

fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och
växtproduktionsvetenskap
Institutionen för landskapsarkitektur, planering
och förvaltning

Växtväggar i nordiskt stadsklimat

Vegetation walls in Nordic urban climate

Malin Aggebrandt



Självständigt arbete/Examensarbete/Kandidatarbete 15 hp
Trädgårdsingenjörsprogrammet: design
Alnarp, 2014

Växtväggar i nordiskt stadsklimat
Vegetation walls in Nordic urban climate

Malin Aggebrandt

Handledare: Ann-Mari Fransson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Tobias Emilsson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Examensarbete i trädgårdsdesign

Kurskod: EX0652

Program/utbildning: Trädgårdsingenjörsprogrammet – Design

Ämne: Landskapsplanering

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsmånad och -år: Februari 2014

Omslagsbild: Lauren Manning (2006). Musée du Quai Branly

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

Nyckelord: växtväggar, nordiskt, stadsklimat, landskapsplanering, gröna väggar, vertikal växtlighet, fasadvegetation, vegetationstak, urbant, växtstress, stadsvegetation.

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Sammandrag

Grönska i städer har alltid varit efterfrågad. I och med de moderna städernas förtätning i hela världen ökar efterfrågan mer och mer. Det finns många former av växtelement i urbana sammanhang, de mest traditionella inslagen är parker och blomsterplanteringar. I städer och andra förtätade områden finns mycket fria och outnyttjade ytor i form av hustak och fasader. Men i och med städernas ständiga förtätning lämnas inte mycket utrymme till växtligheten. I vissa delar av Europa har utvecklingen med växtfasader och gröna väggar kommit oerhört långt. Frankrike och Tyskland har kommit speciellt långt i jämförelse med Sverige. I och med att vegetationstak och tak trädgårdar slagit igenom i Sverige har takytorna börjat utnyttjas. Däremot nyttjas inte fasaderna ännu, det grundar sig på klimatet och brist på data angående växternas påverkan på husfasaderna. Det sker ständigt forskning inom området och det finns en önskan att utveckla konceptet mer i nordiska förhållanden.

Målet med arbetet är att ge ökad förståelse och fördjupade kunskaper om fasadvegetations påverkan på stadsklimatet i Norden. Jag vill även ge mer insikt i om vad det är i det nordiska klimatet som är stressmoment hos växterna och därmed en del av problematiken hos fasadvegetation.

Frågeställningarna är indelade i en huvudfråga och två delfrågor:

Huvudfrågan är: Hur kan fasadvegetation påverka stadsklimatet och hur skulle växter påverkas av det nordiska klimatet sett ur stress synpunkt.

Delfrågor: Vilka för- och nackdelar finns det med växtväggar och vad är växtstress?

Metoden består av en litteraturstudie som är baserad på information och fakta hämtad från forskningsartiklar, tryckta källor och till viss del internet. Dock har jag fokuserat på att till så stor del som möjligt använda mig av informationen från forskningsartiklar då jag anser dem vara tillförlitliga källor med trovärdig fakta. Informationen från böcker och internet användes mer kompletterande till artiklarna.

Utifrån arbetet har jag kommit fram till slutsatsen att det i teorin är fullt möjligt att installera fungerande vegetationsväggar i det nordiska klimatet. Vad som saknas är data rörande klimatets påverkan på växtmaterialet och kunskaper rörande lämpligt växtmaterial och dess formgivning.

Nyckelord: växtväggar, nordiskt, stadsklimat, landskapsplanering, gröna väggar, vertikal växtlighet, fasadvegetation, vegetationstak, urbant, växtstress, stadsvegetation.

Abstract

Greenery in cities has always been demanded, with the increasing densification in the urban cities around the world the demand is increasing more and more. There are many forms of vegetation elements in urban contexts, the most traditional elements are parks and flowerbeds. In cities and other dense areas there are many free and unused areas in the form of roofs and facades. But with the urban permanent densification there is little room left for vegetation. In some parts of Europe the development of plant facades and green walls has come very far. France and Germany have come very far in comparison with Sweden. As the vegetated roofs and roof gardens breakthrough in Sweden, the roof surfaces have come to a usage. On the Other hand, the facades are yet unused because of the climate and the lack of data on plants' impact on house facades. There is a constant research in the area and there is a desire to develop the concept more within the Nordic conditions.

The aim of the work is to provide better understanding and deeper knowledge of façade vegetation impact on urban climate in the Nordic region of Europe. One other aim is also to provide more insight into what it is in the Nordic climate that is stress factors for plants and thus is a part of the problem of facade vegetation.

The questions are divided into a main question and two sub-questions. The main question is: How can the façade vegetation affect the urban climate and how plants would be affected by the Nordic climate seen from the stress aspects. Sub-questions: What are the advantages and disadvantages of the plant walls? What is plant stress?

The method consists of a literature study that is based on information and facts taken from research papers, printed sources and information retrieved from the internet. However, I have focused on to use information from research articles as much as possible because I consider them to be reliable sources of information. The information from books and the Internet was used more as complement to the articles.

Based on the work I have come to the conclusion that in theory it is possible to install functioning vegetation walls in the Nordic climate. What is missing is data on the impact of climate on plant material and knowledge concerning appropriate plant material and its design.

Keywords: plant walls, Nordic, urban climate, landscaping, Landscape architecture, green walls, vertical vegetation, facade vegetation, Vegetated roofs, urban, plant stress, urban vegetation.

