primär succession innebär en absolut nystart vilket kan ske efter exempelvis ett vulkanutbrott. Denna går mycket långsamt eftersom nytt växtsubstrat måste bildas genom vittring av sten samt förmultning av de första pionjära växterna som mossor och lavar. Ett extensivt moss- och sedumtak som saknar eller har ett ytterst grunt substratdjup skulle kunna liknas som ett led i den tidiga primära successionen (Dunnett & Kingsbury, 2008). Men eftersom en naturlig bildning av ett substratdjup där vedartade växter kan etableras tar mycket lång tid, är det främst den sekundära successionen som detta arbete syftar till.

Den sekundära successionen kan starta efter en kraftig storm, skogsbränder eller att gräsklippning eller bete upphört tvärt (Etherington & Bazzaz, 1997, Kowarik, 2005). I denna succession finns redan en jordmån med spridningspooler vilket gör att förloppet går betydligt fortare än i den primära successionen. Beroende på störningens omfattning, markförhållanden, klimat osv, kan artfördelningen och vegetationstypen ta många olika vägar. Men för att ge en beskrivning av en typisk succession från bar mark till skog, kan en göra liknelsen av en åker som precis slutat brukas (Etherington & Bazzaz, 1997, Sjöman & Slagstedt, 2015b). De typiska faserna som brukar beskrivas i vegetationsföljden är: 1. Årstadiet, 2. Grässtadiet, 3. Fleråriga örter, 4. Busk- och slystadiet, 5. Det unga skogsstadiet och 6. Det äldre skogsstadiet.

Genom att studera den plats där växterna ska planteras och likna platsens rådande förhållanden vid en naturlig successionsfas, kan flera indikationer hittas som förenklar växtvalet (Sjöman & Slagstedt, 2015b). I staden är den kontinuerliga skötseln påtaglig vilket stör succession och de flesta urbana ståndorterna är i en tidig successionsfas (Persson & Smith, 2014). Hiron och Sjöman (2019) menar att den hårdgjorda urbana ståndorten främst kan liknas vid en södervänd berghäll med grund jordmån i ett tidigt successionsstadium. En liknelse som mycket väl skulle kunna beskriva ett exponerat grönt tak. Sjöman och Slagstedt (2015b) jämför en plantering på bjälklag likt en bergig floddalgång som fort kan fyllas med vatten vid regn för att sedan helt torka upp och resulterar i en mycket extrem växtplats. Dunnett och Kingsbury (2008) menar att ett tak med upp till 20 cm substratdjup bäst kan liknas vid alvarsmarken som ständigt hålls i ett busk- och slystadie. Liknelserna kan variera beroende på den specifika platsen och vilka referenser och erfarenheter bedömare har. Men att välja växter som i naturen tenderar att växa i successionsfaser likt taket är en god indikator på att växten kommer vara vital och konkurrenskraftig på platsen. I kapitel 2.5 *Urbana ståndorter på taket*, finns ingående beskrivningar av de faktorer som påverkar taket som ståndort.

Pionjära och sekundära arter

Vedartade växter introduceras först i fas 4, Busk- och slystadiet (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Denna fas karaktäriseras av utmanande förhållanden som stark sol och uttorkande vindar på stora öppna grästäckta ytor. Under våren och hösten sker också höga temperaturskillnader i denna exponerade miljö som ställer ytterligare krav på de lignoser som etableras i denna fas. Dessa lignoser är så kallade pionjärer, ofta i form av buskar som är mycket toleranta mot torka och värme vilket gör att de kan hantera denna typ av miljö (Bellan, Slagstedt, & Sjöman, 2018, Götmark et al., 2016). Pionjärerna är generellt mycket solkrävande och för att få en god utveckling och jämn kronbyggnad behöver pionjärerna växa öppet med mycket solljus. I skugga eller i konkurrens med andra arter kan de få ett ojämnt växtsätt och fälla sina blad där skuggan blir för djup. Många pionjärer har även strategier för att klara gräskonkurrens; vilket är en fördel i gestaltningen då de lämpar sig i samplaneringar på exempelvis ängsytter eller perennplanteringar. Många pionjära lignoser är därför mycket lämpade för de exponerade platserna i den hårdgjorda miljön där gassande sol, vind och torka är påtaglig (Hirons & Sjöman, 2019).

Exempel på pionjära buskar som förekommer i Busk- och slystadiet är: *Buddleja davidii*, *Elaeagnus angustifolia*, *Cotinus coggygria*, *Juniperus communis*, *Ligustrum vulgare* och *Rhus typhina* (Bellan et al., 2018, Etherington & Bazzaz, 1997, Sjöman & Slagstedt, 2015b). Andra pionjära växter som passar i de utsatta miljöerna kan finnas bland släktena: *Amelanchier* sp., *Cotoneaster* sp., *Crataegus* sp., *Malus* sp., *Pinus* sp., *Pyracantha* sp., *Rosa* sp., och *Syringa* sp.

Alla pionjära växter är dock inte lämpade på grunda tak eftersom de har olika strategier som lämpar sig mer eller mindre bra i sådan miljö.⁹ Vissa pionjärer har ett högre krav på näring och markfukt som exempelvis *Prunus padus* och *Rubus* sp. (Brzeziecki & Kienast, 1994, Etherington & Bazzaz, 1997). Andra pionjärer är så kallade konkurrensstrateger och bildar ofta trädindivider (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Detta betyder att de har utvecklat en strategi där växten investerar i "billiga" löv som kräver lite energi att tillverka och kan istället fokusera på snabb tillväxt ovan och under mark för att konkurrera med andra växter för att få maximalt med solexponering. Växter som *Betula pendula*, *Populus tremula* och *Robinia pseudoacacia* är några exempel på utpräglade konkurrensstrateger (Kowarik, 2005). Dessa förkommer ofta i en senare fas av succession där de snabbt växer upp i skydd av lägre buskar eller i luckor som bildas inuti skogen (Dunnett & Hitchmough, 2004). Deras utveckling på magrare ståndorter där torka eller stående vatten kan förekomma, skulle påverka dessa växters vitalitet negativt (Dunnett, 2015, Sutton, 2015). Växter med denna strategi lämpar sig främst för intensiva gröna tak där näringshalten i jorden är hög och fuktigheten i jorden jämn samt en mycket god bärighet i byggnadens konstruktion. Hur växten klarar av att konkurrera och utvecklas i olika miljöer beror på dess egenskaper att hantera de rådande stress och störningsfaktorerna. En djupare beskrivning av stress och störning finns på nästa avsnitt 3.4.3 *Tolerans för växtplatsen*.

Utpräglade sekundära skogsarter har det betydligt svårare att etablera sig i dessa utsatta miljöer (Hirons & Sjöman, 2019). Speciellt som unga eftersom de behöver lugna skyddade mikroklimat med en jämn fuktighet för att överleva. Typiska sekundära släkten är *Coryllus* sp., *Hamamelis* sp., *Ilex* sp., *Rhododendron* sp., *Taxus* sp., och *Viburnum* sp. (Bellan et al., 2018, Hirons & Sjöman, 2019). Deras tillväxt på exponerade platser skulle vara långsam eller kritisk i väntan på att omgivande mer pionjära arter skall ge dem en skyddad miljö. Det är dock inte rekommenderat att släppa vegetationen så pass fri att det gröna taket går igenom flera successionsfaser med buskar och träd eftersom byggnaden då kan ta skada (Dunster & Coffman, 2015). Därför är det bättre att välja de växter som direkt kan hantera de rådande förhållandena på växtplatsen.

Vissa växter kan vara både pionjärart och klimaxart på samma plats eftersom det saknas konkurrenter just där (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Dessa växtplatser är ofta extremer på något sätt och växterna som klarar av platsen har utvecklat strategier för att hantera den specifika ståndorten. Exempelvis en berghäll med torr och mager jord har inga tydliga successionsfaser eftersom antalet arter som kan hantera denna växtplats är

⁹ Muntlig källa - Gustav Nässlander, Stångby Plantskola 2019-03-13

väldigt få. Av våra inhemska träd är det *Pinus sylvestris* som kan etablera sig på dessa platser och de koloniserar platsen som pinojärart för att sedan bli kvar som klimaxart. På andra ståndorter finns ytterligare avvikelser från den typiska successionsföljden där stress och störning påverkar vegetationen på platsen och endast arter med rätt strategier kan överleva där (Brzeziecki & Kienast, 1994, Chatto, n.d.-e).

I valet av lämpliga växter på taket är kunskapen om successionen en bra fingervisning vilka växter som kan fungera (Dunnett, 2015). Men det är viktigt att minnas att uppdelningen av pionjära/sekundära arter är simplificerad och det finns arter som placerar sig mellan dessa ytterligheter (Brzeziecki & Kienast, 1994). Växtvalet behöver därför kompletteras med kunskap om de strategier och egenskaper växten har för att hantera olika stress och störningsfaktorer.

3.4.3 Tolerans för växtplatsen

Många växter är mycket toleranta för ett brett spektrum av förhållanden men är förknippade med en viss livsmiljö (Kingsbury, 2008). De växer inte där för att de särskilt gillar växtplatsen utan för att den hårda konkurrensen med aggressivare arter har förpassat dem dit. *Pinus sylvestris* är återigen ett bra exempel eftersom arten har en bred ståndortsamplitud och kan bilda stora träd både på rika och magra jordar (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Men på näringsrika fuktiga marker blir den omväxt i konkurrensen med andra arter som har strategier för att snabbt ta vara på näringen i marken och lägga sin energi på snabb tillväxt. Flera växter förknippade med rikare marker kan även de växa på magrare jordar men blir då betydligt mindre och klenare till växtsättet och kan lätt få en nedsatt vitalitet och det estetiska uttrycket försämras. Ett sådant exempel är *Fraxinus excelsior* som bildar stora träd under näringsrika och fuktiga förhållanden men har svårt att leverera samma kvaliteter på magrare jordar och bildar där slyvegetation eller mindre buskträd eftersom det inte finns tillräckligt med näring och fukt i marken. Alla växter besitter olika strategier för att hantera olika stress- och störningsfaktorer vilket gör dem mer eller mindre lämpade för olika ståndorter (Dunnett & Kingsbury, 2008). Detta omfattar givetvis även ståndorten på taket.

Stress och störning

Alla världens växtsamhällen påverkas i grund och botten av de två faktorerna: stress och störning (Brzeziecki & Kienast, 1994, Campbell & Grime, 1992, Dunnett & Hitchmough, 2004). Stress är de faktorer som försvårar växtens funktioner och begränsar dess möjlighet att producera biomassa (Dunnett, 2015). Störning är de faktorer som stör eller förstör växtens redan befintliga biomassa som i naturen kan vara till exempel bete, nedtrampning eller brand. På taket skulle kombinationen av låg stress och låg störning vara missgynnande för mångfalden eftersom detta skulle gynna de aggressiva arterna vars strategi är att konkurrera ut andra arter; vilket skulle leda till ett ökat skötselbehov. Även kombinationen av hög stress och hög störning skapar en mycket begränsad ståndort där endast ett få antal specialiserade arter kan överleva. Generellt sett gynnas flest arter av en måttlig stress och/eller störning där resurserna är knappa så att ingen art får möjlighet att ta över växtplatsen vilket leder till en högre biologisk mångfald (Dunnett & Kingsbury, 2008).

På grunda gröna tak behöver vegetationen framförallt ha egenskaper för att hantera stressfaktorerna: **höga temperaturskillnader, långvarig torka, stark vind, begränsat rotutrymme** och i vissa fall även **anaeroba förhållanden** (Dunnett & Kingsbury, 2008, Wilkinson & Feitosa, 2016). Vad gäller störning är det främst **mänsklig påverkan** som kan innebära störningar, både önskade och icke önskade, i form av olika skötselinsatser eller slitage från eventuella aktiviteter på taket. Sedan kan även störningar från **skadedjur och sjukdomar** påverka vegetationen på taket precis som övriga växtplatser (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Omfattande störningar på taket är sällan önskvärdt och det är främst ängsvegetation och örtartade pionjärer som gynnas av medelhög störning i form av slåtter (Pettersson Skog et al., 2017).

Strategier

Växter har anpassat sig med olika strategier för att hantera den stress och störning som sker i olika habitat (Brzeziecki & Kienast, 1994). Dessa kan delas in i de tre huvudgrupperna konkurrensstrategier,

stresstrategier och störningsstrategier (Brzeziecki & Kienast, 1994, Dunnett, 2015, Pierce et al., 2017, Sjöman & Slagstedt, 2015b). Dessa strategier omfattar alla växter i naturen där majoriteten av växterna har tendenser till flera av de nämnda strategierna för att kunna hantera olika typer av miljöer (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Men det finns även växter som specialiserat sig till en viss typ av miljö för att hantera de specifika faktorerna som påverkar just det habitatet.

En kan se ett samband mellan den tidiga successionen och växternas strategier (Pierce et al., 2017). Tidigt i successionen karakteriseras vegetationen av örtartade störningsstrategier för att sedan övergå till stresstrategier av örtartad och sedan vedartad karaktär. Därefter introduceras konkurrensstrategier om inte stressregimen och störningen är för hög (Dunnett & Hitchmough, 2004). Med hög grad av stress och förekomst av störningar tenderar konkurrensstrategier att uteslutas och det blir möjligt för stresstrategier att breda ut sig (Pierce et al., 2017). I naturen kan detta ses på många exponerade platser som exempelvis alpängar där hög exponering för bland annat temperaturskillnader förekommer och betande djur är den störande faktorn. Framförallt många buskar är just stresstrategier och har utrustats med taggar eller tornar för att undgå bete (Pierce et al., 2017, Sjöman & Slagstedt, 2015b).

Störningsstrategier – Dessa växter gynnas av låg stress och hög störning (Frenette-Dussault, Shipley, Léger, Meziane, & Hingrat, 2012). De har en snabb tillväxt, fullbordar sin livscykel under en kort period, kan producera stora mängder frön och är vanligtvis ettåriga. Även om vissa lignoser som nått en adult fas lätt frösår sig på störda marker som exempelvis ruderatmarker, tar det för lång tid för de nya plantorna att nå en reproduktiv fas på habitat där kontinuerlig störning sker (Pierce et al., 2017, Sjöman & Slagstedt, 2015b). Därför anses inga vedartade växter vara utpräglade störningsstrategier eftersom deras livscykel är för lång och det tar för lång tid innan de börjar producera frön.

På gröna tak gynnas dessa arter i substrat som varken är för djupa och näringsrika eller grunda och näringsfattiga och att en kontinuerlig störning sker på platsen. För att skapa rätt förutsättningar på de gröna taken för dessa kortlivade växter, kan en heterogen växtbädd vara lämplig där olika mikroklimat bildas och örternas många frön kan spridas till en lämplig plats att gro på. För en kontinuerlig återkomst av dessa arter krävs störning i form av intensiv skötsel. (Dunnett, 2015)

Konkurrensstrategier – Förekommer i områden med låg stress och låg störning (Frenette-Dussault et al., 2012). De har en hög tillväxttakt och producerar mycket biomassa som snabbt byts ut. De blir höga och kan utkonkurrera andra arter eftersom de utnyttjar de tillgängliga resurserna effektivt. Strategin går ut på att snabbt ta tillvara på resurserna ljus, vatten och näringsämnen för att investera i ytterligare tillväxt och fånga ännu mer resurser (Dunnett & Hitchmough, 2004). Stress och störning tenderar att begränsa de konkurrenskraftiga arternas tillväxt. På mager jord med flera stressfaktorer likt taken, skulle en konkurrensstrateg troligen utarma de tillgängliga resurserna, både i växten och rotzonen, för att sedan få en försämrad vitalitet (Etherington & Bazzaz, 1997). För att skapa en takplantering där dessa arter kan etableras till vitala individer skulle det krävas ett skyddat intensivt grönt tak med väl tilltaget substratdjup där bevattningen är regelbunden och skötselfrekvensen hög (Dunnett, 2015). Men då flera av dessa arter bildar mycket stora träd är de knappast lämpliga att planteras på taken.