Innehåll

Sammandrag	1
Abstract	5
1. Inledning.....	9
1.1 Bakgrund	9
1.2 Syfte.....	10
1.3 Frågeställningar	10
1.4 Avgränsning	10
1.5 Metod	10
2. Studie.....	11
2.1 Inledning.....	11
2.2 Historia/Bakgrund.....	11
2.4 Växtväggar i Sverige	13
2.5 Modern stadsvegetation	14
3.1 Dagvatten	16
3.2 Skadliga luftpartiklar	16
3.3 Heta stadsklimat.....	17
3.4 Mindre koldioxid	18
3.5 Dämpar buller.....	18
3.6 Utnyttja utrymmena mer	18
3.7 Friskare invånare	19
3.8 Biologiskt mångfald	19
4. Hydroponiska system	20
5. Väggen som ekosystem	22
5. 1 Växtval och komposition	23
6. Växtfysiologi	23
6.2 Stressresistens.....	25
6.2 Resistans mot uttorkning	26
6.4 Värmestress.....	27
6.5 Värme resistens.....	27
6.6 Kylstress.....	28
6.7 Kylresistens.....	28

7. Diskussion.....	29
7.1 Diskussion.....	29
7. 2 Metoden.....	32
8. Avslutande reflektioner.....	33
9. Tack.....	35
10. Bildförteckning	35
11. Källförteckning.....	36
11.1 Elektroniska källor	36
11.2 Tryckta källor	37
11.3 Muntliga källor	38

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Grönska i städer har alltid varit efterfrågad. I och med de moderna städernas förtätning i hela världen ökar bara efterfrågan mer. Det finns många former av växtelement i urbana sammanhang, de mest traditionella inslagen är parker, blomsterplanteringar eller till och med byggnader inklädda i klätterväxter. Men som sagt utvecklas och förtätas städerna ständigt vilket inte lämnar mycket utrymme till växtligheten. Därför utvecklas ständigt nya lösningar. I städer och andra förtätade områden finns mycket fria och outnyttjade ytor, speciellt tak och fasader. I vissa delar av Europa har utvecklingen med växtfasader och gröna väggar kommit oerhört långt. Frankrike och Tyskland har kommit speciellt långt i jämförelse med Sverige. Detta grundar sig på klimatskillnader och brist på data angående växternas påverkan på husfasaderna. Det sker ständigt forskning inom området och det finns en önskan att utveckla konceptet mer i våra nordiska förhållanden.

Under 2012 installerade PEAB fasadvegetation i Varvstaden i Malmö. Fasadvegetation påverkar byggnadernas energibalanser, gatuklimatet och estetik. Däremot kan situationen för växterna bli mycket påfrestande med instrålning från solen, vindpåverkan, fluktuerande vattentillgång och kyla. Fasadvegetation har i stort sett ännu inte installerats i Sverige i stadsklimat på grund av att det saknas data för installation och skötsel. Utöver detta saknas information angående hur vegetationen påverkar energiutbytet över väggen och fasadens fuktighet. Det har utvecklats simuleringsprogram för byggnaders termiska balanser och det lokala klimatet men det saknas pålitlig data som kan användas vid installation av fasadvegetation. Detta gör precisa simuleringar omöjliga. För att göra konceptet 'gröna väggar' möjligt i nordiska utomhusklimat har ett projekt startats här på SLU i Alnarp. PEAB har nära kontakt med forskningsgruppen som driver projektet. Projektet kommer att frambringa bättre data till simuleringsprogram för urbant mikroklimat och byggnaders energibalanser även i ett i framtiden förändrat klimat. Under projektet kommer det att undersökas vilka egenskaper som avgör om en växt kan användas på gröna väggar och rekommendationer för vilka typer av växter som kan användas.

Fasadvegetation har på senare tid blivit allt mer omtalad, inte allra minst under utbildnings tiden. Jag har sedan tidigare varit intresserad av stadsvegetation och ville

arbeta med något som kunde komma till nytta för andra elever i framtiden. När jag fick höra om projektet mellan SLU och PEAB blev jag intresserad av att fördjupa mig i ämnet fasadgrönska.

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att få ökad förståelse och fördjupad kunskap om fasadvegetations påverkan på stadsklimatet i norden. Jag ska även fördjupa mig i hur växter påverkas av olika former av stress i det nordiska klimatet. Detta relaterat till växter i fasad vegetation.

1.3 Frågeställningar

- Vilka för – och nackdelar finns det med växtväggar?
- Vad är växtstress och vilka former av stress utsätts växter av i samband med fasadvegetation?

1.4 Avgränsning

Jag väljer att begränsa arbetet till en litteraturstudie om vegetationsväggars betydelse i samhället och växters hantering av olika stressmoment i omgivningen.

1.5 Metod

Den skriftliga uppsatsen kommer att bestå av en litteraturstudie som är gjord med hjälp av information från forskningsartiklar, böcker och till viss del internet. Litteraturstudien ska ge fördjupad kunskap i hur växter påverkas av klimatrelaterad stress.

2. Studie

2.1 Inledning

Jag anser det är viktigt att börja med att behandla ämnet 'Gröna väggar' som term i sig. Tobias Emilsson diskuterar detta i sitt arbete angående 'gröna tak', eller som han väljer att kalla det; Vegetated roofs (vegetationstak) (Emilsson, 2006). Jag instämmer med Tobias om vi behöver en ny term. Gröna tak eller gröna väggar är inte särskilt täckande och ger inte vegetationskonstruktionen rättvisa. Benämningen Gröna tak/väggar känns som att kalla en trädgårdsdesigner för trädgårdspyntare. Det skulle behövas en mer fackmannamässig term för konstruktionen. I dagens läge kan Gröna tak/väggar lätt misstolkas som något i sammanhanget felaktigt. Växtlighet är självklart mentalt förenat med associationen till färgen grön, men som Emilsson nämner beskriver färgen endast det estetiska utan att beskriva konstruktionens funktion (Emilsson, 2006). Vegetated walls fyller sin funktion som benämning men som svensk term väljer jag helt enkelt växtväggar, vegetationsväggar eller vertikal trädgård. I artikeln Extensive Vegetated Roofs in Sweden nämns det att man i Nord Amerika talar om eco roofs i sammanhanget (Emilsson, 2006). Ämnet växtväggar i nordiskt klimat är näst intill outforskat. Vilket gör svårt att hitta tillförlitliga faktakällor i ämnet. Jag försökte därför att hitta likartade vegetationsformer i det urbana stadsklimatet att dra paralleller och jämförelser utifrån. Man skulle kunna säga att vegetationstak, i folkmun kallat gröna tak, är grundidén som växtväggar utvecklats ifrån. Stycket här nedan kommer att gå in mer på vegetationstak än väggar eftersom det är viktigt att i varje fall få en sammanfattning av fenomenets bakgrund och dess härkomst.

2.2 Historia/Bakgrund

Ur ett historiskt perspektiv är det mer relevant att i Sverige prata om vegetationstak än fasadvegetation. Många av oss har säkert stött på dem utan att reflektera över dem. I Sverige använde man sig av 'gröna tak' för flera hundra år sedan. Enligt Emilsson hade de i stort sett samma funktion som de har idag, borträknat den estetiska aspekten, även om konceptet på senare tid har vidareutvecklats. De var ett viktigt inslag i huskonstruktionen. Vegetationstaken hade som funktion att bibehålla ett behagligt inomhusklimat genom att hindra värmen från att ta sig ut och fukten från att tränga in (Emilsson, 2006). Basen för dessa tak bestod av torv och björknäver som tillsammans med andra material (Jämtlands läns museum, 2005), isolerade och skyddade taket. Torven och nävern kunde användas tillsammans med halm, gräs eller

andra material. Grästaken behövde även ett visst underhåll. Takvegetationen kunde bestå av olika arter av *sedum*, *Sempervivum* och *Jovibarba* som användes för att binda samman materialen.. Under World Exhibition i Paris år 1868 visades det upp en takkonstruktion i betong med ”naturlig plantering” (Dunnett och Kingsbury, 2004). Under 1900-talet började man använda sig av de idag mer traditionella tak konstruktionerna, Detta

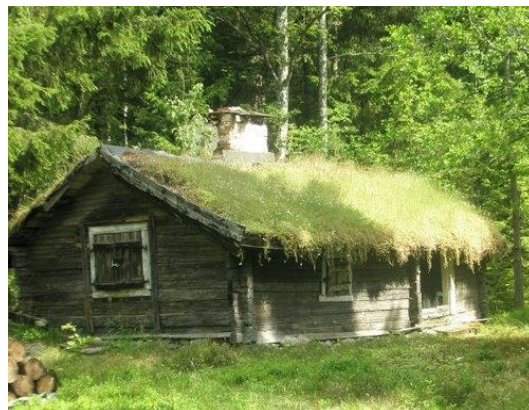


Bild 2: Stuga från tidigt 1800-tal med takvegetation
Foto: Malin Aggebrandt, Norrköping, 2011-07-27

berodde på att nya byggmaterial introducerades under industrialiseringen (Jämtlands läns museum, 2005). Utvecklingen av vegetationstak ökade drastiskt i och med de nya materialen, det blev möjligt att utveckla mer avancerade anordningar och i större skala. Arkitekten Le Corbusier var bland de första att använda takträdgårdar mer systematiskt (Dunnett och Kingsbury, 2004). Han hävdade, att hus var *machines à habiter*, "maskiner att bo i" och menade att takträdgårdar var en väsentlig del av den framtida staden (Wikipedia, den fria encyklopedin).

2.3 Marknaden idag

Frankrike är tillsammans med, Tyskland, Schweiz och Japan ledande på marknaden för vegetationsväggar och vegetationstak. Det är Tyskland som går under titeln som den moderna vägg- och takvegetationens hemland (Veg tech, 2010). Japan är ledande i världen beträffande storstadsvegetation och de ligger långt fram även i forskning rörande ämnet (Höglund, 2010). Sverige har ingen betydande plats inom fasadvegetationens marknad men det finns intresse att introducera mer grönska i städerna. I Malmö tillämpas systemet med grönytefaktor



Bild 3: Vegetations fasad med takträdgård i Manhattan. De här formerna av vegetation ger oss möjlighet att utnyttja tidigare oanvända ytor.

vilket innebär en strävan efter ökad mängd grönytor genom att med växtmaterial kompensera de ytor som vid anläggning hårdgörs på respektive tomt. Exempel

på sådana gröna ytor är växtbäddar, vattenytor i dammar, takvegetation, träd, buskar och grönska på väggar (Grönytefaktor Bo01). Systemet med grönytefaktor (Green space factor,

GSF) är en svensk version av det tyska systemet kallat 'Biotope Flächen Faktor' som där har använts sedan 1970-talet (Emilsson, 2006). Att använda sig av växtväggar är väldigt effektivt eftersom man "tjänar" utrymme, det är möjligt att använda ytor som tidigare inte var möjliga.

Som tidigare nämnts i bakgrunden till detta arbete pågår det ett projekt där man planerar att sätta upp en vegetationsvägg i varvstaden i Malmö. Såväl intressant är att Emilsson (2006) nämner är att det var i Malmö som vegetationstak först fick sitt genombrott i Sverige i samband med den europeiska bostadsmässan Bo01 under 2001. Bo01 marknadsfördes som morgondagens stad med en mängd nya teknologier som prövades (Emilsson, 2006). Problemet i Sverige har varit att vi inte har haft nog med data för att kunna analysera och framställa en i vårt klimat fungerande växtvägg. I dag sker den snabbaste utvecklingen i USA och Canada. Nordamerika sker många tester och försök för att utveckla tekniken (Höglund, 2010), Vi kan inte direkt använda oss av deras teknik här i Sverige så vi hänvisar till mer närbelägna platser. Ofta används Tyskland som referens här i Sverige. Vid installation av vegetationstak eller väggar följer Sverige ofta de tyska traditionerna. Nackdelen med att följa Tysklands modeller är att det gör att Sverige jämför med deras resultat som referens i stället för att skapa egna data, vilket kan ge felaktig eller missvisande information (Emilsson, 2006)

2.4 Växtväggar i Sverige

Även om det talas om att det inte finns en direkt Svensk marknad för fasadvegetation förekommer den i andra former. Den Svenska marknaden för vegetationsväggar har blivit förpassad till inomhusklimatet. Stina Höglund skriver speciellt om två Svenska företag som är de ledande inom olika former av modern arkitektoniskt vegetation;



Bild 4: Största marknaden av vegetationsväggar I Sverige förekommer i inomhusklimat, många gånger i offentliga sammanhang.