Stresstrategier – Återfinns på områden med hög stress och låg störningsfrekvens (Dunnett, 2015). Till skillnad från konkurrensstrategernas överlägsna förmåga att fånga resurser har stresstrategerna förmågan att behålla och hushålla på resurserna (Colasanti & Grime, 1993). Detta gör att dessa arter ofta är långsamväxande och återfinns i resursfattiga förhållanden som ofta är exponerade, torra och näringsfattiga eller i mycket skuggiga förhållanden som undervegetation i skogen (Dunnett & Hitchmough, 2004). De har förskaffats med skyddande vävnader som exempelvis barr eller behåring på bladen och växtsättet tenderar att ha en låg biomassa med små blad och kan vara vintergrön (Sjöman & Slagstedt, 2015b). I de extrema stressmiljöerna tenderar arterna att i första hand reproducera sig vegetativt snarare än av frön (Dunnett & Hitchmough, 2004). Exempel på sådana miljöer kan vara på sura eller kalkrika grunda gräsmarker eller i

fjällmiljöer. På taket är det grunda planteringar med extensiv skötsel utan bevattning som motsvarar dessa förhållanden (Dunnett, 2015).

De tre huvudstrategierna ovan är extremer och som tidigare nämnt uppvisar de flesta arter kombinationer av egenskaper från de olika strategierna beroende på de exakta miljöförhållanden som de är anpassad till (Dunnett & Hitchmough, 2004). Det är främst växter med stresstrategier för att hantera torka som är mest lämpade för takplanteringar (Dunnett, 2015). Men alltför specialiserade växter för att klara just torka kan få problem på gröna tak där vattennivån kan fluktuera och perioder av både torka och stående vatten kan ske. Det är därför viktigt att både känna till växtplatsen och vilka strategier växten har för att hantera olika situationer. Bland lignoserna är det framförallt många buskar som har utpräglade strategier för hög stress (Pierce et al., 2017) och på taket är det enligt Snodgrass och Snodgrass (2006) framförallt lågväxande och krypande växter som är bäst på att hantera effekten av vind, värme, sol och kyla. Följande kommer en beskrivning av växternas egenskaper för att hantera de stressfaktorer som råder på taket.

Strategier mot stress

Taket karaktäriseras av höga temperaturskillnader, långvarig torka, hög vind, begränsat rotutrymme och i vissa fall även översvämning. Växter som kan hantera dessa förhållanden tenderar att dela vissa karaktäristiska drag på grund av att dessa har gynnats i naturen (Bone et al., 2015, Dunnett & Kingsbury, 2008). Samma karaktärsdrag upprepas på många platser i världen där liknande ståndort råder och växternas estetiska uttryck är därför väldigt lika varandra på dessa platser.

Hantera torka – Vatten är helt avgörande för alla levande organismer och en förutsättning för att fotosyntesen hos växterna ska fungera (Agurla, Gahir, Munemasa, Murata, & Raghavendra, 2018). Vattnet i växten transporterar även näring till de olika växtdelarna och skapar ett tryck (turgortryck) i cellerna vilket ger bladen stadga. Detta vatten förbrukas ständigt genom transpirationen ur bladens klyvöppningar och på så sätt kan växten hålla sig sval. Det är genom transpirationen som det mesta vattnet går åt och vid högre värme förbrukas mer vatten. Konkurrensstrategier med stora blad kan generellt ta upp mer solenergi men denna energi gör också bladen varma vilket ökar transpirationen (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Vid torkstress stänger växterna klyvöppningarna för att förhindra vattenförlusten. Detta leder till en avstanning av fotosyntesen och tillväxten upphör. Som en första åtgärd för att förhindra transpirationen kan växten fälla de äldre största bladen, men om vattenbristen är ihållande kan resterande blad bli gula och få intorkade toppar. Vid långvarig torkstress kan dessa växter helt fälla sina blad som en panikåtgärd för den bristande tillgången på vatten. När detta sker upprepade växtsäsonger påverkar det tillväxten negativt men även vitaliteten då växten kan drabbas av intorkade grenar och skadeangrepp och slutligen att hela växten dör.

Många stresstrategier från säsongsmässigt torra miljöer är ytterst skickliga på att hushålla med knappa vattenresurser (Lambrinos, 2015). Genom att utveckla fysiska försvar för att förhindra transpirationen, ofta förknippat till bladen, kan växten hantera torkstressen. En strukturell anpassning bland dessa arter inkluderar vaxartade eller håriga bladbeläggningar, färre eller mindre blad samt bladformer som minskar solinstrålningen och bladens uppvärmning, minskat antal och större klyvöppningar som underlättar att minska transpirationen, silvriga eller gråa blad för att reflektera solljuset (Dunnett & Kingsbury, 2008, Sjöman & Slagstedt, 2015b). Att vara städsegrön är en annan framgångsrik strategi som ger växten möjlighet att samla energi under mer gynnsamma perioder och ligga lågt under de torra perioderna. Växter med en eller flera av dessa anpassningar kan överleva långa perioder med vattenunderskott och når inte ett kritiskt stadie lika fort som växter med avsaknad av dessa anpassningar. En icke synlig men viktig egenskap för att hantera torka är växtens cellstruktur i bladen som påverkar förmågan att hantera ett lågt turgortryck (Sjöman, Hirons, & Bassuk, 2015). Växter som kan hantera ett lågt tryck kan undgå att stänga sina klyvöppningar gentemot mindre tåliga arter (Sjöman et al., 2018). På så sätt kan dessa arter fortsätta sin fotosyntesprocess även vid kortvariga torrperioder och därav bibehålla tillväxten.

Hög vindexponering – Precis som hög värme och exponering för solinstrålning har vinden en uttorkande effekt som ökar transpirationen i bladen (Huang, Chu, Hsieh, Palmroth, & Katul, 2015). På platser där vinden

ofta är stark kommer växtens fotosyntes att avstanna och resultera i lågväxta individer (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Detta syns tydligt i bergsområden där växter som blir stora träd i dalen bara bildar små vindpinade buskar ovanför trädgränsen (Korn, 2012). Även stäppmarken är ett bra exempel på vegetation som anpassats efter just hård vind (Bone et al., 2015). Här växer många buskar som under lång tid formats och anpassats för den exponerade miljön. Att inte växa för högt är här helt avgörande för att undgå den kraftiga vinden. En strategi är även att bilda kompaktare vedstruktur med tjockare grenar och starkare ved och rotsystem eftersom stark vind kan blåsa av svaga grenar eller till och med välta hela växten om de är dåligt förankrade (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Många pionjära arter är tåliga mot vind men behöver bli uppdrivna under blåsig förhållanden samt få en god uppbyggnad av grenstruktur som inte tar alltför hög skada av vinden. Sedan är även de tidigare nämnda anpassningarna mot torkstress som vaxlager, behåring och reducerad bladstorlek även ett bra skydd mot den uttorkande vinden.

Begränsat rotutrymme – Rötternas främsta uppgift är att ta upp vatten, näring och syre från jorden samt att förankra växten (Hawver & Bassuk, 2007). Bland vedartade växter befinner sig rötterna oftast i det översta 30 cm jordlagret där dessa tillgångar främst finns. Den horisontella spridningen av rotsystemet är ofta i förhållande till kronans storlek och sträcker sig då mellan 4 till 7 gånger större än kronans area. Men vissa arter har strategin att undvika torkan genom att gå djupare med sina rötter och hitta grundvattnet. Detta sker speciellt om klimatet är torrt, och rötterna kan då gå så djupt som 2 meter ned. Denna strategi går ut på att undvika torka snarare än att hantera den vilket blir mindre framgångsrikt på grunda tak eftersom växten inte kan expandera sitt rotsystem på djupet för att nå grundvattnet (Dunnett & Kingsbury, 2008). Detta betyder att en växts förekomst i torra miljöer inte automatiskt gör den lämpad för takplanteringen utan växten måste kunna hantera torkan istället för att undvika den när det kommer till takplanteringar. Generellt är rötterna opportunistiska och sprids dit det finns tillgängligt vatten, näring, luft och värme (Perry, 1989, Simmons, 2015). Om samma arter planteras i olika växtbäddar där den ena bädden har en låg syrenivå med högt grundvatten och den andra bädden har luftig jord med lågt grundvatten, kommer artens rotsystem i de två bäddarna se mycket olika ut (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Med denna vetskap blir det svårt att koppla specifika arter till ett visst rotsystem då de kan skilja sig åt beroende på platsens omständigheter. Genom att välja växter med ovanjordiska egenskaper kopplade till bladens torktålighet kan dessa egenskaper till viss del kompensera för ett begränsat rotutrymme. Genom att även välja lågväxande buskar med mindre kronarea kommer sannolikt även rotsystemet vara mindre jämfört med en större buske eller träd.

Vissa arter kan spridas med adventivrötter vilket betyder att de kan bilda nya rötter på vedartade växtdelar som är i kontakt med substratet (Pettersson Skog et al., 2017). Flera av dessa arter är enligt Dunnett och Kingsbury (2008) framgångsrika på tak eftersom de lätt åter kan börja växa efter en eventuell störning. Dock bör de växter som har kraftiga adventivrötter begränsas med plastbarriärer som hindrar dess rötter att tränga igenom tätskiktet (Pettersson Skog et al., 2017). Några av dessa arter är *Hippophae rhamnoides*, *Elaeagnus commutata*, *Aronia melanocarpa*, *Syringa vulgaris*, *Rhus* sp., och *Rosa* sp.

Översvämning – I grunda och dåligt dränerade anläggningar kan stundvis anaeroba förhållanden uppstå (Niinemets & Valladares, 2006). När detta sker förlorar rötterna förmågan att ta upp syre och på sikt kan rötterna ta skada. Vid stående vatten försämras även vattenupptagningsförmågan i rötterna och de ovanjordiska symtomen liknar då torkstress (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Detta leder ofta till en betydligt snabbare försämring av vitaliteten jämfört med torkrelaterad stress (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Hur olika växter reagerar på översvämning beror till stor del på tidpunkten. Flera inhemska lignoser har visat sig vara motståndskraftiga mot stundvis stående vatten under viloperioden, men mycket få arter klarar av stående vatten under växtsäsongen när rötterna är aktiva (Hirons & Sjöman, 2019, Sjöman & Slagstedt, 2015b). Stresstrategier specialiserade för torka har visat sig vara mindre framgångsrika i blöta miljöer och kan framförallt få problem vid stående vatten (Niinemets & Valladares, 2006). Det är ett begränsat antal arter som både kan hantera torka och anaeroba förhållanden och de arter som kan hantera dem båda har ofta fått kompromissa och är inte lika stresståliga som de arter specialiserade på endast en av stressfaktorerna.

Det är även osäkert att plantera ett exotiskt vedartat växtmaterial som i sin naturliga ståndort anses hårdig mot översvämning (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Detta beror på att deras naturliga ståndort är betydligt varmare än det svenska klimatet och de kommer därför inte kunna hantera stående vatten lika framgångsrikt här.

Av de inhemska arter som visat sig framgångsrika på både blöta och torra ståndorter finns *Salix* sp. (ex. *S. caprea* och *S. purpurea*) och *Pinus sylvestris* (Niinemets & Valladares, 2006, Sjöman & Slagstedt, 2015b). Bland de arter som i vissa fall kan vara lämpade för taket på grund av deras tolerans mot blöta förhållanden finns *Betula nana*, *Calluna vulgaris* och *Erica carnea* (Dunnett & Kingsbury, 2008, Niinemets & Valladares, 2006). Dessa är dock inte lika tåliga mot uttorkning som tidigare nämnda arter. Att bilda adventivrötter kan även ha en fördel i dessa sammanhang då växten kan kolonisera ny mark som har en mer gynnsamt ståndort (Folkesson, 2018, Niinemets & Valladares, 2006, Sjöman & Slagstedt, 2015b). Eftersom många lämpliga arter för taket inte är av ett inhemskt växtmaterial bör en väl dränerad växtbädd eftersträvas för att öka växternas chans till överlevnad.

3.5 Biotoper likt taken

Vegetationen i naturen berättar vilka förhållanden som råder på platsen och avslöjar förändringar i topografin, klimatet och jordtypen (Dunnett & Hitchmough, 2004). Växter från olika områden i världen med liknande ståndort, har ofta liknande egenskaper och strategier för att hantera dessa typer av miljöer. Att välja växter från områden med liknande ståndort som taket kan därför ge en bra indikator på att växten har rätt strategier för att växa där.

I arbetet att hitta nya växter som lämpar sig för takplanteringen bör en leta på de extrema och exponerade platserna där just höga temperaturskillnader, långvarig torka, hög vind och begränsat rotutrymme är utmärkande. För särskilda fall bör även miljöer typiska för anaeroba förhållanden undersökas. I dessa miljöer växer en vegetation som anpassat sig för platsen och kan hantera de rådande stressfaktorerna. I boken *Planting Green Roofs and Living Walls* beskriver Dunnett och Kingsbury (2008) olika biotoper som liknar takbiotopen och som innehåller en stor del lämpligt växtmaterial för taket. Denna bok i kombination med muntliga källor och annan litteratur som bekräftar biotopernas potential har legat till grund för de biotoper som beskrivs nedan. Flera av dessa har en stor geografisk spridning och innehåller många arter och ekotyper som skulle kunna lämpa sig bra för en svensk takplantering. De nedan nämnda biotoperna är av extra intresse tack vare deras anpassade växtmaterial, men detta utesluter dock inte att andra miljöer också innehåller lämpliga växter.

3.5.1 Alvarsmark och kalkgynnad vegetation

Alvar är den biotop som till ståndorten mest liknar konstruktionen av ett grönt tak (Dunnett & Kingsbury, 2008). Typiskt för alvaret är ett tunt jordlager på kalkberg och där berget på sina ställen även går upp i dagen. Denna biotop har skapats efter hundratals år av betning och avskogning, vilket lett till att jorden eroderat och enbart specialiserad vegetation klarar av att växa här. På alvaret är vinden näst intill konstant, vilket också påverkar vegetationen att hålla en låg profil (Rosén & Maarel, 2000). Alvaret är ofta väldigt torrt, men till följd av den grunda jordmånen kan marken fort bli översvämmad vid skyfall, precis som en grund takplantering (Dunnett & Kingsbury, 2008, Rosén & Maarel, 2000). Den typiska vegetationen på alvaret har därför anpassats för den kalkrika jorden och de extrema förhållandena och kan hantera både långvarig torka samt perioder av väta och andra temperaturskillnader som sker under året.

Alvarsmarker finns på Öland, Gotland och Västra Götaland men även i Estland, USA och Kanada (Belcher, Keddy, & Catling, 1992, Länsstyrelsen, 2008). På Öland ligger den till ytan största alvarsmarken (Rosén & Maarel, 2000). Vegetationen är låg och mycket artrik och består av sedum, mossor, lavar och ettåriga örter

på de grundare jordarna. Där jorden blir något djupare, ca 20-50 cm eller i bergssprickor, börjar gräs och buskarna *Juniperus communis* och *Potentilla fruticosa* dominera vegetationen (Rosén & Maarel, 2000). Enligt Rosén och Maarel (2000) breder *Juniperus* lättast ut sig på de torrare alvarsängarna medan *Potentilla* har en tydligare utbredning på fuktängar. På detta jorddjupet återfinns även *Pinus sylvestris* och *Betula pendula*.

Vegetationen på alvaret kan klara av både torka och hetta bättre än övrig vegetation i närområdet och har en lokal utbredning för oss i Norden. Kring Medelhavet finns andra växtsamhällen som präglas av kalksten och där långvarig torka och hetta är påtaglig (Dunnett & Kingsbury, 2008). Dessa områden har olika benämningar kring Medelhavet som Garrigue i Frankrike, Phrygana i Grekland och Tomillares i Spanien men alla hänvisar till samma typ av lågt växande buskvegetation i kalkrika jordar som formats efter många år av beteshävd (Chatto, n.d.-d). Biotopen är glest växande på sluttningar och kullar vid Medelhavet. Den stress-toleranta vegetationen är låg och har ofta små eller håriga blad med tornar och aromatisk doft (Chatto, n.d.-d, Dunnett & Kingsbury, 2008). Här finns växter som bland annat *Lavandula* sp., *Salvia* sp., *Cistus* sp., *Thymus* sp. och *Quercus* sp. men även många lökväxter som exempelvis *Fritillaria* sp och *Muscari* sp. (Chatto, n.d.-d). Dunnett och Kingsbury (2008) som skriver ur ett brittiskt perspektiv beskriver medelhavsväxterna som potentiella växtval för takplanteringar. Vintrarna kring Medelhavet är milda och somrarna långa och varma. I svenskt klimat behöver därför många medelhavsväxter ett varmt läge och en lång varm höst för avmognad och hinna bilda ved som står emot kylan (Korn, 2012). Många vedartade växter från Medelhavet tar nämligen skada av våra kalla vintrar och speciellt de vintergröna växter som lätt kan brännas av vintersolen. Det finns också en risk att flera arter sätts igång för tidigt på våren och tar skada när nya frostknäppar slår till. Korn (2012) skriver att ett ouppvämt växthus skulle göra det möjligt att odla fler medelhavsarter medan ett frostfritt växthus i princip skulle möjliggöra alla medelhavsväxter. Vid växtval från dessa områden bör därför en extra noggrann granskning av växtens härdighet och investeringsstrategier göras samt vilka förutsättningar som råder på det specifika taket.