Veg tech och Green fourtune (Höglund, 2010), Veg tech har ett samarbete med det Tyska företaget Xeroflor International GmbH. De har mycket lång erfarenhet av takvegetation och produktutveckling inom området. Veg tech har i flera år arbetat med olika former av vegetationsteknik i Skandinavien och de hoppas att man i större utsträckning kommer att använda olika vegetationsformer i de svenska städerna (Veg tech, 2010).

Vad som även bör nämnas är att Veg tech har störst fokus på vegetationstak och vegetationsfasader. Vegetationsfasaderna förekommer i form av klätterväxter som ”klättrar” med hjälp av ett vajersystem. Kanske inte lika inspirerande eller avancerat som Patric Blanc’s skapelser, men tekniken utvecklas ständigt. På deras hemsida kan man käsa om hur Green fortune arbetar med Vegetationsväggar inomhus i offentliga miljöer. De anpassar sina växtväggar enligt beställarens önskemål beträffande storlek form, uttryck och växtarter. De beskriver sina produkter som en ”vertikal trädgård på autopilot”. Självklart erbjuder de garanti och serviceavtal för att kunna leva upp till sitt påstående (Green fortune, 2012).

2.5 Modern stadsvegetation

Det finns många former av stadsvegetation som utnyttjar stadens trängre och hårdare klimat. Staden är en hård ståndort och begreppet sustainable city - hållbar stad, har blivit en allt mer betydelsefull formulering. Den största utmaningen ligger i konflikten mellan människans behov av grönska och bristen på utrymme, i de mest urbaniserade områdena är behovet av växtlighet störst. I SVD kunde man 2008 läsa en artikel rörande fenomenet

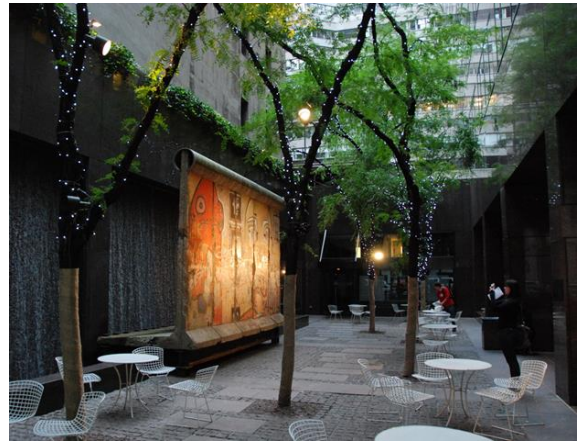


Bild 5: Fickparken "paley park" i New York

”compact living” vilket kommit från livsstilarna i de allt tätare städerna. Arkitektkontoret MVRDV i Holland har i två böcker föreslagit parker i flera våningar, i Kina finns arkitektkontoret MAD som fört fram förslag på en park på pelare, ovanför skysraporna i Peking. Danska BIG och Engelska FOA integrerar ofta parklandskap i och ovanpå arkitekturen. (Stähle, 2008). I flera olika länder har ”pocket gardens”, (fickträdgårdar) blivit allt mer synligare på senare år. Pocket gardens kan även gå under benämningar som minipark eller vest-pocket parks. De består av små oanvända ytor så som trånga passager och luckor mellan byggnader som utnyttjats för vegetation (Blake, 2008). Vegetation och dess teknik är ett viktigt verktyg för att lösa tekniska problem i städer. Vi måste lära oss att använda oss av och ta hjälp av växternas naturliga egenskaper (Veg tech). Fördelen tak-och fasadevegetation har är att man med hjälp av dem kan utnyttja tidigare utvecklade ytor som dessutom inte kräver något extrautrymme. Höglund (2010) poängterar en viktig punkt i sitt arbete, att vi inte får glömma bort att sådan vegetation inte bör ersätta mer traditionella vegetationsformer som

parker och vanliga planteringar. Tak- och fasad vegetation bör användas som ett komplement till parker, inte ersättning (Höglund, 2010).

3. Fasadvegetation gentemot stadens infrastruktur och dess invånare

Varför fasadvegetation har fått sådan uppmärksamhet är att den har en mängd värdefulla egenskaper som kan utnyttjas till fördel för stadsklimatet och dess infrastruktur. I tidskriften *procedia environmenta science* skrivs det om ett av de största hoten mot våra storstäder, den så kallade Urban heat island - effekten, (UHI) på svenska benämnt som ”urban värme ö”. UHI innebär att temperaturen i städerna höjs (Kokogiannakis et al. 2011). Detta fenomen skapas och påverkas av flera olika faktorer. Dels påverkas den av solen som strålar mot och värmer upp hårda byggmaterial som då fångar upp värmen. Ytegenskaper, vatteninfiltration, värmekällor, vindreduktion, värmeproduktion och luftföroreningar påverkar värmeackumuleringen (Rosenlund, 2012). Alla dessa faktorer bidrar till att höja värmen i stadsrummet, det kan låta relativt harmlöst men ger negativa effekter på bl.a. komfort, hälsa, och klimat. Då talar vi om stadsklimatet men även den globala uppvärmningen. Med hjälp av stadsvegetation kan vi motverka UHI och därmed minska den globala klimatpåverkan (Sheweka och Magdy, 2011).

Stadsvegetation har ett stort antal fördelar både för staden och dess invånare. För att öka användningen av tak och fasadvegetation måste vi bli bättre på att belysa alla fördelar och poängtera vilken vinst det ger att installera dessa former av stadsvegetation. Dessa punkter visar på fördelar hos stadsvegetation, vissa punkter syftar till stadsvegetation i helhet medan andra fokuserar på tak och fasadvegetation. I efterföljande stycke beskrivs punkterna mer detaljerat

- Dagvatten
- Skadliga partiklar
- Heta stadsklimat
- Mindre koldioxid
- Dämpar buller
- Utnyttja utrymmen mer
- Friskare invånare

- Biologisk mångfald

3.1 Dagvatten

Allt för många ytor i våra storstäder är hårdgjorda och består av material som asfalt och stenläggning. Vid t.ex. regnfall avleds vattnet från dessa ytor till ett dagvattensystem och vidare till den slutgiltiga vattenkällan (Sheweka och Magdy, 2011). Avrinningen sker snabbt och via de hårdgjorda ytorna och ger inte nederbörden någon större möjlighet att infiltrera eller avdunsta. Den direkta avledningen gör att både nyttiga näringsämnen och farliga föroreningar når mottagningsbehållaren (veg tech 2012). Att vattnet inte infiltrerar eller avdunstar leder också till att avloppssystemet riskerar att bli överbelastat (Sheweka och Magdy, 2011), vilket ofta märks vid höga skyfall då det ofta i städerna påträffas mycket stillastående vatten. I stället för att försöka leda bort vattnet kan man ta hjälp av växtlighet som kan minska avrinningen genom absorption. Takvegetation är känd för att kunna förbättra vattenhanteringen under regnoväder. Fasadvegetation har inte lika stor roll i dagvattenhanteringen men i Energy Procedia ger man fasadvegetationen visst beröm, då den dock kan ta hand om avrinningen från taken och bidrar såväl till förbättrad dagvattenhantering (Sheweka och Magdy, 2011).

3.2 Skadliga luftpartiklar

Många städer idag, speciellt storstäderna ligger i farozonen för halten av skadliga partiklar i luften. I vissa städer är luften direkt hälsofarlig. D. Bradley Rowe nämner i sin artikel att förorenad luft direkt kan kopplas till minskad hälsa och lägre ålder (Rowe, 2011). Det är omdiskuterat hur mycket av de skadliga partiklarna växter kan fånga upp, eller om de ens gör någon skillnad. Både Rowe och Veg tech menar att växter kan reducera luftföroreningar (Rowe, 2011). Veg tech förklarar också att växter med sina bladytor kan fånga upp, filtrera och fastlägga en stor mängd av de farliga partiklarna från luften (Veg tech, 2012). Även Sheweka och Magdy ställer sig positiva till växternas förmåga att rena och förbättra luften (Sheweka och Magdy, 2011). Hur pass detta stämmer kan jag inte svara på. Det pågår forskning i ämnet men ännu har inget klart svar framförts. För stunden finns det tre grupperingar, de som tror att växter fungerar som luftrenare, de som inte tror på det och de som ställer sig neutrala till frågan.

3.3 Heta stadsklimat

Temperaturen är ofta flera grader högre inom storstäder (UHI) med mycket mera hårdgjorda ytor än på landsbygderna och förorterna där det ofta finns mer vegetation (Veg tech, 2012).

Forskning har visat att vegetation motverkar temperaturhöjning eftersom organiskt material

nyttjar solljuset vid

transpirationsprocesser och därmed

avger vatten som på så sätt kylv

ned sin omgivning (Kokogiannakis

and Tietje Darkwa, 2011).

Hårdgjorda ytor däremot, består

ofta av mörka massiva och/eller

vattentäta material som inte

reflekterar ljus. Detta leder till att

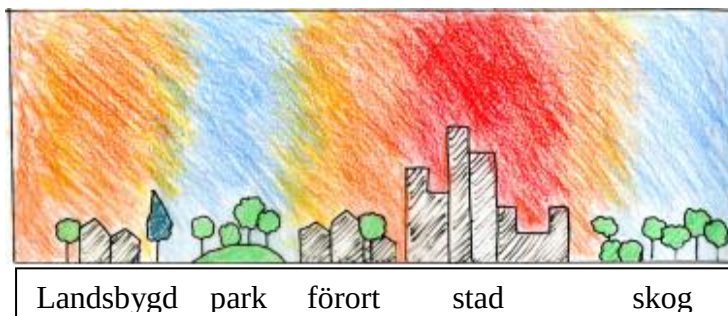


Bild 6: Urban värme ö betyder att temperaturen i staden är högre än utanför den. Detta på grund av den stora mängden hårdgjort material. De röda tonerna indikerar hög temperatur medan de blåa tonerna indikerar låga temperaturer.

materialen absorberar strålningen som sedan avges i form av värme. Mängden värme ökar i

relation till byggnadens höjd. De urbana värmeöarna bidrar till den globala uppvärmningen

(Sheweka och Magdy, 2011). Att använda vegetationsväggar och annan vegetation för att

motverka UHI förekommer mest i länder som har högre temperaturer än Sverige, där UHI är

ett mer omfattande problem (Emilsson, 2006). Eftersom vi har ett relativt svalt klimat är inte

Urbana värmeöar lika omfattande även om det självklart förekommer även i Sverige. Berlin

har vid upprepade tillfällen upplevt ”urban heat waves” (urbana värme vågor) där människor

bokstavligen har avlidit på grund av stadstemperaturen. Berlin upplevde år 2006 under de

mest extrema dagarna en temperatur på upp till 38,2 C°, under dessa ”värme vågor” är

dödligheten 67,2 % högre (Gabriel och Endlicher, 2011). Det behövs mer vegetation i

städerna, växtväggar är bevisat bra klimatregulatorer i städer (Rosenlund, 2012). Vid

Universitetet i Manchester har man visat på att grönytor i staden kan minska

genomsnittstemperaturen med 4 °C. Denna temperatur motsvarar ungefär den förutsagda

temperaturökningen som den globala uppvärmningen kommer att stå för vid år 2080 (Veg

tech 2012). Professor och stadsplanerare Helga Fassbinder uttrycker sig kritiskt till

stadsplaneringen, så som den ser ut idag. Hon beskriver städerna som ” A rocky landscape

with scattered greenery...” (www.biotope-city.net).