Typarter för taket

Juniperus communis syns oftast som en medelstor till stor buske men är en väldigt variabel art som växer i många olika former och kan återfinnas från lågt krypande till stora trädlika individer på 12-15 meter (Hillier et al., 2014, Sjöman & Slagstedt, 2015a). Arten har ett enormt utbredningsområde och sträcker sig över de tempererade områdena i Nordamerika, Europa och Asien. Den har en långsam etablering och behöver full sol. Därför trivs inte arten i konkurrens av annan snabbväxande vegetation och återfinns därför på magra jordar och besvärliga miljöer som alvaret, betesmarker, berg hållar och ovan trädgränsen.

Potentilla fruticosa har inga större krav på jorden och kan växa i väldigt torra miljöer i både sol och halvskugga (Hillier et al., 2014, McIndoe, 2014). Den har små blad och blommar rikligt i gult från maj till september men finns även i flera kultiverade sorter där blomningen är bland annat vit, orange och röd. Enligt McIndoe (2014) är *Potentilla fruticosa* en av de mest härdiga och lättodlade lövfällande buskar som finns och klarar mycket torra lägen. I Sverige återfinns den naturligt endast på Öland och Gotland men kan återfinnas i flera liknande ståndorter på det norra tempererade halvklotet (Anderberg, 2003, Hillier et al., 2014).

3.5.2 Bergsområden

På berget är den kalla uttorkande vinden påtaglig och jordmånen är ofta tunn vilket gör växtplatsen mycket extrem (Sjöman & Slagstedt, 2015b). På sommaren är förhållandena som tuffast då solen och vinden torkar ut det tunna jordlagret. Utan möjlighet att söka väta på djupet har arterna i bergen skaffat sig ovanjordiska strategier för att hantera torkstressen (Snodgrass & Snodgrass, 2006). Dessa strategier är ofta förknippade till bladen i form av barr eller på annat sätt torktåliga blad. Vegetationen på ett berg skiftar ofta beroende på väderstreck och det är främst på sydslutningen där de mest torktåliga växterna befinner sig och som är extra lämpade för taket (Dunnett & Kingsbury, 2008). Vegetationen ändras även med altituden och på

tillräckligt hög höjd får vegetationen svårt att bilda sammanhängande skogsområden (Polarforskningssekretariatet, 2017). Vegetationen strax under och vid skogsgränsen kallas subalpina zonen medan vegetationen ovanför skogsgränsen kallas alpina zonen och innehåller lågväxande, strödda träd- och buskarter. Beroende på klimat och breddgrad är skogsgränsen belägen på olika altitud då den i norra Sverige är betydligt lägre än i exempelvis alperna. De växtsamhällen som främst är av intresse är vegetationen vid och ovan skogsgränsen på tunn jordmån, men även de arter som växer på exponerade klippvallar längre ned på berget (Dunnett & Kingsbury, 2008).

I alla bergstrakter, från Nordamerika i väster till Asien i öster, är det framförallt hårdtallar som återkommande utgör den dominerande vegetationen (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Utrustade med städsegröna barr i knippen av 2 till 3 är de skickliga på att hantera denna extrema miljö. Här växer de på bergshällar där jordmånen är tunn och näringsfattig. Genom att vara städsegröna kan barrträden gå in i vila när sommartorkan råder och istället samla energi under våren och hösten när klimatet är mer gynnsamt.



Figur 8. Stapelbäddsparken i Malmö. Ett nedlagt skeppsvarvsområde där en lång sluttande betongkonstruktion har blivit beklädd med en stor variation av olika sorters *Pinus sp.* som *P. thunbergii* och *P. mugo*. Tillsammans med tallen har bland annat *Tamarix sp.* och *Lavandula sp.* planterats. Hela växtbädden är sammanhängande och sluttar kraftigt mot norr. Vid besök mättes substratdjupet till 20 cm på flera ställen men detta mått är inte bekräftat för hela växtbädden. Foto av Carl Sandsjö

På högre höjd börjar de alpina zonerna. Gemensamt för dessa zoner är den korta växtsäsongen och att frostnätter kan ske när som helst under året (Neuner, 2014). Arter i denna miljö är mycket tåliga mot frost i sin adulta ved och de utpräglade alpina arterna är specialiserade för det kalla klimatet vilket gjort dem

mycket hårdiga mot köld (Korn, 2012). Kombinationen av hård vind och kyla har gjort vegetationen låg och tät, ofta kuddformad för att undgå det extrema vädret (Chatto, n.d.-e). Specialiserade arter förknippade med alpina zonen kan dock få problem vid extrem torka eftersom de i sin naturliga miljö ofta har ett jämnt flöde av smältvatten från den kvarliggande snön. Därför kan dessa arter lämpa sig bättre på ett kallt och snörikt tak i norra Sverige framför ett tak i södra Sverige (Dunnett & Kingsbury, 2008).

Typarter för taket

Barrväxter förknippade med bergsområden som *Juniperus* sp. och *Pinus* sp., är generellt långsamväxande och genom att välja lågväxande sorter kan både skötseln och totalvikten på taket hållas låg (se figur 9) (Dunnett & Kingsbury, 2008, Neuner, 2014). *Pinus mugo* växer i Centraleuropas berg och sträcker sig från Spanien i väst till Rumänien i öst (Bloom & Bloom, 2017). I alperna växer den naturligt på 1000–2400 meters höjd vilket motsvarar större delen av bergets altitud och bildar stora buskage i den subalpina zonen samt utspridda individer i den alpina zonen (Heuertz et al., 2010, Mustila, n.d., Wisniewski et al., 2018). På grund av sitt stora utbredningsområde är det en mycket variabel tall som i naturen anpassat sig lokalt och bildat flera underarter och varieteter. En brukar dela in dem i två underarter, *P. mugo* subsp. *uncinata* och *P. mugo* subsp. *mugo*. Underarten *uncinata* växer i artens västra utbredningsområde från Spanien i väst, igenom Pyrenéerna till Alperna i öst. Denna underart bildar ofta små träd med genomgående stam. I alpregionen övergår den till *P. mugo* subsp. *mugo* som bildar flerstammiga buskar i de östra och södra delarna av utbredningsområdet. Under dessa finns flera varieteter och kultiverade sorter i olika storlek och växtsätt från lågt krypande till buskbildande i alla storlekar (Hillier et al., 2014). Gemensamt för dem alla är deras goda förmåga att hantera påfrestande miljöer och mycket kalkhaltiga jordar.

Andra lovande arter förknippade med bergsmiljöer är *Betula nana*, *Juniperus communis* ssp. *nana*, *Pinus sylvestris*, *Calluna vulgaris* och *Salix lanata*, *S. hastata* och *S. helvetica* (Capioli, Leblans, & Michelsen, 2012, Dunnett & Kingsbury, 2008, Mossberg, 1997). Men även risartade växter inom familjen *Ericaceae* som *Erica* sp. och *Vaccinium* sp. kan trivas på tak där sura och ofta blöta mikroklimat bildas (Dunnett & Kingsbury, 2008, Niinemets & Valladares, 2006). Växter i familjen *Ericaceae* är bland de främsta på att hantera anaeroba förhållanden men är istället känsliga för uttorkning vilket begränsar deras lämplighet för de torrare takplanteringarna.

3.5.3 Kustområden

På havsnära klippor och stränder är klimatet mycket påfrestande för vegetationen och förhållandena kan till stor del liknas dem på ett tak där stark vind och torka råder (Dunnett & Kingsbury, 2008). Det maritima klimatet är generellt svalare än inlandsklimatet och söderut kring medelhavet går sällan vintertemperaturen under noll grader (Korn, 2012). Detta gör att vedartade växter från kustområden på varmare breddgrader sällan är hårdiga för det svenska klimatet. Därför bör främst svenska kustområden som ligger geografiskt nära ses som potentiell proveniens för taket. Alternativt andra kustområden i världen där det rådande klimatet liknar Sveriges.

I det ofta mycket dränerande substratet vid kusten blir det lätt mycket torrt med salta vindar och saltvatten som har en ytterligare uttorkande effekt på växtligheten (Dunnett & Kingsbury, 2008). Vegetationen är i dessa lägen tydligt formad av den hårda vinden och bildar lågväxande vegetation (Leuschner & Ellenberg, 2017). Sydvända bergshällar och stränder värms upp av solen och kan nå temperaturer upp till 60 grader. Detta har gjort många av strandarterna tåliga mot just hög värme och kombinationen av dessa stressfaktorer har gjort att ett fåtal lignoser kan hantera dessa situationer. Dessa växter lämpar sig speciellt för de kustnära takplanteringar som påverkas av de salthaltiga vindarna där andra arter skulle fått en försämrad vitalitet av saltet. Vegetationen vid kusten har ofta håriga blad eller ett vaxlager som förhindrar att saltet kommer i direktkontakt med bladytan (Svensson, n.d.). Dessa fungerar även som ett skydd mot uttorkning från solen och den varma marken. Flera av de typiska strandväxterna har även strategin att undgå torkan med aggressiva rötter och sprider sig med adventivrötter i den porösa sanden (Leuschner &

Ellenberg, 2017). På taket behöver dessa växter begränsas för att förhindra att rötterna tränger igenom tätskiktet (Pettersson Skog et al., 2017).

Typarter för taket

Hippophae rhamnoides förekommer vilt längs hela Sveriges havskust på sandmarker samt dyner, branter och steniga stränder (Mossberg, 1997). Den finns även i större delar av Europa och de tempererade delarna av Asien (Leuschner & Ellenberg, 2017). Denna mycket härdiga pionjärväxt tål både mark- och luftsalt och är mycket anspråkslös vad gäller substratet så länge det är väldränerat och soligt. Den rena arten kan bli en stor buske upp till 5 meter som lätt sprider sig med adventivrötter (Bellan, 2016). På grundare takanläggningar bör därför lägre sorter väljas, som exempelvis 'Hikul' som blir en liten till medelstor buske och vars adventivrötter är betydligt mindre aggressiva än den rena artens. Arten är även kvävefixerande vilket gör det möjligt för den att växa på mycket magra jordar (Leuschner & Ellenberg, 2017). Bindningen av kväve gynnar även de närliggande växterna vilket exempelvis *Rosa sp.* tar fördel av där de växer tillsammans i naturen.

Andra naturligt förekommande arter vid östersjökusten som lämpar sig för taket är *Crataegus monogyna*, *Rosa rugosa*, *Rosa pimpinellifolia*, *Salix repens* och *Pinus sylvestris* (se figur 9) (Leuschner & Ellenberg, 2017, Mossberg, 1997, Paju, 2015). På många kustnära lägen i Sverige har även *Pinus nigra* och *Pinus mugo* planterats på grund av deras tållighet mot just salta vindar.



Figur 9. *Pinus sylvestris*, *Rosa rugosa* och *Salix sp.* växer i sanden och klippskrevor vid kusten. Foto av Carl Sandsjö

3.5.4 Buskstäppen & stäppskogen

Stäppmarker finns på fyra kontinenter och är belägna i centrala Nordamerika, Eurasien, Patagonien och Sydafrika (Bone et al., 2015). Stäppen är tydligt påverkad av den regnskugga som de omgivande bergskedjorna skapar. Detta gör luften mycket torr och nederbörden låg. Naturen är också starkt präglad av stark vind och på den eurasiska och nordamerikanska stäppen har några av världens högsta och mest ihållande vindhastigheter mätts upp. Den låga nederbörden i kombination med stark vind och betande djur och regelbundna bränder har gjort stäppen till en lågvuxen gräsvegetation med inslag av små buskar som lärt sig hantera den mycket extrema miljön. Stäppen präglas också av ett typiskt inlandsklimat där somrarna kan nå mycket höga temperaturer och vintrarna mycket låga temperaturer, men även över dygnet sker stora temperaturskillnader (Chatto, n.d.-c, Chatto, n.d.-d). Nederbörden är främst i form av snö på vintern samt på våren medan sommaren och hösten är torr och nederbördsfattig. På grund av det extrema klimatet med torra och varma somrar, kalla vintrar med stark vind och låg nederbörd är många arter från dessa områden mycket hårdiga och lämpliga för planteringar på taket (Dunnett & Kingsbury, 2008). För svenskt klimat är det främst stäppområden belägna på det norra halvklotet som är av intresse eftersom stora delar av de sydliga stäppområdena är mildare och inte har samma extrema temperaturskillnader som de nordamerikanska och eurasiska stäpperna (Bone et al., 2015).

Buskdominerad stäppvegetation (Buskstäppen) breder främst ut sig på västsidan av berg där nederbörden är något högre (Bone et al., 2015). I dalgångar och sänkor där drivsnön blir liggande och smältvatten rinner förbi under våren tenderar också stäppen att övergå till buskstäpp. På den eurasiska stäppen är det främst små och medelstora buskar som utgör buskstäppen och växter som *Caragana* sp., *Cytisus* sp., *Spiraea* sp., *Ephedra* sp. och *Prunus tenella* är vanliga här (Bone et al., 2015, Chatto, n.d.-d). På den nordamerikanska buskstäppen växer bland annat *Juniperus virginiana*, *Ephedra* sp., *Rosa* sp., *Sepherdia* sp. och *Yucca* sp. (Bone et al., 2015).

I eurasiska stäppens västra och norra utkanter är vädret fortfarande mycket extremt men förekomsten av spridda skurar under sommarhalvåret är högre, vilket gör det möjligt för större buskar och träd att etablera sig (Chatto, n.d.-d). I de nedre sluttningarna av Balkanfjällen, Karpaterna och Kaukasus övergår den eurasiska stäppen till buskstäpp och stäppskogar. Skogarna domineras här av *Quercus* sp. men innehåller även flera stora buskar som *Cotinus coggygria*, *Cornus mas*, *Berberis verruculosa* och *Syringa vulgaris* med flera. En motsvarande geografisk beskrivning av den nordamerikanska stäppen är svårare eftersom topografin är mer komplex och inte lika homogen; men där likande förhållanden råder växer framförallt *Pinus* sp. och *Juniperus* sp. där de bildar skogsliknande bestånd (Bone et al., 2015).

Typarter för taket

Cornus mas är en flerstammig stor buske som kan bli ca 5-6 meter hög (Sjöman & Slagstedt, 2015a). Utbredningsområdet är från sydöstra Europa till Kaukasus och vidare i stora delar av västra Asien. I Rumänien och Moldaviens stäppskogar växer den som undervegetation till ekarna och klarar där mycket torra och skuggiga förhållanden. I jordbruksområden i Kaukasus är den odlad i öppna soliga lägen för dess ätbara frukt. Den är kalkgynnad och trivs bäst på marker med ett högt pH (Bengtsson, 1998). Artens tolerans för både torra skuggiga miljöer samt öppna exponerade lägen visar på en bred ståndortsamplitud och gör den mycket lämpad för den hårdgjorda takplanteringen (Sjöman & Slagstedt, 2015a).

Förutom de nämnda arterna i biotopbeskrivningen ovan lämpar sig även stäpparterna: *Acer tataricum*, *Caragana arborescens*, *Elaeagnus angustifolia*, *Salix repens*, *Tamarix tetrandra*, *T. ramossissima*, *Yucca glauca*, *Atriplex* sp., *Cytisus* sp., *Ephedra* sp., *Juniperus* sp., *Pinus* sp. och *Rhus* sp. (Bone et al., 2015, Chatto, n.d.-b, Chatto, n.d.-c, Chatto, n.d.-d, Dunnett & Kingsbury, 2008).

3.5.5 Ruderatmark

Ruderata marker uppstår där människor vistas och verkar (Anderberg, 2010). Ruderatmarkerna, eller skräpmarker som de också kallas är ofta öppna tillfälliga miljöer som försvinner när markanvändningen ändras. Typiska ruderatmarker är vägslänter, byggarbetsplatser, schaktmassor, industri- och hamnområden. Vegetationen som växer här är stark förknippad med näringshalten och vattentillgången i substratet samt hur frekvent störningar sker (Müllerová, Vítková, & Vítek, 2011). De näringsfattiga och torra markerna som hålls öppna med kontinuerlig skötsel, exempelvis vägrenar och vägslänter, har ofta en hög biologisk mångfald av konkurrenssvaga pionjära arter som är anpassade för den utsatta miljön (se figur 10) (Dunnett, 2015, Kowarik & Langer, 2005). Förutom torka, störning och brist på näring utsätts den ruderata vegetation ofta för ytterligare stressfaktorer som vägsalt samt luft- och markföroreningar (Müllerová et al., 2011). Till följd av den urbana värmeöeffekten kan påverkade ruderatmarker ha en stor andel exotiska inslag eftersom de gynnas av den höjda värmen (Leuschner & Ellenberg, 2017). Dessa exoter är främst torktåliga, värme- och kalkgynnade pionjära arter som sprids från närliggande trädgårdar och som lätt kan etablera sig på varma och näringsfattiga miljöer. Som tidigare nämnt är många pionjära stresstrategier potentiellt växtmaterial för taket, och deras existens på svenska ruderatmarker är en god indikator på deras lämplighet att planteras på taket ¹⁰.



Figur 10. Vägslänt på Torsö i Västergötland. Gulblommande *Cytisus* sp. är en av få växter som kunnat etablera sig i den branta och torra vägslänten. Arten har spridit sig framgångsrikt på Torsö och förekommer längt vägarna på hela ön. Foto av Carl Sandsjö

Typarter för taket

Cytisus scoparius är en ganska vanligt förekommande liten buske som förvildats i södra Sverige och blir upp till 150 cm hög (Mossberg, 1997). Den förekommer ofta på magra och steniga skräpmarker som vägslänter och banvallar och växer i hela Europa. Spridningen sker genom frön som explosionsartat slungas iväg från växtens baljor. I London har *C. scoparius* till och med självspredit sig och koloniserat grunda extensiva gröna tak på detta sätt (Dunster & Coffman, 2015). Alla arter inom *Cytisus* sp. är solkrävande och mycket torktålig växter där de lägre sorterna är extra lämpliga på taket (Dunnett & Kingsbury, 2008). *Cytisus scoparius* är

¹⁰ Muntlig källa - Gustav Nässlander, Stångby Plantskola 2019-03-13

förälder till många hybrider och namnsorter som finns i handeln och förekommer i flera olika storlek, blomfärg och växtsätt (Hillier et al., 2014).

Andra typer som kan återfinnas på ruderatmarker är *Ailanthus altissima*, *Betula pendula*, *Buddleja davidii*, *Mahonia aquifolium*, *Cytisus sp.* och *Salix sp.* (Leuschner & Ellenberg, 2017, Sukopp & Wurzel, 2000). En del ruderala växter har tendenser till att vara invasiva där framförallt *Ailanthus altissima* bör hanteras varsamt då den visat sig mycket invasiv i syd- och Centraleuropas städer. Om klimatet blir varmare kan denna värmegynnade växt även bli ett skötselproblem i svenska städer.

3.6 Sammanfattning

Världen över finns olika naturliga biotoper som har utmärkande drag som liknar takets ståndort. Dessa biotoper kan variera i geografisk storlek och omfatta allt från mycket stora ekosystem som återfinns på flera platser runt om i världen, till specifika platser vars ekosystem är helt unika och bara återfinns på en plats. I detta kapitel har fem biotoper lyfts fram vars geografiska placering är fördelad över stora delar av världen med den gemensamma nämnaren att de innehåller en stor mängd härdigt och specialiserat växtmaterial som lämpar sig för takets ståndorter. Målet varit att besvara frågeställningen **B** - 'Var i naturen kan man hitta ståndorter som liknar den rådande ståndorten på en takbjälklagsplantering och vilka av dessa referensståndorter skulle fungera att ha som förebild för planteringar i Sverige?'. Resultatet som framkommit är:

B. På extrema och exponerade miljöer vars ståndort liknar taket. Dessa kan finnas på många platser i världen men för att hitta härdigt material för vårt kalla klimat bör biotoper på norra halvklotet undersökas. Biotoperna som styrks genom litteraturen är: **Alvarsmarker & kalkgynnad vegetation, Bergsområden, Kustområden, Buskstäppen & stäppskogen** och **Ruderatmarker**.

Slutligen har även **C** - 'Vilka vedartade växter från dessa ståndorter kan lämpa sig för svenska bjälklagsplanteringar med olika lokalklimatförhållanden?' delvis besvarats i detta kapitel. För att identifiera passande växtmaterial från de olika biotoperna har det varit nödvändigt att undersöka hur ett ståndortsanpassat växtval går till och vilka faktorer som ska beaktas. Det har tydligt framgått att biologiska aspekter går före de estetiska aspekterna och att växtens härdighet är av högsta prioritet. Sedan ska takets successionella fas fastställas och slutligen ska växtens tolerans för växtplatsen kontrolleras. De viktigaste egenskaperna är att växterna kan hantera **höga temperaturskillnader, långvarig torka, stark vind, begränsat rotutrymme** och i vissa fall även **anaeroba förhållanden**. De arter som omnämns löpande i texten och besitter strategier för de nämnda stressfaktorerna finns samlade i växtlistor längst bak i arbetet (se Tabeller – Fyra växtlistor för olika substratdjup). De olika substratdjupen som möjliggör olika växtkategorier har gjorts med hjälp av böckerna *Grönatakhåndboken – Växtbädd och vegetation* (2017) och *Planting Green Roofs and Living Walls* (2008). Sedan har växternas storlek definierats med hjälp av höjdkategoriseringen i boken *The Hillier Manual of Trees & Shrubs* (2014).

C. Lämpliga växter besitter strategier för att hantera de stressfaktorer som påverkar takets ståndort. Det har visat sig att träd inte är lämpliga på taket i detta substratdjup utan det är buskar i olika storlekar som gör sig bäst här. Arter som styrks genom intervjuer med växtexperter och/eller av litteraturen finns listade i slutet av arbetet.

Kapitel 3 i punktform...

- Få växter kan hantera både torka och översvämning lika bra och därför bör **anaeroba förhållanden** undvikas i anläggningen genom att använda rätt substratdjup för den valda vegetationen samt en dränerande substratblandning som innehåller tillsatsmaterial.
- Många pionjära buskar besitter rätt strategier för att hantera stressfaktorerna som råder på taket och kan därför utvecklas framgångsrikt med god vitalitet.
- Arter med enda strategin att undvika torka genom ett aggressivt och djupgående rotsystem kommer mest sannolikt att misslyckas på det grunda taket. Istället bör arter väljas som besitter flera strategier för att hantera torkan.
- Behåring, gråfärgade, vaxlager, små blad eller barr är synliga strategier som växterna har mot nämnda stressfaktorer.
- Trädbildande individer bör helt undvikas i substratdjup på ≤ 50 cm där extensiv skötsel tillämpas eftersom bädden inte kan tillgodose trädens krav på tillgängliga resurser, samt att vindfånget och totalvikten kan bli för stort när trädet växer sig större.
- Det lägsta substratdjupet för att plantera vedartade växter i Sverige börjar vid 12 cm. Men beroende på takets geografiska placering och exponering kan substratdjupet behöva ökas ytterligare.

Kapitel 4

Diskussion

Kapitel 4 – Diskussion

4.1 Metoddiskussion

Litteraturstudien

Litteraturstudien är den del jag behövt disponera mest tid för och som utgör den största delen av mitt arbete. För att nå fram till svaren på de frågeställningar jag satt upp har det varit nödvändigt att samla information om hur ett grönt tak är uppbyggt och förklara en del tekniska aspekter. Dels för min egen skull men också för att ge läsaren en grundläggande kunskap om gröna tak. Det finns en stor mängd litteratur som behandlar de tekniska aspekterna och likaså fördelarna med att anlägga gröna tak och vilka ekosystemtjänster som kan utvinnas. I arbetet att skriva Kapitel 2 – *Det gröna taket* har flera svenska källor varit tillgängliga, främst berörande konstruktionens uppbyggnad, men även engelsk litteratur har varit avgörande för att ge fördjupande kunskap.

Vad gäller växtmaterialet på taken har det varit svårare eftersom de flesta böcker och rapporter har behandlat örtartat växtmaterial och ytterst lite om vedartat material. Av de många forskningsrapporter, utvärderingar av testbäddar och recensioner av befintliga takanläggningar runt om i världen, har endast ett fåtal av de omnämnda växterna varit buskar eller träd. I stor utsträckning har det omnämnda växtmaterialet för taket varit just örtartade ängsväxter och sedumväxter där lignoser främst omnämns fragmenterat i korta stycken. Denna litteratur har främst varit på engelska, skriven för ett brittiskt eller amerikanskt klimat. Det finns också en risk att använda dessa utländska källor när det kommer till rekommendationer av växtval och substratdjup eftersom deras klimat skiljer sig från vårt svenska klimat. Eftersom litteraturen som omnämnt användningen av lignoser på gröna tak varit så begränsad och fragmenterat i små delar eller på sin höjd enstaka kapitel i utländska böcker har litteraturstudien i Kapitel 3 – *Växtmaterialet* varit tidskrävande och stundtals svårarbetad. Litteraturstudien har gjort det möjligt att besvara två av mina tre frågeställningar. På frågan *'Vilka vedartade växter från dessa ståndorter kan lämpa sig för svenska bjälklagsplanteringar med olika lokalklimatförhållanden?'*, har intervjustudien behövt legat till grund för de typer som beskrivs i samband med varje biotop på kapitel 3.5 Biotoper likt taken, samt till växtlistorna i slutet av arbetet.

Det har som nämnt uppdagats att den svenska litteraturen om lignoser på tak är knapp och under arbetets gång har jag kommit till insikt att det behövs mer litteratur för svenska klimatförhållanden och fler dokumentationer i form av utvärderingar av svenska gröna tak och bjälklagsplanteringar innehållande vedartat växtmaterial som har inventerats under en längre period. Det finns förvisso en risk att jag kan ha missat sådan litteratur som jag efterlyser men eftersom jag gjort grundliga sökningar på, vad jag anser, de mest relevanta platser och webbplatser som SLU Alnarps bibliotek, PRIMO och Google Scholar, tror jag den risken är liten.

De källor som bidragit till mest kunskap om gröna tak i detta arbete har varit den svenska handboken *Grönatakhandboken – Växtbädd och vegetation* och de engelska och amerikanska böckerna *Planting Green Roofs and Living Walls* och *The Green Roof Manual*.

Intervjustudien

Intervjuer har främst gjorts i syfte att sammanställa en växtlista baserad på experter och yrkesverksammas erfarenheter och kunskap. Men flera intervjuer har även gjorts för att ge mig en vidare förståelse av ämnet samt att fylla i luckor som inte kunnat besvaras genom litteraturstudien.

Tidsramen för arbetet satte gränsen för hur många personer jag hunnit intervjua och av alla tillfrågade var det totalt 10 svarande personer (se tabell 1). I mitt val av intervjupersoner har jag först och främst prioriterat personer med erfarenhet av plantering av lignoser på tak och i andra hand har jag tillfrågat personer som besitter fördjupad kunskap om lignoser och som har erfarenhet av plantering i urnor och/eller i hårdgjorda stadsrum. Urvalet av intervjupersoner är starkt präglad av min studietid på SLU Alnarp och de flesta intervjupersoner har jag haft som föreläsare eller att jag arbetat tillsammans med dem på Flyinge plantshop. För att hitta ytterligare intervjupersoner samt att vidga växtlistans geografiska representation har jag blivit tipsad om personer som är arbetar med gröna tak i andra delar av landet. Även om min målsättning var att sammanställa en växtlista för olika lokalklimatförhållanden är alla tillfrågade verksamma i södra Sverige. Trots att de tillfrågade har mycket god kunskap om vilka växter som även fungerar i norra Sverige kan deras nuvarande ort och verksamhetsområde varit en faktor som påverkade resultatet av de arter som rekommenderades under intervjutillfället. Min egen kännedom av företag och personer inom branschen för gröna tak har begränsat urvalet av personer att intervjua. Trots att jag under arbetets gång kommit i kontakt med nya verksamma personer att intervjua, skulle ett från start större kontaktnät kunnat leda till fler intervjuer och fler representanter från fler orter i hela landet.

Intervjuerna genomfördes via mejlkontakt, telefonsamtal och personliga möten där personen i fråga ombads ge ca 10 förslag på vedartade växter. Vid personliga möten och telefonintervjuer tenderade växtförslagen att hamna kring 20 stycken växter, medan intervjuerna på mejl oftast resulterade i ett lägre antal på omkring 10 växter. Jag tror inte detta har någon negativ påverkan på resultatet men att det visar sig genom att vissa personers rekommendationer representeras i betydligt större utsträckning än andras i växtlistan.

Under intervjun informerades inte de tillfrågade vilka växter som de andra personerna rekommenderat. Detta ledde till att flera arter rekommenderades flera gånger av olika personer. Att samma växt rekommenderades av flera olika källor tolkar jag som en garant för att växten är mycket lovande. Hur många gånger varje växt har rekommenderats och från vilken källa kan utläsas i växtlistans sista kolumnen "*Referenser*". Enda undantaget då den tillfrågade visste om de andras svar var intervjun med Anders Folkesson som fick ta del av den då halvfärdiga växtlistan. Anledningen var att Anders skulle tipsa om arter som andra inte redan rekommenderat och på så sätt utöka växtlistan.

Under intervjuerna förmedlade jag inte huruvida växterna behöver vara tillgängliga i plantskolorna. Detta resulterade i att vissa rekommenderade specifika sortnamn som är mycket vanliga på den svenska marknaden medan andra tipsade om växter som nästan är omöjliga att få tag på i handeln. Även om denna informationsmiss var oavsiktlig och helt klart har påverkat resultatet i växtlistan, blev resultatet en jämn blandning av både tillgängligt växtmaterial samt nya spännande arter som skulle kunna prövas på tak om de introducerades på marknaden i större utsträckning.

4.2 Resultatdiskussion

En fråga som uppstått under arbetets gång har varit vid vilket jorddjup en kan börja plantera vedartade växter där endast extensiv skötsel tillämpas? Detta trots att det finns substratdjupsrekommendationer i litteraturen. Under intervjuerna uppkom det att en del yrkesverksamma inte rekommenderar att plantera några vedartade växter på mindre djup än 45 cm på taket. Men i teorin borde det finnas växter som klarar av att växa på tak i betydligt grundare substratdjup. Litteraturen har gett olika uppgifter som är mer eller mindre specificerade. Enligt den svenska boken *Grönatakhandboken* ska buskar kunna planteras i substratdjup från 12 cm. Men i denna uppgift framgår det inte någon beskrivning av skötselintensiteten eller om det är med eller utan bevattning. I den engelska boken *Planting Green Roofs and Living Walls* förespråkas extensiv skötsel med minimal bevattning och författarna menar att halvbuskar och små buskar kan planteras från 10 cm och uppåt.

Med de två böckerna som grund har jag tolkat att 12 centimeter substratdjup med extensiv skötsel borde kunna ge livsutrymme för de mest stresståliga dvärgbuskarna även i ett svenskt klimat. På samma sätt har jag kombinerat källorna och kommit fram till de resterande jorddjup som kan ses nedan. Denna indelning ligger till grund för hur växterna placerar sig i tabellerna och hur uppdelningen av dessa har skett.

Sammanlagan substratdjupsindelning

Dvärgbuskar 12 - 20 cm

Små och krypande buskar 15 – 25 cm

Medelstora buskar 20 – 50 cm

Stora buskar 35 – 70 cm

Mindre träd 60 – 125 cm

I de böcker och standarder som jag studerat är vegetationen för olika substratdjup allt som oftast indelad efter växtens förväntade storlek. Detta underlättar kategoriseringen betydligt och ger en generell bild av vad för arter och sorter som kan planteras var. Men kategoriseringen är som sagt generell vilket jag märkte när jag sammanställde växtlistorna. Eftersom olika arter är mer eller mindre skickliga på att hantera stress oavsett växtstorlek, innebär det en risk att vissa växter egentligen skulle få en bättre utveckling på ett djupare substratdjup. Kanske skulle även flera av de högre växterna kunna få en fullgod utveckling även på ett grundare substrat än där de blivit placerade. Växtdjupen är därför bara en fingervisning som är helt beroende av att växterna har rätt strategier. Det krävs alltså att personen som gör växtvalen har goda förkunskaper i att välja växter som kan hantera platsen och inte enbart baserar sitt växtval på dess sluthöjd.