3.4 Mindre koldioxid

I städerna finns många källor till skadliga växthusgaser. Genom att använda sig av växtfasader kan man isolera byggnader från både värme och kyla. På sommar skuggas byggnaderna av växtligheten och då krävs mindre kylning (Kokogiannakis, Tietje, Darkwa, 2011). Ju mer man kyler byggnaderna på insidan ju varmare blir det på utsidan på grund av elektroniken som alstrar värme (Rosenlund, 2012). Under det kallare vinterhalvåret fungerar luften som finns innesluten i bladverket och i mellanrummet mellan växter och fasad som ett isolerande skikt (Dunnett och Kingsbury, 2005).

Ett exempel på överflödigt uppvärmning är värmepumpar som fått ett genomslag speciellt i Sverige på senare år, de går ofta på högvarv under vinterhalvåret. Med fasadvegetation skulle vi kunna minska användningen av dessa. Fasadvegetation skyddar även husfasaden mot skadliga UV-strålar som får den att åldras snabbare (Perini, Ottelé, Haas, Raiteri 20011). Genom att sänka byggnadernas energiförbrukning skulle stadens produktion av växthusgaser kunna minskas betydligt. I och med det stora underskottet av vegetation i städer förekommer det ett stort överskott av växthusgaser och CO₂ som är skadligt för hela klimatet (Veg tech, 2012).

3.5 Dämpar buller

I och med städernas modernisering och förtätning är det föga förvånande att ljudnivån höjts och förekomsten av buller har ökat. Ljud kan vara ett irritationsmoment men hög ljudnivå kan även leda till hälsoproblem (Rowe, 2010). Ett allt vanligare uttryck nu för tiden är Ljutföroreningar, (noise pollution). I journalen Energy Procedia (Sheweka, and Magdy, 2011) kan vi bland annat läsa att detta beror på att bland alla hårdgjorda material i staden finns det inget som kan absorbera ljudet och dämpa det, i stället reflekteras ljudet mellan ytorna och studsar. Dock kan man använda sig av fasadvegetation och skapa en ljudbarriär. (Dr. Samar Sheweka och Arch. Nourhan Magdy, 2011). Bladverket har viktiga ljudisolerande egenskaper. (Van Renterghem, Botteldooren, 2008). Det luftiga bladverket fungerar som ljudabsorbent och kan skapa en helt annan ljudbild i staden (Veg tech, 2012). Fasadvegetationen kan till och med påverka ljudnivån i byggnaden (Rowe, 2010).

3.6 Utnyttja utrymmena mer

Städerna blir allt tätare och tätare och vid nybyggnationer prioriteras grönskan allt mindre. Det finns helt enkelt inte tillräckligt med utrymme för både nya infrastrukturer och vegetation.

Vad många däremot inte tänker på är att det finns ytterst många oanade och outnyttjade ytor i städerna. Det är möjligt att kunna få in en betydande andel grönska i städerna ifall utnyttjade tak och husfasader användes. Om detta görs skulle vi kunna höja städernas levnadsstandarder utan att behöva prioritera bort nybyggnationer. På så sätt kan man skapa stora grönytor och näst intill parklika stadsrum på fasader och hustak. Sheweka och Magdy (2011) menar att fasadvegetation har fördelen gentemot takgrönska genom att fasadvegetation kan användas på mer svåråtkomliga ytor, till exempel skulle man "tjäna" mycket utrymme genom att installera fasadvegetation på skyskrapor som har blivit allt mer dominanta i stadsklimatet. Genom att "vegetasera" skyskrapor skulle ökningen av grönytefaktor bli stor (Sheweka och Magdy, 2011).

3.7 Friskare invånare

Det är allmänt känt att grönska skapar välbefinnande och lugn hos människan. Bara att ett träd utanför ett fönster kan påverka oss positivt. Flera studier har påvisat positiva förändringar hos människor som vistas i grönområden. Det har visat sig att grönområden har en inverkan på hälsa. Människor som bor nära en park känner sig mindre stressade och ju oftare de besöker parker eller andra grönområden ju mer sällan drabbas de av stress relaterade sjukdomar (Grahn och Stigsdotter, 2003). Speciellt personer drabbade av hög stress har rapporterat att de skulle vilja använda sig av grönområden mer (Karlsson et al. 2011). Det är få hälsostudier som gjorts rörande fasadvegetation, större delen handlar om parker och trädgårdar. Fasadvegetation kommer aldrig att ge samma tillfredsställning som en park eller trädgård men i och med växters påvisade positiva effekt bör även fasadvegetation ha positiv inverkan.

3.8 Biologisk mångfald

Gröna väggar och annan stadsväxlighet betyder inte bara mycket för människor utan också för andra levande organismer. Som levande ytor fungerar vegetation som habitat till ett stort antal organismer, både växter och djur. Troligen har både vegetationsväggar och tak en framtid i de urbana ekosystemen, detta kan främja den biologiska mångfalden på samma gång som det ger andra miljömässiga fördelar. En lyckad utveckling av sådana tekniker kräver ingående ekologiska kunskaper av fasadvegetation för att maximalt kunna ta vara på och använda sig av de aspekter som kan stödja biodiversitet (Francis 2010). Studier i Schweiz och Tyskland har visat att vegeterade tak har stor potential till hög biodiversitet och att de till och med kan främja rödlistade arter (Emilsson, 2005.) Takvegetationen har också visat sig användas som boplats för olika arter av fåglar, både vanliga och sällsynta, vilket har lett företag till att

marknadsföra takvegetation speciellt för den biologiska mångfalden (Oberdorfer et al. 2007). Att använda sig av flera olika växtarter kan vara en viktig fördel för systemet i sig då olika arter står för olika funktioner, vilket vidare stöder argumenten om biodiversitet (Lundholm et al. 2010). Men det finns behov av forskning i användandet av växtarter och kombinationer av dessa, det finns stöd för att speciellt vegetationstak fungerar bättre som ekologisk mångfald än monokultur, vilket också tjänar som boplats för olika djurarter (Rowe, 2011). Dock finns det fortfarande inte mycket forskning rörande den ekologiska mångfalden i tak- och fasadvegetation (Oberdorfer et al. 2007). Och det är osäkert hur hållbar en sådan design och dess biodiversitet kommer att vara i det långa loppet (Rowe, 2011).