Att testa vedartade växter i ett svenskt klimat på olika substratblandningar i varierande djup, bredd och volym skulle vara mycket intressant och underlätta arbetet att förvandla fler tak till gröna oaser. Att använda ett stresståligt växtmaterial som kan utvecklas framgångsrikt utan att intensiv skötsel tillämpas, tror jag skulle få fler byggherrar att plantera vedartat på taken eftersom detta kan ge ytterligare poäng i olika certifiering- och miljöledningssystem samt ge god publicitet för byggnaden. Förhoppningsvis kan detta arbete ge inspiration till att pröva ett utökad växtmaterial på taken som kan bidra till att skapa intressanta och rekreativa takterrasser.

Substratdjupsindelning är som sagt en generell fingervisning för det lägsta måttet för varje växtkategori. Eftersom klimat innanför Sveriges gränser varierar med stora skillnader i exempelvis nederbörd och temperatur kommer landskapsarkitekten/gestaltaren behöva ta ställning till vilket substratdjup och design som är bäst lämpad på den specifika platsen. Ett intressant ämne att utforska vidare skulle därför vara att kategorisera svenska takplanteringar baserat på geografiskt läge och mikroklimat. En sådan geografisk kategorisering skulle underlätta för designern att sätta ett bestämt substratdjup för den specifika platsen samt att matcha takets ståndort med en eller flera av de föreslagna referensbiotoperna.

Upprepade gånger i både litteraturen och vid intervjuerna har jag blivit informerad att välja arter med ett grunt rotsystem. Samtidigt är det få böcker som beskriver rotsystem hos olika arter och viss litteratur menar att rötter är opportunistiska och växer dit vätan finns. Problematiken har varit att hitta litteratur som specifikt beskriver arternas växtsätt under jord. För framtida studier skulle det därför vara intressant att ta del av en studie som undersöker hur olika arter (främst buskar) hanterar trånga utrymmen.

För framtida studier skulle det även vara intressant att ta reda på vilken totalvikt majoriteten av Sveriges befintliga takterrasser klarar av och i hur stor utsträckning av stadens befintliga tak det är möjligt att

anlägga växtbäddar på 15, 20 och 35 cm djup. Det skulle också vara intressant att veta mer om hur dessa växtbäddar kan byggas upp. Alla system som jag stött på innehåller nämligen flera lagar av dukar och dräneringsmattor som är gjorda av plast. Finns det andra material som är mer hållbara än dessa plastprodukter? Är de prefabricerade plastprodukterna avgörande för att kunna anlägga moderna grönt tak? Kanske finns det alternativa sätt att bygga gröna tak som både är vattentätt och mindre plastberoende.

Den slutliga växtlistan är menad att fungera som ett verktyg för att belysa valmöjligheten och potentialen i arter som allmänt är mindre kända på marknaden samt att förenkla processen i att göra växtval för olika takanläggningar i hela Sverige. Men en begränsning med listan är att den innehåller ett få antal växter som klarar de mest nordliga delarna av Sverige. En annan begränsning är tillgängligheten på flera av växterna som kan vara svåra att få tag på i handeln. I framtida studier skulle platsbesök på de nämnda referensbiotoperna kunna göras för att samla in det omnämnda växtmaterialet, men även andra lovande arter som växer i dessa områden som inte finns med i växtlistan. Vidare skulle även fälttester kunna utföras runt om i Sverige där oprövade arter kan planteras i testbäddar. Detta skulle kunna utföras på några av SLUs anläggningar runt om i Sverige. Alternativt skulle det även kunna utföras av plantskolister på deras anläggningar genom att de bistås med växtmaterial och testbäddskonstruktioner.

Avslutningsvis finns det i dagsläget många gröna tak runt om i världen och inte minst i Sverige. Majoriteten av dessa är extensiva sedumtak med främsta syfte att fördröja dagvatten. Men samtidigt finns det mer intressanta takplanteringar med komplexa och dynamiska planteringar. Dessa finns främst i storstäder i Tyskland, Schweiz, England och Nordamerika, länder som är framstående inom ämnet. Det är också från dessa länder den största mängden litteratur och forskning verkar komma ifrån. Men viss litteratur samt flera intressanta projekt kan även återfinns i Norden. Några av dessa projekt har jag besökt och det är tydligt att det finns en stor vilja att använda taklandskapen för rekreativa ändamål. Några av de jag besökt är: The City Dune, Tivoli Congress Center, Rigsarkivet, Novo Nordisk HQ, Stapelbäddsparken, Ohoj, Sveavägen 44 och 79&Park. Flera av dessa har en ståndortsanpassad vegetation med extensiv skötsel och som upplevs frodig och välmående, medan andra projekt tycks ha en mer ansträngd vegetation som kräver intensiv skötsel. Efter att ha skrivit detta arbete är min uppfattning att det skulle behövas en ytterligare handbok för gröna tak som ingående behandlar växtvalet med fokus på ståndort, minimal skötselintensitet och substratdjup/substratvolym i ett svenskt klimat. Detta skulle hjälpa oss att få ner skötselkostnaderna och totalvikten på våra gröna tak och på så sätt göra det möjligt att omgestalta flera av våra befintliga gråa tak till rekreativa och lekfulla miljöer där vedartade växter har en bärande roll i gestaltningen.

Referenslista

- Agurla, S., Gahir, S., Munemasa, S., Murata, Y., & Raghavendra, A. S. (2018). Mechanism of Stomatal Closure in Plants Exposed to Drought and Cold Stress. In: M. Iwaya-Inoue, M. Sakurai, & M. Uemura (eds.) *Survival Strategies in Extreme Cold and Desiccation: Adaptation Mechanisms and Their Applications*. Singapore: Springer Singapore.
- Ahonen, I. (2019). *EU-förordningen om invasiva främmande arter* [Online]. Sverige: Naturvårdsverket. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Artskydd/invasiva-frammande-arter-vagledning/Invasiva-frammande-arter-vagledning/> [10-10 2019].
- Anderberg, A. (2003). *Tok - Potentilla fruticosa* [Online]. Den virtuella floran: Naturhistoriska riksmuseet. Tillgänglig: <http://linnaeus.nrm.se/flora/di/rosa/poten/potefru.html> [07-01 2019].
- Anderberg, A. (2010). *Ruderatmarker - Kulturmarker* [Online]. Den virtuella floran: Naturhistoriska riksmuseet. Tillgänglig: <http://linnaeus.nrm.se/flora/veg/ruderat.html> [06-20 2019].
- Arakawa, K., Kasuga, J., & Takata, N. (2018). Mechanism of Overwintering in Trees. In: M. Iwaya-Inoue, M. Sakurai, & M. Uemura (eds.) *Survival Strategies in Extreme Cold and Desiccation: Adaptation Mechanisms and Their Applications*. Singapore: Springer Singapore.
- Artportalen. (2019). *Invasiva främmande arter i Finland* [Online]. Finland: Vieraslajit. Tillgänglig: <http://vieraslajit.fi/lajit/HBE.MG2/list> [10-10 2019].
- Artsdatabanken. (2018). *Fremmedartslista 2018* [Online]. Trondheim: Artsdatabanken. Tillgänglig: <https://www.artsdatabanken.no/fremmedartslista2018> [10-10 2019].
- Bara-Mineraler. (2018). *Hekla® Lättjord typ C* [Online]. Bara: Bara Mineraler. Tillgänglig: https://www.baramineraler.se/wp-content/uploads/2018/12/Hekla_L%C3%A4ttjord_typC_Produktdatablad_2018.pdf [03-07 2019].
- Belcher, J. W., Keddy, P. A., & Catling, P. M. (1992). *Alvar vegetation in Canada: a multivariate description at two scales*. *Canadian Journal of Botany*, 70, 1279-1291.
- Bellan, P. (2016). *Stångbykatalogen. 2016/17*, Lund, Stångby plantskola.
- Bellan, P., Slagstedt, J., & Sjöman, H. (2016). *Låga marktäckande buskar för offentliga miljöer*. Alnarp: Movum.
- Bellan, P., Slagstedt, J., & Sjöman, H. (2018). *Solitärbuskar - Mångfald och användning*. Alnarp: Movium.
- Bengtsson, R. (1998). *Stadsträd från A till Z*, Alnarp, Alnarp : MOVIMUM.
- Best, B. B., Swadek, R. K., & Burgess, T. L. (2015). Soil-Based Green Roofs. In: R. K. Sutton (ed.) *Green Roof Ecosystems*. Cham: Springer International Publishing.
- Bloom, A., & Bloom, R. (2017). *Gardening with Conifers*, Firefly Books.
- Bodén, C. (1991). *Modern arkitektur : funktionalismens uppgång och fall*, Helsingborg, Helsingborg : ArchiLibris.
- Bone, M., Johnson, D., Kelaidis, P., Kintgen, M., Vickerman, L. G., & Gardens, D. B. (2015). *Steppes: The Plants and Ecology of the World's Semi-arid Regions*, Timber Press.
- Boverket (2010). *Mångfunktionella ytor - Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö i städer och tätorter genom grönstruktur*. Internt Boverket.
- Bramryd, T. (1993). *Stadens lungor : om luftkvaliteten och växtligheten i våra tätorter*, Alnarp, Sveriges lantbruksuniv.
- Brzeziecki, B., & Kienast, F. (1994). *Classifying the life-history strategies of trees on the basis of the Grimian model*. *Forest Ecology and Management*, 69, 167-187.
- Campbell, B. D., & Grime, J. P. (1992). *An Experimental Test of Plant Strategy Theory*. *Ecology*, 73, 15-29.
- Campioli, M., Leblans, N., & Michelsen, A. (2012). *Stem Secondary Growth of Tundra Shrubs: Impact of Environmental Factors and Relationships with Apical Growth*, BIOONE.

- Cao, C., Farrell, C., Kristiansen, P., & Rayner, J. (2014). *Biochar makes green roof substrates lighter and improves water supply to plants*.
- Chatto, A. (n.d.-a). *The Boreal Coniferous Forest Region*. In AC Papers. Elmstead: Andrew Chatto's Archive. Tillgänglig: <https://www.bethchatto.co.uk/gardens/andrew-chatto-s-archive.htm>. [2019-03-21].
- Chatto, A. (n.d.-b). *The Large-tufted Feather-grass Steppes of Russia*. In AC Papers. Elmstead: The Andrew Chatto's Archive. Tillgänglig: <https://www.bethchatto.co.uk/gardens/andrew-chatto-s-archive.htm>. [2019-03-21].
- Chatto, A. (n.d.-c). *Semi-Desert & Desert*. In AC Papers. Elmstead: The Andrew Chatto's Archive. Tillgänglig: <https://www.bethchatto.co.uk/gardens/andrew-chatto-s-archive.htm>. [2019-03-21].
- Chatto, A. (n.d.-d). *Summary - Where Our Plants Come From*. In AC Papers. Elmstead: The Andrew Chatto's Archive. Tillgänglig: <https://www.bethchatto.co.uk/gardens/andrew-chatto-s-archive.htm>. [2019-03-21].
- Chatto, A. (n.d.-e). *Wild Homes of Garden Plants*. In AC Papers. Elmstead: The Andrew Chatto's Archive. Tillgänglig: <https://www.bethchatto.co.uk/gardens/andrew-chatto-s-archive.htm>. [2019-03-21].
- Colasanti, R. L., & Grime, J. P. (1993). *Resource Dynamics and Vegetation Processes: A Deterministic Model Using Two-Dimensional Cellular Automata*. *Functional Ecology*, 7, 169-176.
- Consolloy, J. W. (2007). Planting and Maintenance. In: J. E. Kuser (ed.) *Urban and Community Forestry in the Northeast*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Dunnett, N. (2015). Ruderal Green Roofs. In: R. K. Sutton (ed.) *Green Roof Ecosystems*. Cham: Springer International Publishing.
- Dunnett, N., & Hitchmough, J. (2004). *The dynamic landscape : design, ecology and management of naturalistic urban planting*, London, Spon Press.
- Dunnett, N., & Kingsbury, N. (2008). *Planting green roofs and living walls*, London, Timber Press.
- Dunster, K., & Coffman, R. R. (2015). Placing Green Roofs in Time and Space: Scale, Recruitment, Establishment, and Regeneration. In: R. K. Sutton (ed.) *Green Roof Ecosystems*. Cham: Springer International Publishing.
- Etherington, J. R., & Bazzaz, F. A. (1997). *Plants in Changing Environments*. *The Journal of Ecology*, 85, 923.
- Fernandez-Cañero, R., Emilsson, T., Fernandez-Barba, C., & Herrera Machuca, M. Á. (2013). *Green roof systems: A study of public attitudes and preferences in southern Spain*. *Journal of Environmental Management*, 128, 106-115.
- Folkesson, A. (2018). *Jordkokboken : handbok i att beskriva växtbäddar för växter med speciella krav i anslutning till AMA*, Stockholm, Svensk byggtjänst.
- Frenette-Dussault, C., Shipley, B., Léger, J.-F., Meziane, D., & Hingrat, Y. (2012). *Functional structure of an arid steppe plant community reveals similarities with Grime's C-S-R theory*. *Journal of Vegetation Science*, 23, 208-222.
- Gardiner, J. M. (2011). *The Timber Press encyclopedia of flowering shrubs*, Portland, Timber Press.
- Gehl, J. (2011). *Life between buildings : using public space*, Washington, DC, Washington, DC : Island Press.
- Götmark, F., Götmark, E., & Jensen, A. M. (2016). *Why Be a Shrub? A Basic Model and Hypotheses for the Adaptive Values of a Common Growth Form*. *Front. Plant Sci.* 7:1095. doi: 10.3389/fpls.2016.01095 Tillgänglig: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2016.01095> [2019-10-23].
- Haaland, C., Fransson, A.-M., Kruuse, A., Emilsson, T., & Malmberg, J. (2018). *Gröna tak för ökad biologisk mångfald*. nr 6.
- Hawke, R. (2015). An Evaluation Study of Plants for Use on Green Roofs. *Plant Evaluation Notes* [Online]. Tillgänglig: https://www.chicagobotanic.org/downloads/planteval_notes/no38_greenroofplants.pdf [2019-10-15].

- Hawver, G. A., & Bassuk, N. L. (2007). Soils: The Key to Successful Establishment of Urban Vegetation. In: J. E. Kuser (ed.) *Urban and Community Forestry in the Northeast*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Heuertz, M., Teufel, J., González-Martínez, S. C., Soto, A., Fady, B., Alía, R., & Linder, P. (2010). *Geography determines genetic relationships between species of mountain pine (Pinus mugo complex) in western Europe*. *Journal of Biogeography*, 37, 541-556.
- Hillier, J., Armitage, J., & Sanford, R. (2014). *The Hillier Manual of Trees & Shrubs*, Royal Horticultural Society.
- Hirons, A. D., & Sjöman, H. (2019). *Tree Species Selection for Green Infrastructure: A Guide for Specifiers*, Trees & Design Action Group.
- Huang, C.-W., Chu, C.-R., Hsieh, C.-I., Palmroth, S., & Katul, G. G. (2015). *Wind-induced leaf transpiration*. *Advances in Water Resources*, 86, 240-255.
- Hänninen, H. (2016). *Boreal and Temperate Trees in a Changing Climate Modelling the Ecophysiology of Seasonality*, Dordrecht, Springer Netherlands.
- Kingsbury, N. (2008). *The Andrew Chatto papers* [Online]. London: Daily Telegraph. Tillgänglig: <https://www.telegraph.co.uk/gardening/3458335/The-Andrew-Chatto-papers.html> [03-09 2019].
- Korn, P. (2012). *Peter Korn's trädgård : odling på växternas villkor*, Landvetter, Landvetter : Peter Korn.
- Kowarik, I. (2005). Wild Urban Woodlands: Towards a Conceptual Framework. In: I. Kowarik & S. Körner (eds.) *Wild Urban Woodlands: New Perspectives for Urban Forestry*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kowarik, I., & Langer, A. (2005). Natur-Park Südgelände: Linking Conservation and Recreation in an Abandoned Railyard in Berlin. In: I. Kowarik & S. Körner (eds.) *Wild Urban Woodlands: New Perspectives for Urban Forestry*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Lambrinos, J. G. (2015). Water Through Green Roofs. In: R. K. Sutton (ed.) *Green Roof Ecosystems*. Cham: Springer International Publishing.
- Leuschner, C., & Ellenberg, H. (2017). *Ecology of Central European Non-Forest Vegetation: Coastal to Alpine, Natural to Man-Made Habitats Vegetation Ecology of Central Europe, Volume II*, Cham, Springer International Publishing.
- LRF (2016). *Kvalitetsregler för plantskoleväxter*, Stockholm, LRF Trädgård/Plantskola.
- Lundholm, J. T., & Williams, N. S. G. (2015). Effects of Vegetation on Green Roof Ecosystem Services. In: R. K. Sutton (ed.) *Green Roof Ecosystems*. Cham: Springer International Publishing.
- Länsstyrelsen. (2008). *Österplana hed och vall* [Online]. Göteborg: Länsstyrelsen Västra Götalands Län. Tillgänglig: <https://www.lansstyrelsen.se/vastra-gotaland/besok-och-upptack/naturreservat/osterplana-hed-och-vall.html> [05-13 2019].
- MacDonagh, L. P., & Shanstrom, N. (2015). Assembling Prairie Biome Plants for Minnesota Green Roofs. In: R. K. Sutton (ed.) *Green Roof Ecosystems*. Cham: Springer International Publishing.
- Madre, F., Vergnes, A., Machon, N., & Clergeau, P. (2013). *A comparison of 3 types of green roof as habitats for arthropods*. *Ecological Engineering*, 57, 109-117.
- McIndoe, A. (2014). *The Creative Shrub Garden: Eye-Catching Combinations for Year-Round Interest*, Timber Press.
- MEA (2005). *Ecosystems and human well-being: Current state and trends*, Washington DC, USA, Island Press.
- Miljøstyrelsen. (2019). *De invasive arter* [Online]. Odense: Miljøstyrelsen. Tillgänglig: <https://mst.dk/natur-vand/natur/national-naturbeskyttelse/invasive-arter/de-invasive-arter/> [10-10 2019].
- Mohajerani, A., Bakaric, J., & Jeffrey-Bailey, T. (2017). *The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete*. *Journal of Environmental Management*, 197, 522-538.
- Mossberg, B. (1997). *Den nordiska floran*, Stockholm, Wahlström & Widstrand.

- Mustila. (n.d.). *Pinus mugo - bergtall* [Online]. Elimäki: Arboretum Mustila. Tillgänglig: <http://www.mustila.fi/sv/plantor/pinus/mugo> [05.17 2019].
- Müllerová, J., Vítková, M., & Vítek, O. (2011). *The impacts of road and walking trails upon adjacent vegetation: Effects of road building materials on species composition in a nutrient poor environment. Science of The Total Environment*, 409, 3839-3849.
- Naturvårdsverket (2017). *Argument för mer ekosystemtjänster*, Stockholm, Stockholm.
- Neuner, G. (2014). *Frost resistance in alpine woody plants*. 5.
- Niinemets, Ü., & Valladares, F. (2006). *TOLERANCE TO SHADE, DROUGHT, AND WATERLOGGING OF TEMPERATE NORTHERN HEMISPHERE TREES AND SHRUBS. Ecological Monographs*, 76, 521-547.
- Nilsson, E., & Holm, G. (2013). *Växter för framtiden: Utvecklingsarbete vid Elitplantstationen och E-märkning*. SLU Alnarp: Movium.
- Osmond, P., & Irger, M. (2016). Green Roof Retrofit and the Urban Heat Island. In: S. Wilkinson & T. Dixon (eds.) *Green Roof Retrofit : Building Urban Resilience*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Paju, J. (2015). *Taklandskapet ett naturligt förhållningssätt till arkitektur. The roof top landscape a natural way towards architecture*.
- Peck, S. W., & Kuhn, M. (2003). *Design Guidelines for Green Roofs*, Ontario Ontario Association of Architects.
- Perry, T. O. (1989). *Tree Roots: Facts and Fallacies. Arnoldia*, 49, 2-21.
- Persson, A. S., & Smith, H. G. (2014). *Biologisk mångfald i urbana miljöer: förutsättningar, fördelar och förvaltning*, Lund, Centrum för miljö- och klimatforskning, Lunds universitet.
- Pettersson Skog, A., Malmberg, J., Emilsson, T., Jägerhök, T., & Capener, C.-M. (2017). Grönatakhandboken - Växtbädd och vegetation. Tillgänglig: <http://gronatakhandboken.se/wp-content/uploads/2017/02/Gronatakhandboken-Vaxtbadd-och-Vegetation.pdf> [2019-02-19].
- Pierce, S., Negreiros, D., Cerabolini, B. E. L., Kattge, J., Díaz, S., Kleyer, M., . . . Tampucci, D. (2017). *A global method for calculating plant CSR ecological strategies applied across biomes world-wide. Functional Ecology*, 31, 444-457.
- Plantarum. (n.d.). *Växter - Lignoser* [Online]. Alnarp: Movium Plantarum. Tillgänglig: <https://plantarum.slu.se/?nav=home> [10-10 2019].
- Polarforskningssektariatet. (2017). *Skogs- och trädgräns* [Online]. Stockholm: Polarforskningssektariatet. Tillgänglig: <https://polar.se/forskning-i-abisko/abiskoogat-med-fokus-pa-klimat/skogs-och-tradgrans/> [06-17 2019].
- Richardsson, A. (2019). *Träd på höga höjder. Tidsskriften Landskap*, 1.
- RICS. (2016). *RICS professional guidance, Australia - Green roofs and walls*. Retrieved from London:
- Rosén, E., & Maarel, E. (2000). *Restoration of alvar vegetation on Öland, Sweden. Applied Vegetation Science*, 3, 65-72.
- Savi, T., Dal Borgo, A., Love, V. L., Andri, S., Tretiach, M., & Nardini, A. (2016). *Drought versus heat: What's the major constraint on Mediterranean green roof plants? Science of The Total Environment*, 566-567, 753-760.
- Sellmer, J., & Kuhns, L. (2007). Guide to Selecting and Specifying Nursery Stock. In: J. E. Kuser (ed.) *Urban and Community Forestry in the Northeast*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- SGBC. (2019). *Certifiering av Sweden Green Building Council* [Online]. Sweden Green Building Council. Tillgänglig: <https://www.sgbc.se/certifiering/> [2019-02-27].
- SGRI. (2019). *Scandinavian green roof institute* [Online]. Malmö. Tillgänglig: <https://greenroof.se/en/about-green-roofs/> [2019-02-19].
- Simmons, M. T. (2015). *Climates and Microclimates: Challenges for Extensive Green Roof Design in Hot Climates*. In: R. K. Sutton (ed.) *Green Roof Ecosystems*. Cham: Springer International Publishing.
- Sjöman, H., Hiron, A. D., & Bassuk, N. (2018). *Improving confidence in tree species selection for challenging urban sites: a role for leaf turgor loss*. 21, 1171-1188.

- Sjöman, H., Hiron, A. D., & Bassuk, N. L. (2015). *Urban forest resilience through tree selection—Variation in drought tolerance in Acer*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14, 858-865.
- Sjöman, H., & Slagstedt, J. (2015a). *Stadsträdslexikon*, Lund, Studentlitteratur.
- Sjöman, H., & Slagstedt, J. (2015b). *Träd i urbana landskap*, Lund, Studentlitteratur.
- SMHI. (2016). *Tjäle* [Online]. SMHI. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/tjale-1.20264> [03-06 2019].
- SMHI. (2018). *Gröna tak, fördjupning* [Online]. Stockholm. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/klimat/klimatanpassa-samhallet/exempel-pa-klimatanpassning/grona-tak-fordjupning-1.116956> [06-27 2019].
- Snodgrass, E. C., & McIntyre, L. (2010). *The green roof manual : a professional guide to design, installation, and maintenance*, Portland, Or. ; London, Portland, Or. ; London : Timber.
- Snodgrass, E. C., & Snodgrass, L. L. (2006). *Green Roof Plants: A Resource and Planting Guide*, Timber Press.
- Snyder, M. (2007). *What Do Tree Roots Do in Winter?* [Online]. northern Woodlands. Tillgänglig: https://northernwoodlands.org/articles/article/what_do_tree_roots_do_in_winter [03-06 2019].
- Stahre, P. (2008). *Blue-green fingerprints in the city of Malmö, Sweden : Malmö's way towards a sustainable urban drainage*, Malmö, Va syd.
- Sukopp, H., & Wurzel, A. (2000). *CHANGING CLIMATE AND THE EFFECTS ON VEGETATION IN CENTRAL EUROPEAN CITIES*. *Arboricultural Journal*, 24, 257-281.
- Sutton (2015). Introduction to Green Roof Ecosystems. In: R. K. Sutton (ed.) *Green Roof Ecosystems*. Cham: Springer International Publishing.
- Svensson, S. (n.d.). *Växter för kustnära lägen* [Online]. odla.nu. Tillgänglig: <https://www.odla.nu/inspiration/vaxter-kustnara-lagen> [06-18 2019].
- Van Renterghem, T. (2017). *Green roofs for noise reduction : literature review and new approaches*.
- Vanhoenacker, D. (2016). *Djuren i marken* [Online]. Stockholm: Naturhistoriska Riksmuseet. Tillgänglig: <http://www.nrm.se/faktaomnaturenochrymden/ekosystem/djurenimarken.14844.html> [05-14 2019].
- VegTech. (2019a). *Bjälklagsjord* [Online]. VegTech. Tillgänglig: <https://www.vegtech.se/sedumtak---grona-tak/grona-innergardar/bjalklagsjord/?q=bj%C3%A4lklagsjord#firstfoundkeyword> [03-08 2019].
- VegTech. (2019b). *HYDROPACK® SEDUM-ÖRT-GRÄS* [Online]. Vislanda: VegTech. Tillgänglig: https://www.vegtech.se/upload/files/PDF/VegTech_Broschyr_hydropack.pdf [27/02 2019].
- Weiler, S. K., & Scholz-Barth, K. (2009). *Green roof systems: a guide to the planning, design and construction of landscapes over structure*, Hoboken, Hoboken : Wiley.
- Werthmann, C. (2007). *Green roof a case study*, New York, Princeton Architectural Press.
- Wilkinson, S., & Dixon, T. (2016a). Appendix 1: A Checklist for Appraising the Suitability of an Existing Roof for Green Roof Retrofit. In: S. Wilkinson & T. Dixon (eds.) *Green Roof Retrofit : Building Urban Resilience*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Wilkinson, S., & Dixon, T. (2016b). Building Resilience in Urban Settlements Through Green Roof Retrofit. In: S. Wilkinson & T. Dixon (eds.) *Green Roof Retrofit : Building Urban Resilience*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Wilkinson, S., & Feitosa, R. C. (2016). Technical and Engineering Issues in Green Roof Retrofit. In: S. Wilkinson & T. Dixon (eds.) *Green Roof Retrofit : Building Urban Resilience*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Wirén, M. (1993). *Trädgårdens flygande juveler : handledning vid anläggning av dagfjärilsbiotoper*, Alnarp, Movium/Inst. för landskapsplanering, Sveriges lantbruksuniv.
- Wisniewski, M., Nassuth, A., & Arora, R. (2018). *Cold Hardiness in Trees: A Mini-Review*. *Frontiers in plant science*, 9, 1394-1394.

Tabeller – Fyra växtlistor för olika substratdjup

Tabell 2. Växtlista för lägsta substratdjup mellan 12 – 20 cm

| Vetenskapligt namn | Jorddjup, cm | Höjdcategori | Höjd, meter | Härdighet, zon | Härkomst | Skuggtolerant | Vindtolerant | Inhemsk | E-planta | Vinter/ städsegrön | Rotsystem* | Invasivitet** | Referenser |
|---|--------------|----------------------|-------------|----------------|---------------------------|---------------|--------------|---------|----------|-----------------------|------------|---|---------------|
| <i>Berberis thunbergii</i> 'Atropurpurea Nana' | 12+ | Dvärgbuske | 0,1-0,7m | 1-5 | - | | | | | | | Anses invasiv i Danmark och Norge | 7 |
| <i>Calluna vulgaris</i> | 12+ | Dvärgbuske | 0,1-0,7m | 1-5 | Europa, V Asien | | x | x | | | | | 4 |
| <i>Cistus albanicus</i> | 12+ | Dvärgbuske | 0,1-0,7m | 1 (2) | Albanien, N Grekland | | | | | x | | | 8 |
| <i>Cytisus</i> sp. | 12+/15+/20+ | Dvärg - Medium buske | - | - | Europa | | | | | x | | | 5, 7 |
| <i>Ephedra</i> sp. | 12+/15+ | Dvärg - Liten buske | - | - | Ö Europa, Asien, Amerika | | | | | | | | 5 |
| <i>Genista lydia</i> | 12+ | Dvärgbuske | 0,1-0,7m | 1-4 | Balkan, Turkiet | | x | | | x | | | 4, 5, 7 |
| <i>Genista pilosa</i> | 12+ | Dvärgbuske | 0,1-0,7m | 1-3 | Europa | | x | x | | x | | | 4, 5 |
| <i>Genista</i> sp. | 12+/15+/20+ | Dvärg - Medium buske | - | - | Europa, V Asien, N Afrika | | | | | x | | | 5 |
| <i>Genista tinctoria</i> | 12+ | Dvärgbuske | 0,1-0,7m | 1-4 | Europa, Turkiet | | x | x | | x | | | 10, 15 |
| <i>Lavandula angustifolia</i> | 12+ | Dvärgbuske | 0,2-0,5m | - | S Europa | | | | | | | | 5, 10, 12, 14 |
| <i>Lonicera caerulea</i> 'Anja' E | 12+ | Dvärgbuske | 0,5-0,7m | 1-6 | - | x | x | | x | | | Varnas för i Norge | 10 |
| <i>Rosa nitida</i> | 12+ | Dvärgbuske | 0,1-0,7m | 1-5 | Ö Nordamerika | | | | | | | Rotskott | 15 |
| <i>Rosa pimpinellifolia</i> | 12+ | Dvärgbuske | 0,1-0,7m | 1-6 | Europa, N Asien | | x | x | x | | | Rotskott | 4, 6, 15 |

Referenser Växmaterial: 1, Gustav Nässlander 2, Patrick Bellan 3, Johan Slagstedt 4, Dunnnett & Kingsbury (2008) 5, Peter Korn 6, Anna Linné 7, Magnus Carlström 8, Anders Folkesson 9, Susanna Lehvävirta 10, Henrik Larsson 11, Johannes Josefsson 12, Hawke (2015) 13, Werthmann (2007) 14, Snodgrass & Snodgrass (2006) 15, Petersson (2019) 16, Sutton (2015) **Referenser Jorddjup:** Dunnnett & Kingsbury (2008), Petterson Skog et al. (2017). **Övriga referenser:** Hillier et al. (2014), Plantarum (n.d.), Sjöman & Slagstedt (2015a), Mossberg (1997), Bengtsson (1998), Bloom & Bloom (2017), Gardiner (2011), McIndoe (2014), Bone et al. (2015), Ahonen (2019), Miljøstyrelsen (2019), Artportalen (2019), Artsdatabanken (2018).

* - Den tyska branschorganisationen för gröna tak (FBB) avråder från att använda dessa arter utan installation av särskilda skyddsbarriärer i plast eller metall.
** - Invasiva arter i Sverige och av EU svartlistade arter bör inte spridas vidare. Arter som på annat sätt varnas för eller i övriga Norden anses invasiv bör planteras med förtänksamhet för att minimera risken av spridning till känsliga habitat i närområdet.

Tabell 2. Växtlista som är ett resultat från intervjustudien och litteraturstudien.