4. Hydroponiska system

Det finns flera olika tekniska lösningar på hur uppbyggnaden av växtfasader kan se ut. Hur mycket växtligheten integrerar med fasaden beror på systemet. Det finns lösningar där vegetationslagret är helt fristående från fasaden, i andra fall kan vegetationen rota sig bakom fasaden, men det vanligaste är att växten är planterad i någon form av behållare som installerats utanpå husfasaden. I arbetet vertikala trädgårdar skriver Stina Höglund (2010) att det krävs tre särskilt viktiga beståndsdelar för att en vertikal trädgård ska fungera; substratet måste bestå av ett material som inte bryts ned över tiden, ett system som förser växtligheten med vatten och näring, och slutligen något som kan hålla växten och substratet på plats (Höglund, 2010). En stor



Bild 7: Hyrdoponisk växtvägg i trädgårdslabbet på SLU i Alnarp. Växtväggen består av flera lager filtväv med fickor för växterna.

del av de tekniska lösningarna på fasadvegetationens odlingssystem är hydroponiska. Hydroponiska system innebär att växterna odlas direkt i vatten, utan substrat. Odlingen sker inte i något substrat som innehåller näring, denna tillförs i stället via tillgängligt vatten (Dunnnett och Kingsbury, 2005). Vid hydroponiska odlingssystem förekommer en viss form av substrat eller material med uppgift att stabilisera och ge växten fäste för rötterna. Substratet består av lätta material som inte lägger till mycket extra vikt till konstruktionen (Hydrogarden, 2012).

Tekniken som används i det hydroponiska vertikala odlingssystemet härstammar från fransmannen Patric Blanc. (Dunnett och Kingsbury, 2005). Efter att i nästan 20 år ha studerat tropiska växter och växtväggar i inomhusmiljö lyckades Patric Blanc att skapa sin första växtfasad i utomhusmiljö år 1991. Detta system är vad han påstått vara den enklaste lösningen till att odla vertikalt utan förekomst av odlingssubstrat. Grundkonceptet är hämtat från naturliga växtsystem med parasitväxter och epifyter som i sin naturliga miljö växer på höga höjder utan tillgång till substrat. Blanc fokuserade mycket på klippformationer och applicerade konceptet på storstaden tillsammans med arkitektur (Höglund, 2010). I Blancs system använder han sig av en PVC konstruktion som stomme, täckt med en syntetisk vattentät och temperaturremanent filtväv (Dunnett och Kingsbury, 2005). Filtväven är i två lager varav rötterna kan tränga igenom det innersta lagret. Det yttersta lagret skärs upp så att det blir olika stora fickor beroende på växterna. I början behöver växterna hållas på plats med häftklammrar men varefter tiden går och rötterna tränger igenom filtväven behövs inget stöd för växten. Filtväven fördelar fukten jämt över ytan. Hela konstruktionen väger relativt lite (Höglund, 2010) vilket ger den fördelar gentemot andra konstruktioner som t.ex. vegetationstak som har sin största problematik i takkonstruktionens krav på högsta vikt (Emilsson, 2006). Självklart finns det flera varianter på konstruktionen av fasadvegetation men de brukar alla bestå av samma grundprincip. Veg tech använder sig av antingen växtkasseter, stativ i galvaniserat stål eller modulkrukor i plåt beroende på vad för slags växtmoduler det rör sig om (Veg tech, 2012). Zinco är ett världsutberett företag inom växtteknik som bland annat arbetar med vegetationsväggar och tak (Zinco, 2012). De bygger nästintill alla på samma grundide' med hydroponiska växtsystem. Både Zincos vertigreen® system och veg techs kassetmoduler används i försöken som bedrivs av SLU i Alnarp i samarbete med PEAB och Malmö stad.



Bild 8: Kassetmodul från Zinco.

5. Väggen som ekosystem

Växtfasader fungerar som egna biotoper men de ska inte generaliseras och/eller klassificeras som en och samma biototyp, de varierar brett beroende på växtfasadens position. I *'Wall ecology: A frontier for urban biodiversity and ecological engineering'* kan vi läsa om hur väggar är relativt små som ekosystem. Mikroklimatet kan även variera inom mikrohabitatet och de kan ha ett mikroklimat som är mer extremt än det omgivande klimatet, och påverkas ytterligare av fasaden/väggens grundförutsättningar. Väggmaterial, dess tjocklek, täckmaterial och färg är faktorer hos väggen i sig som kan påverka fasadvegetationens förutsättningar. Det har noterats att väggar som vetter



Bild 9: En av Patric Blancs kända växtväggar med tropiska arter.

mot nord, öst eller väst har mer täckande vegetation medan väggar som vetter mot söder upplever stark solinstrålning med påföljd att temperaturer och avdunstning blir höga. Påfrestningarna blir större på söderväggar i och med hög solinstrålning och temperatur under dagtid tillsammans med kontrasten av snabb nedkyllning under nattetid. Den fluktuerande temperaturen ger söderväggar mycket extremare mikroklimat än nord-, öst- och västväggar och gör söderväggar till ett tuffare växthabitat (Francis, 2010). Söderväggs- problematiken påminner om de klimat svårigheter vi har i Sverige, där svårigheterna består i den fluktuerande dag-och natt temperturen, speciellt under våren. Robert A. Francis (2010) skriver även i sitt arbete att väggens höjd har en påverkan på mikroklimatet men någon omfattande undersökning i ämnet har inte gjorts. Växtmaterialet har stor påverkan på habitatet. Att Patric Blanc har lyckats med sina tropiska växtväggar fastän tropiska arter kräver mycket högre luftfuktighet än vad som förekommer i stads- och inomhusmiljöer beror på mikroklimatet. Fasadvegetationen skapar sitt eget mikroklimat i relation till det omgivande klimatet. Växter i växtväggar har ett unikt habitat som gör att de har, om rätt växtmaterial valts, bättre chans till överlevnad och utveckling än om de var krukodlade (Höglund, 2010).