Tabell 3. Växtlista för lägsta substratdjup mellan 15 – 25 cm

| Vetenskapligt namn | Jorddjup, cm | Höjdcategori | Höjd, meter | Härdighet, zon | Härkomst | Skuggtolerant | Vindtolerant | Inhemsk | E-planta | Vinter/städsegrön | Rotsystem* | Invasivitet** | Referenser |
|--|--------------|-----------------------|-------------|----------------|----------------------------|---------------|--------------|---------|----------|-------------------|------------|--|------------|
| <i>Abeliophyllum distichum</i> | 15+ | Liten buske | 1-1,5m | 1-3 | Korea | | | | | | - | | 15 |
| <i>Aronia</i> sp. | 15+/20+ | Liten - Medium buske | - | 1-6 | Ö Nordamerika | x | x | | x | | - | | 9 |
| <i>Betula nana</i> | 15+ | Liten buske | 0,7-1,2m | 1-8 | N tempererade halvklotet | | x | x | | | - | | 4 |
| <i>Chamaebatiaria millefolium</i> | 15+ | Liten buske | 1-1,5m | - | V Nordamerika | | | | | | - | | 5 |
| <i>Chamaecytisus purpureus</i> | 15+ | Krypande buske | 0,1-0,7m | 1-5 | C, Sö Europa | | | | | x | - | | 7 |
| <i>Cornus sericea</i> 'Kelseyi' | 15+ | Liten buske | 1-1,5m | 1-5 | - | x | | | | | - | Varnas för i Sverige | 10 |
| <i>Cotoneaster horizontalis</i> | 15+ | krypande buske | 0,1-0,7m | 1-3 | V Kina | x | x | | | x | - | Varnas för i Norge | 8 |
| <i>Cotoneaster integerrimus</i> | 15+ | Liten buske | 0,7-1,2m | 1-8 | Europa | | x | x | | | - | | 8 |
| <i>Cotoneaster niger</i> | 15+ | Liten buske | 0,7-1,2m | 1-4 | Europa, N Asien | | | x | | | - | | 8 |
| <i>Cotoneaster</i> sp. | 15+/20+/35+ | Krypande - Stor buske | - | - | N tempererade halvklotet | | | | | | - | Flera arter varnas för i Norge & Finland | 8, 15 |
| <i>Cotoneaster suecicus</i> 'Coral Beauty' | 15+ | Krypande buske | 0,1-0,7m | 1-3 | - | x | x | | | x | - | | 10 |
| <i>Cytisus decumbens</i> | 15+ | Krypande buske | 0,1-0,7m | 1-4 | S Europa | | | | | x | - | | 7 |
| <i>Cytisus procumbens</i> | 15+ | Krypande buske | 0,1-0,5m | - | Sö Europa | | | | | x | - | | 5, 6 |
| <i>Cytisus purgans</i> | 15+ | Krypande buske | 0,1-0,7m | 1-4 | Europa | | x | | | x | - | | 10 |
| <i>Cytisus</i> sp. | 12+/15+/20+ | Dvärg - Medium buske | - | - | Europa | | | | | x | - | | 5, 7 |
| <i>Diervilla lonicera</i> | 15+ | krypande buske | 1m | 1-4 | Nö Nordamerika | x | | | | | - | | 10 |
| <i>Ephedra</i> sp. | 12+/15+ | Dvärg - Liten buske | - | - | S, Öeuropa, Asien, Amerika | | | | | | - | | 5 |
| <i>Genista</i> sp. | 12+/15+ | Dvärg - Liten buske | - | - | Europa, V Asien, N Afrika | | | | | x | - | | 5 |
| <i>Hippophae rhamnoides</i> 'Hikul' | 15+ | Liten buske | 0,8-1,5m | 1-4 | - | | x | | | | - | | 10, 15 |
| <i>Indigofera tinctoria</i> | 15+ | Liten buske | 0,6-1m | - | Indien | | | | | | - | | 5 |
| <i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i> | 15+ | Krypande buske | 0,1-0,7m | 1-3 | Japan, Ryssland | | x | | | x | - | | 12, 15 |
| <i>Juniperus communis</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Liten - Stor buske | - | 1-8 | N tempererade halvklotet | | x | x | x | x | - | | 8, 9, 15 |
| <i>Juniperus communis</i> 'Green Carpet' | 15+ | Krypande buske | 0,1-0,2m | 1-4 | - | | x | | | x | - | | 10 |
| <i>Juniperus communis</i> 'Repanda' | 15+ | Krypande buske | 0,1-0,3m | 1-6 | - | | x | | | x | - | | 4 |
| <i>Juniperus communis</i> var. <i>nana</i> | 15+ | Krypande buske | 0,1-1m | 1-8 | Sverige | | x | x | | x | - | | 4 |
| <i>Juniperus horizontalis</i> | 15+ | Krypande buske | - | - | Nordamerika | | x | | | x | - | | 4 |
| <i>Juniperus horizontalis</i> 'Wiltonii' | 15+ | Krypande buske | 0,1-0,2m | 1-5 | - | | x | | | x | - | | 12 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-----------------------|----------|-----|--------------------------|--|--|--|--|---|---|-----------|--|
| <i>Juniperus squamata</i> 'Blue Carpet' | 15+ | Krypande buske | 0,4-0,6m | 1-5 | - | | | | | x | - | | 7 |
| <i>Juniperus squamata</i> 'Blue Star' | 15+ | Liten buske | 0,3-1m | - | - | | | | | x | - | | 7 |
| <i>Lespedeza</i> sp. | 15+/20+ | Liten - Medium buske | - | - | Nordamerika, Asien | | | | | | | - | L. cuneata är svartlistad i EU 5 |
| <i>Lonicera nitida</i> 'Maigrun' | 15+ | Liten buske | 1m | 1-2 | - | | | | | x | - | | 4, 10 |
| <i>Lonicera pileata</i> | 15+ | Liten buske | 1m | 1-2 | Kina | | | | | x | - | | 4, 7 |
| <i>Mahonia aquifolium</i> | 15+ | Liten buske | 0,7-1,2m | 1-4 | V Nordamerika | | | | | x | - | Förvildad | Varnas för i Sverige 10 |
| <i>Myrica pensylvanica</i> | 15+ | Liten buske | 0,7-1,2m | 1-4 | Ö Nordamerika | | | | | | | x | Aggressiv 8 |
| <i>Pinus banksiana</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Krypande - litet träd | - | - | N Nordamerika | | | | | | | x | 5 |
| <i>Pinus heldreichii</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Krypande - litet träd | - | 1-4 | Balkan | | | | | | | x | 2, 15 |
| <i>Pinus mugo</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Krypande - litet träd | - | 1-6 | V, C Europa | | | | | | | x | Anses invasiv i Danmark & Norge 1, 2, 8, 15 |
| <i>Pinus mugo</i> 'Mops' | 15+ | Liten buske | 0,7-1,2m | 1-5 | - | | | | | | | x | 10 |
| <i>Pinus nigra</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Dvärg - litet träd | - | - | C, S Europa | | | | | | | x | 15 |
| <i>Pinus nigra</i> 'Marie Bregon' | 15+ | Liten buske | 0,5-1m | 1-4 | - | | | | | | | x | 7 |
| <i>Pinus sylvestris</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Dvärg - litet träd | - | - | N tempererade halvklotet | | | | | | | x | 1, 11, 15, 2, 4, 8, 10, 12, 15 |
| <i>Potentilla fruticosa</i> cvs. | 15+ | Liten buske | 0,7-1,2m | 1-8 | N tempererade halvklotet | | | | | | | x | 10 |
| <i>Prunus laurocerasus</i> 'Otto Luyken' | 15+ | Liten buske | 0,7-1,2m | 1-2 | - | | | | | | | x | 7 |
| <i>Prunus prostrata</i> | 15+ | Krypande buske | 0,1-0,7m | - | Sö Europa, V Asien | | | | | | | | 10 |
| <i>Prunus pumila</i> var. <i>depressa</i> | 15+ | Krypande buske | 0,1-0,3m | 1-5 | Nö Nordamerika | | | | | | | x | 4, 7, 10 |
| <i>Prunus tenella</i> 'Fire Hill' | 15+ | Liten buske | 0,7-1,2m | 1-5 | - | | | | | | | | 4, 5 |
| <i>Pyracantha coccinea</i> 'Anatolia' | 15+ | Liten buske | 0,7-1,2m | 1-4 | - | | | | | | | x | 15 |
| <i>Rhus aromatica</i> 'Gro-Low' | 15+ | Krypande buske | 0,6m | 1-4 | - | | | | | | | | Aggressiv, Rotskott 5, 12, 13, 15 |
| <i>Ribes alpinum</i> 'Pumilum' | 15+ | Liten buske | 0,6-1m | 1-5 | - | | | | | | | x | 10 |
| <i>Rosa carolina</i> | 15+ | Liten buske | 0,7-1,2m | 1-7 | Ö Nordamerika | | | | | | | x | 6, 12, 13 |
| <i>Rosa gallica</i> var. <i>officinalis</i> | 15+ | Liten buske | 0,9-1,5m | 1-5 | Europa | | | | | | | | Rotskott 6 |
| <i>Rosa rugosa</i> 'Dagmar Hastrup' | 15+ | Liten buske | 0,7-1,2m | 1-6 | - | | | | | | | x | Förvildad Aggressiv, Rotskott 10 |
| <i>Salix helvetica</i> | 15+ | Liten buske | 0,7-1,2m | 1-5 | C Europa | | | | | | | x | 4 |
| <i>Salix lanata</i> | 15+ | Liten buske | 0,7-1,2m | 1-8 | N Europa | | | | | | | x | 4 |
| <i>Salix repens</i> | 15+ | Liten buske | 0,7-1,2m | 1-4 | Europa, N Asien | | | | | | | x | 4 |
| <i>Salix</i> sp. | 15+/20+/35+ | Dvärg - Stor buske | - | - | - | | | | | | | | S. viminalis varnas för i Norge 1, 4, 9 |
| <i>Sorbus reducta</i> | 15+ | Liten buske | 0,6-1m | 1-5 | V Kina | | | | | | | | Rotskott 4 |
| <i>Spiraea betulifolia</i> | 15+ | Liten buske | 0,7-1,2m | 1-6 | Japan | | | | | | | x | 7 |
| <i>Spiraea japonica</i> 'Little Princess' | 15+ | Liten buske | 1m | 1-6 | - | | | | | | | x | 4, 7 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|----------------|----------|-----|----------------|--|---|--|--|---|---|--|----|
| <i>Stephanandra incisa</i> | | | | | | | | | | | | | |
| 'Crispa' | 15+ | Krypande buske | 0,1-0,7m | 1-4 | - | | x | | | | - | | 10 |
| <i>Symphoricarpus x chenaaultii</i> | 15+ | Krypande | 0,1-0,7m | 1-2 | - | | x | | | | - | | 7 |
| <i>Yucca filamentosa</i> | 15+ | Liten buske | 1m | - | Sö Nordamerika | | | | | x | - | | 8 |
| <i>Yucca x karlsruhensis</i> | 15+ | Liten buske | 1m | - | - | | | | | x | - | | 5 |
| Referenser Växtmaterial: 1, Gustav Nässländer 2, Patrick Bellan 3, Johan Slagstedt 4, Dunnett & Kingsbury (2008) 5, Peter Korn 6, Anna Linné 7, Magnus Carlström 8, Anders Folkesson 9, Susanna Lehvävirta 10, Henrik Larsson 11, Johannes Josefsson 12, Hawke (2015) 13, Werthmann (2007) 14, Snodgrass & Snoodgrass (2006) 15, Petersson (2019) 16, Sutton (2015) Referenser Jorddjup: Dunnett & Kingsbury (2008), Petterson Skog et al. (2017). Övriga referenser: Hillier et al. (2014), Plantarum (n.d.), Sjöman & Slagstedt (2015a), Mossberg (1997), Bengtsson (1998), Bloom & Bloom (2017), Gardiner (2011), McIndoe (2014), Bone et al. (2015), Ahonen (2019), Miljöstyrelsen (2019), Artportalen (2019), Artsdatabanken (2018). | | | | | | | | | | | | | |
| * - Den tyska branschorganisationen för gröna tak (FBB) avråder från att använda dessa arter utan installation av särskilda skyddsbarriärer i plast eller metall. ** - Invasiva arter i Sverige och av EU svartlistade arter bör inte spridas vidare. Arter som på annat sätt varnas för eller i övriga Norden anses invasiv bör planteras med förtänksamhet för att minimera risken av spridning till känsliga habitat i närområdet. | | | | | | | | | | | | | |

Tabell 3. Växtlista som är ett resultat från intervjustudien och litteraturstudien.

Tabell 4. Växtlista för lägsta substratdjup mellan 20 – 50 cm

| Vetenskapligt namn | Jorddjup, cm | Höjdcategori | Höjd, meter | Härdighet, zon | Härkomst | Skuggtolerant | Vindtolerant | Inhemsk | E-planta | Vinter/städsegrön | Rotsystem* | Invasivitet** | Referenser |
|--|--------------|----------------------|-------------|----------------|-------------------|---------------|--------------|---------|----------|-------------------|------------|-------------------------|-----------------|
| <i>Aronia</i> sp. | 15+/20+ | Liten - Medium buske | - | 1-6 | Ö Nordamerika | x | x | | x | | - | | 9 |
| <i>Atriplex halimus</i> | 20+ | Medium buske | 1,5-3m | - | S, C Europa | | x | | | x | - | | 5, 15 |
| <i>Berberis verruculosa</i> | 20+ | Medium buske | 1,2-2m | 1-3 | V Kina | x | | | | x | - | | 7 |
| <i>Buddleja alternifolia</i> | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-3 | Kina | | | | | | - | | 5 |
| <i>Buddleja davidii</i> | 20+ | Medium buske | 1,2-3m | 1-2 | V, C Kina, Japan | | | | | | - | Anses invasiv i Danmark | 2, 4, 5, 10, 15 |
| <i>Caragana arborescens</i> 'Lobergii' | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-7 | - | | | | | | - | | 3 |
| <i>Colutea arborescens</i> | 20+ | Medium buske | 1,2-2m | 1-3 | S Europa | | x | | | | - | | 15 |
| <i>Cotinus</i> 'Grace' | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-3 | - | | | | | | - | | 3 |
| <i>Cotinus coggygria</i> | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-3 | S Europa, V Asien | | | | | | - | | 1, 5, 15 |
| <i>Cotoneaster multiflorus</i> | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-4 | Nv Kina | | x | | | | - | | 15 |
| <i>Cotoneaster salicifolius</i> | 20+ | Medium buske | 1,5-3m | 1-2 | Kina | | | | | x | - | | 15 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-----------------------|----------|-----|----------------------------|--|--|--|--|--|---|--|---------------------------------------|-------------------------|
| <i>Cotoneaster</i> sp. | 15+/20+/35+ | Krypande - Stor buske | - | - | N tempererade halvklotet | | | | | | - | Flera arter varnas för i Norge & Finland | 8, 15 | |
| | | Dvärg - Medium buske | - | - | | | | | | | | <i>C. scoparius</i> varnas för i Norge | | |
| <i>Cytisus</i> sp. | 12+/15+/20+ | buske | - | - | Europa | | | | | | x | - | 5, 7 | |
| <i>Cytisus x praecox</i> | 20+ | Medium buske | 1,2-2m | 1-3 | - | | | | | | x | - | 15 | |
| <i>Elaeagnus commutata</i> | 20+ | Medium buske | 1-3m | 1-7 | Nordamerika | | | | | | | Rotskott | 1, 5 | |
| <i>Elaeagnus multiflora</i> | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-4 | Japan, Kina | | | | | | x | - | 15 | |
| <i>Ficus carica</i> | 20+ | Medium buske | 1,5-3m | 1 | V Asien | | | | | | | - | 3 | |
| | | | | | Europa, V Asien, N Afrika | | | | | | | x | - | 5 |
| <i>Genista</i> sp. | 12+/15+ | Dvärg - Liten buske | - | - | | | | | | | | - | | |
| <i>Halimodendron halodendron</i> | 20+ | Medium buske | 1-1,8m | 1-3 | Sv, N Asien | | | | | | | - | 15 | |
| | | | | | N tempererade halvklotet | | | | | | | - | | |
| <i>Juniperus communis</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Liten - Stor buske | - | 1-8 | | | | | | | x | - | 8, 9, 15 | |
| <i>Juniperus virginiana</i> 'Grey Owl' | 20+ | Medium buske | 1,2-2m | 1-4 | - | | | | | | x | - | 7 | |
| | | Liten - Medium buske | - | - | | | | | | | | - | | |
| <i>Lespedeza</i> sp. | 15+/20+ | buske | - | - | Nordamerika, Asien | | | | | | | - | <i>L. cuneata</i> är svartlistad i EU | 5 |
| <i>Ligustrum ovalifolium</i> | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-2 | Japan | | | | | | | x | - | 3 |
| | | | | | Europa, Sv Asien, N Afrika | | | | | | | - | | |
| <i>Ligustrum vulgare</i> | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-4 | | | | | | | x | - | 15 | |
| | | | 1,5-1,8m | 1-2 | V kina | | | | | | | x | - | 4, 7 |
| <i>Lonicera nitida</i> | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-7 | Europa, Ryssland | | | | | | x | - | 15 | |
| <i>Lonicera xylosteum</i> | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-4 | Kina | | | | | | x | Förvildad | Rotskott | 15 |
| <i>Lycium barbarum</i> | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-4 | | | | | | | | x | - | 1, 15 |
| <i>Malus toringo</i> var. <i>sargentii</i> | 20+ | Medium buske | 1,2-2m | 1-6 | Japan | | | | | | | - | | |
| | | | | | Ö Nordamerika, Mexiko | | | | | | x | - | 16 | |
| <i>Parthenocissus quinquefolia</i> | 20+ | Klätterväxt | 9-12m | 1-5 | | | | | | | x | - | 5 | |
| <i>Pinus banksiana</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Krypande - litet träd | - | - | N Nordamerika | | | | | | | x | - | 11, 15 |
| <i>Pinus heldreichii</i> 'Compact Gem' | 20+ | Medium buske | 1,2-2m | 1-4 | - | | | | | | | x | - | 2, 15 |
| <i>Pinus heldreichii</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Krypande - litet träd | - | 1-4 | Balkan | | | | | | | x | - | |
| | | | | | V, C Europa | | | | | | | x | - | Anses invasiv i Danmark |
| <i>Pinus mugo</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Krypande - litet träd | - | 1-6 | | | | | | | | - | 1, 2, 8, 15 | |
| <i>Pinus mugo</i> var. <i>pumilio</i> | 20+ | Medium buske | 0,7-2m | 1-6 | Europa | | | | | | | x | - | 4, 7 |
| <i>Pinus nigra</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Dvärg - litet träd | - | - | C, S Europa | | | | | | | x | - | 15 |
| | | | 1,2-1,7m | - | - | | | | | | | x | - | 4 |
| <i>Pinus nigra</i> 'Helga' | 20+ | Medium buske | 1,7m | - | | | | | | | | - | | |
| <i>Pinus sylvestris</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Dvärg - litet träd | - | - | N tempererade halvklotet | | | | | | | x | - | 1, 11, 15 |
| <i>Pinus sylvestris</i> 'Waterieri' | 20+ | Medium buske | 2-3m | - | - | | | | | | | x | - | 3, 11, 15 |
| <i>Prunus argentea</i> | 20+ | Medium buske | 0,5-3m | - | N Mellanöstern | | | | | | | - | 5 | |
| <i>Purshia tridentata</i> | 20+ | Medium buske | 1,2-1,6m | - | V Nordamerika | | | | | | | - | 15 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|--------------------|--------|-----|--------------------|---|-----------|---|--|---------------------|--|---------|
| <i>Rhus glabra</i> | 20+ | Medium buske | 1,5-3m | 1-2 | Ö Nordamerika | | | | | Aggressiv, Rotskott | | 15 |
| <i>Rosa glauca</i> | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-7 | S, C Kina | x | Förvildad | x | | - | Anses invasiv i Finland | 6, 15 |
| <i>Rosa hugonis</i> | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-4 | C Kina | | | | | - | | 6 |
| <i>Rosa moyesii</i> | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-3 | V Kina | | | | | - | | 6 |
| <i>Rosa multiflora</i> | 20+ | Klättrväxt | 2-3m | 1-4 | Japan, Korea, Kina | x | | | | - | | 4, 6 |
| <i>Rosa rubiginosa</i> | 20+ | Medium buske | 1,2-2m | 1-5 | Europa | x | x | x | | - | | 6 |
| <i>Rosa rugosa</i> | 20+ | Medium buske | 1,2-2m | 1-7 | Japan | x | Förvildad | | | Aggressiv, Rotskott | Anses invasiv i hela norden | 4, 6 |
| <i>Salix elaeagnos</i> ssp. <i>angustifolia</i> | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-5 | C, S Europa | | | | | Aggressiv | | 12 |
| <i>Salix hastata</i> | 20+ | Medium buske | 1,2-2m | 1-6 | Europa, Asien | x | | | | - | | 4 |
| <i>Salix purpurea</i> 'Nana' | 20+ | Medium buske | 1,2-2m | 1-5 | - | | | | | - | | 4 |
| <i>Salix</i> sp. | 15+/20+/35+ | Dvärg - Stor buske | - | - | - | | | | | - | <i>S. viminalis</i> varnas för i Norge | 1, 4, 9 |
| <i>Shepherdia argentea</i> | 20+ | Medium buske | 1-2,5m | 1-5 | C, V Nordamerika | x | | | | - | | 5, 15 |
| <i>Syringa x chinensis</i> | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-4 | - | | | | | - | | 15 |
| <i>Tamarix ramosissima</i> | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-3 | V, C Kina | x | | | | - | | 15 |
| <i>Tamarix tetrandra</i> | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-2 | Sö Europa, V Asien | x | | | | - | | 8, 15 |
| <i>Viburnum lantana</i> | 20+ | Medium buske | 2-3m | 1-7 | Europa, N Asien | x | | | | - | | 15 |
| <p>Referenser Växtmaterial: 1, Gustav Nässlander 2, Patrick Bellan 3, Johan Slagstedt 4, Dunnett & Kingsbury (2008) 5, Peter Korn 6, Anna Linné 7, Magnus Carlström 8, Anders Folkesson 9, Susanna Lehvävirta 10, Henrik Larsson 11, Johannes Josefsson 12, Hawke (2015) 13, Werthmann (2007) 14, Snodgrass & Snodgrass (2006) 15, Petersson (2019) 16, Sutton (2015) Referenser Jorddjup: Dunnett & Kingsbury (2008), Petterson Skog et al. (2017). Övriga referenser: Hillier et al. (2014), Plantarum (n.d.), Sjöman & Slagstedt (2015a), Mossberg (1997), Bengtsson (1998), Bloom & Bloom (2017), Gardiner (2011), McIndoe (2014), Bone et al. (2015), Ahonen (2019), Miljöstyrelsen (2019), Artportalen (2019), Artsdatabanken (2018).</p> | | | | | | | | | | | | |
| <p>* - Den tyska branschorganisationen för gröna tak (FBB) avråder från att använda dessa arter utan installation av särskilda skyddsbarriärer i plast eller metall.</p> | | | | | | | | | | | | |
| <p>** - Invasiva arter i Sverige och av EU svartlistade arter bör inte spridas vidare. Arter som på annat sätt varnas för eller i övriga norden anses invasiv bör planteras med förtänksamhet för att minimera risken av spridning till känsliga habitat i närområdet.</p> | | | | | | | | | | | | |

Tabell 4. Växtlista som är ett resultat från intervjustudien och litteraturstudien.

Tabell 5. Växtlista för lägsta substratdjup mellan 35 – 70 cm

| Vetenskapligt namn | Jorddjup, cm | Höjdkategori | Höjd, meter | Härdighet, zon | Härkomst | Skuggtolerant | Vindtolerant | Inhemsk | E-planta | Vinter/städsegrön | Rotsystem* | Invasivitet** | Referenser |
|--|--------------|-----------------------|-------------|----------------|---------------------------|---------------|--------------|-----------|----------|-------------------|------------|--|-----------------|
| <i>Acer monspessulanum</i> | 35+ | Stor buske | 3-5m | 1-2 | S Europa, V Asien | | | | | | - | | 1, 2 |
| <i>Acer tataricum</i> Fk. Falun E | 35+/60+ | Stor /Litet träd | 5-7m | 1-5 | Sö Europa, Sv Asien | | x | | x | | - | | 15 |
| <i>Acer tataricum</i> ssp. <i>ginnala</i> Fk. Uppsala E | 35+ | Stor buske | 3-5m | 1-5 | Kina, Japan, Manchuriet | | x | | x | | - | | 1, 3, 11, 15 |
| <i>Acer x zoeschense</i> 'Annae' | 35+/60+ | Stor buske/Litet träd | 5-10m | 1-3 | - | x | | | | | - | | 1, 2 |
| <i>Amelanchier lamarckii</i> | 35+/60+ | Stor buske/Litet träd | 5-7m | 1-5 | V Europa, Nordamerika | | x | Förvildad | | | - | | 3 |
| <i>Caragana arborescens</i> | 35+ | Stor buske | 3-5m | 1-8 | Asien | | x | Förvildad | | | - | | 15 |
| <i>Cercocarpus</i> sp. | 35+ | Stor buske | - | - | V Nordamerika, Mexico | | | | | x | - | | 5 |
| <i>Cornus mas</i> | 35+ | Stor buske | 3-5m | 1-4 | Sö Europa, V Asien | x | x | | | | - | | 1, 3, 11, 15 |
| <i>Cornus officinalis</i> | 35+ | Stor buske | 3-6m | 1-2 | V Asien | | | | | | - | | 15 |
| <i>Cotinus obovatus</i> | 35+/60+ | Stor buske/litet träd | 4-8m | - | Sö Nordamerika | | | | | | - | | 15 |
| <i>Cotoneaster</i> sp. | 15+/20+/35+ | Krypande - Stor buske | - | - | N tempererade halvklotet | | | | | | - | Flera arter varnas för i Norge & Finland | 8, 15 |
| <i>Crataegus laevigata</i> | 35+ | Stor buske | 5-7m | 1-4 | C, N Europa | x | x | x | | | - | | 1 |
| <i>Crataegus monogyna</i> | 35+ | Stor buske | 3-5m | 1-5 | Europa, V Asien, N Afrika | x | x | x | | | - | | 1, 15 |
| <i>Crataegus punctata</i> 'Aurea' | 35+ | Stor buske | 3-5m | 1-2 | Ö Nordamerika | | | | | | - | | 15 |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 35+ | Stor buske | 2-6m | 1-4 | V Asien, Sö Europa | | x | | | | Aggressiv | | 1, 2, 3, 5, 15 |
| <i>Elaeagnus umbellata</i> | 35+ | Stor buske | 3m | 1-2 | Korea, Japan, Kina | | x | | | | - | | 15 |
| <i>Euonymus europaeus</i> | 35+ | Stor buske | 3-5m | 1-5 | Europa, V Asien | x | x | x | x | | - | | 15 |
| <i>Hippophae rhamnoides</i> | 35+ | Stor buske | 3-5m | 1-6 | Europa, Asien | | x | x | x | | Aggressiv | | 1, 3, 9, 12, 15 |
| <i>Humulus lupulus</i> | 35+ | Klätterväxt | 3-6m | 1-7 | Europa, V Asien | x | | | | | Aggressiv | | 9 |
| <i>Hydrangea anomala</i> ssp. <i>petiolaris</i> | 35+ | Klätterväxt | 5-7m | 1-4 | Ö Asien | x | | | | | - | | 9 |
| <i>Juniperus communis</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Liten - Stor buske | - | 1-8 | N tempererade halvklotet | | x | x | x | x | - | | 8, 9, 15 |
| <i>Juniperus virginiana</i> | 35+ | Stor buske | 5-7m | 1-4 | C, Ö Nordamerika | | | | | x | - | | 3, 15 |
| <i>Koelreuteria paniculata</i> | 35+/60+ | Stor buske/litet träd | 4-8m | 1-2 | Kina | | | | | | - | | 1, 2, 3, 15 |
| <i>Laburnum anagyroides</i> | 35+ | Stor buske | 5-7m | 1-4 | C, S Europa | | | | | | - | | 15 |
| <i>Laburnum x watereri</i> 'Vossii' | 35+ | Stor buske | 5-7m | 1-4 | - | | | | | | - | | 15 |
| <i>Mespilus germanica</i> | 35+/60+ | Stor buske/litet träd | 5-7m | 1-3 | Sö Europa, V Asien | | | | | | - | | 1, 11, 15 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-----------------------|-----------|-----|---------------------------|--|---|---|-----------|---|-------------------------|--------------|
| <i>Morus nigra</i> | 35+ | Stor buske | 3-5m | 1-3 | V Asien | | | | x | - | | 3, 15 |
| <i>Parrotia persica</i> | 35+/60+ | Stor buske/litet träd | 4-6 (10)m | 1-2 | N Iran, Kaukasus | | | | | - | | 1 |
| <i>Pinus aristata</i> | 35+/60+ | Stor buske/litet träd | 6-10m | 1-3 | Sv Nordamerika | | | | x | - | | 5 |
| <i>Pinus banksiana</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Krypande - litet träd | - | - | N Nordamerika | | | x | x | - | | 5 |
| <i>Pinus heldreichii</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Krypande - litet träd | - | 1-4 | Balkan | | | x | x | - | | 2, 15 |
| <i>Pinus monophylla</i> | 35+ | Stor buske | - | - | Sv Nordamerika, Mexico | | | | x | - | | 5 |
| <i>Pinus mugo</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Krypande - litet träd | - | 1-6 | V, C Europa | | | x | x | - | Anses invasiv i Danmark | 1, 2, 8, 15 |
| <i>Pinus mugo</i> var. <i>mughus</i> | 35+ | Stor buske | 3-5m | 1-5 | Europa | | | x | x | - | x | 1 |
| <i>Pinus nigra</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Dvärg - litet träd | - | - | C, S Europa | | | x | x | - | | 15 |
| <i>Pinus nigra</i> 'Select' | 35+ | Litet träd | 5-7m | 1-2 | - | | | x | x | - | | 11 |
| <i>Pinus sylvestris</i> cvs. | 15+/20+/35+ | Dvärg - litet träd | - | - | N tempererade halvklotet | | x | x | x | - | | 1, 11, 15 |
| <i>Prunus mahaleb</i> | 35+ | Stor buske | 5-7m | 1-3 | C, S Europa | | | | | - | Förvildad | 2, 3, 11, 15 |
| <i>Pyracantha coccinea</i> | 35+ | Stor buske | 1,5-3,5m | - | S Europa, Sv Asien | | | | x | - | | 15 |
| <i>Pyrus salicifolia</i> | 35+/60+ | Storbuske/Litet träd | 4-7m | 1-3 | Sv Europa, V Asien | | | | | - | | 5, 11 |
| <i>Rhus typhina</i> | 35+ | Stor buske | 3-5m | 1-4 | Ö Nordamerika | | | | | - | Aggressiv, Rotskott | 1, 3, 11, 15 |
| <i>Salix caprea</i> | 35+/60+ | Stor buske/litet träd | 7-12m | 1-8 | Europa, V Asien | | x | x | | - | Aggressiv | 1, 9 |
| <i>Salix</i> sp. | 15+/20+/35+ | Dvärg - Stor buske | - | - | - | | | | | - | | 1, 4, 9 |
| <i>Sambucus nigra</i> | 35+ | Stor buske | 3-5m | 1-4 | Europa, V Asien, N Afrika | | x | x | x | - | | 15 |
| <i>Sorbus mougeotii</i> | 35+ | Stor buske | 5-7m | 1-4 | C Europa | | x | x | x | - | Varnas för i Norge | 15 |
| <i>Syringa reticulata</i> Fk. <i>Enskede E</i> | 35+ | Stor buske | 4-7m | 1-5 | Japan | | | | x | - | | 1, 2, 11, 15 |
| <i>Syringa reticulata</i> ssp. <i>pekinensis</i> | 35+ | Stor buske | 3-6m | 1-3 | N Kina | | | | | - | | 15 |
| <i>Syringa vulgaris</i> | 35+ | Stor buske | 3-5m | 1-6 | Ö Europa | | x | | Förvildad | x | Aggressiv, Rotskott | 11, 15 |
| <i>Xanthoceras sorbifolium</i> | 35+ | Stor buske | 2-6m | 1-3 | N Kina | | | | | - | | 8 |

Referenser Växtmaterial: 1, Gustav Nässländer 2, Patrick Bellan 3, Johan Slagstedt 4, Dunnett & Kingsbury (2008) 5, Peter Korn 6, Anna Linné 7, Magnus Carlström 8, Anders Folkesson 9, Susanna Lehvåvirta 10, Henrik Larsson 11, Johannes Josefsson 12, Hawke (2015) 13, Werthmann (2007) 14, Snodgrass & Snodgrass (2006) 15, Petersson (2019) 16, Sutton (2015) **Referenser Jorddjup:** Dunnett & Kingsbury (2008), Petterson Skog et al. (2017). **Övriga referenser:** Hillier et al. (2014), Plantarum (n.d.), Sjöman & Slagstedt (2015a), Mossberg (1997), Bengtsson (1998), Bloom & Bloom (2017), Gardiner (2011), McIndoe (2014), Bone et al. (2015), Ahonen (2019), Miljöstyrelsen (2019), Artportalen (2019), Artsdatabanken (2018).

* - Den tyska branschorganisationen för gröna tak (FBB) avråder från att använda dessa arter utan installation av särskilda skyddsbarriärer i plast eller metall.

** - Invasiva arter i Sverige och av EU svartlistade arter bör inte spridas vidare. Arter som på annat sätt varnas för eller i övriga Norden anses invasiv bör planteras med förtänksamhet för att minimera risken av spridning till känsliga habitat i närområdet.

Tabell 5. Växtlista som är ett resultat från intervjustudien och litteraturstudien.