5. 1 Växtval och komposition

För att en vegetationsvägg ska bli framgångsrik är det ytterst viktigt att noga överväga vilket växtmaterial som används och hur det komponeras. Växtvalen bör grundas på platsens karaktär och klimatförhållanden, därför bör varje växtvägg gestaltas utefter dess geografiska placering. I arbetet Vertikala trädgårdar uppmanas formgivaren att söka inspiration från naturen för att finna fungerande växtmaterial (Höglund, 2010). Om man försöker finna ett naturligt habitat med samma eller liknande förutsättningar som växtväggen är chansen till gott resultat mycket större (Höglund, 2010). Växarterna bör väljas utefter deras naturliga förhållanden. Större delen av de växtarter som lämpar sig för vegetations tak kommer att fungera bra även i fasadvegetation, speciellt de med lågväxande och krypande karaktärer (Dunnett och Kingsbury, 2005). Men man bör komma ihåg att väggar och tak har olika uppbyggnader (vertikalt respektive horisontellt) vilket kan inverka på solljus och vattentillgång. Stina Höglund (2010) påpekar även att det är lätt att vegetationsväggarna ser trista ut under vinterhalvåret vilket är en stor estetisk nackdel, eftersom de är mer synliga i en större utsträckning än vad växttaken är. Förutom artval är positionerna av arterna i växtväggen viktigt att ha i åtanke (Höglund, 2010) då mikroklimatet inom habitatet varierar. Växter som är mer vind- och torktåliga bör placeras högst upp på väggen eftersom ju högre upp på växtväggen arterna placeras desto mer utsätts de för uttorkning och höga vindhastigheter (Francis, 2010). Arter som är mindre vindtåliga och kräver fuktigare förhållanden bör därmed placeras lägre ned på väggen. För att inte störa gångtrafikanterna och stadstempot placeras mer vida och buskiga arter på högre höjd på väggen och örtartade mindre arter längre ned (Höglund, 2010).

6. Växtfysiologi

Vegetationsväggar representerar inte ett naturligt växthabitat. De bör inte eftersträvas att bevaras som eller att efterlikna ett naturligt tillstånd. Snarare bör det erbjuda nya möjligheter för arter att samexistera och utvecklas oavsett ursprung (Francis, 2010). Vi försöker skapa ett konstgjort habitat som vi tror fungerar efter våra förutsättningar, men trots dessa relativt kontrollerade förutsättningar drabbas växterna ofta av olika åkommor.

Vad är växtstress? Många gånger används termen växtstress på fel sätt och skapar därmed förvirring. Stress definieras enligt Taiz och Zeiger som en extern ogynnsam faktor som ger en negativ inverkar på växten (Taiz and Zeiger, 2002). I stressfulla miljöer reagerar växter på två

olika sätt; antingen försöker de undvika stressen eller anpassa de sig till den (Osmond et al. 1986). I vissa fall kan skadan orsakad av stressfaktorn vara reversibel men i andra fall är den bestående (Fitter och Hay, 1987).

Det finns många former av växtstress, men i den här texten kommer det att fokuseras på miljöpåverkande stress. I det nordiska klimatet är den fluktuerande kylan under tidig vår tillsammans med den starka vårsolen och vinterklimatet de största hoten mot lyckad fasadvegetation, i texten tas torkstress och temperaturstress upp eftersom de är de mest relevanta stressformerna i sammanhanget. Klimat är en miljöfaktor som till viss del går att påverka, men tillslut måste vi dock anpassa oss till det. Hale och Orcutt (1986), skriver att källorna till miljöpåverkad stress kan delas in i tre olika kategorier: fysikaliska, kemiska och biotiska.

6.1 Torkstress

Termiska skador och kylskador tillhör sådana stressformer som är relativt lätta att mäta och observera. Tork- eller vattenstress är stresskador som till en viss del är reversibel och därmed går att åtgärda, men har skadan blivit för stor blir den bestående (Fitter och Hay, 1987).

I samband med torkskador finns det flera olika grader av stress. I och med ökad stress blir skadorna större och mer omfattande. Termer som torkstress, vattenstress och vattenunderskott kan användas med viss variation och betecknar förhållandena inom växten när vattenunderskottet överstiger vattenabsorptionen (Hale och Orcutt, 1987). Tecken på torkstress som förekommer innan den blir så kritisk att turgor minskar är förlängning av stjälken, bladexpansion och stomata reaktion. Den första effekten av kritisk torkstress är förlust av turgor. Detta för att vattenmängden påverkar cellexpansionen och dess storlek. Turgor är troligtvis den mest vattenkänsliga processen och påverkar hela växten. Det finns flera aktiviteter som är beroende av turgor så som tillväxten av rot, blad och celler. Minskning i turgor minskar tillväxten i hela växten. En mindre minskning i vattentillgången kan minska eller göra att tillväxten helt avstannar (Taiz and Zeiger, 2002).

Växter reagerar på torka genom att förändra sig cellulärt. Metaboliskt och molekylärt för att kunna hantera de förändrade förhållandena. Resultatet av torkstress är metabolisk och osmotisk obalans hos växten som leder till minskat turgortryck och slutning av stomata. Detta ger minskad cellexpansion och otillräcklig fotosyntes beroende på begränsad koldioxidupptagning.

6.2 Stressresistens

Det finns en stor mängd gener i växter som tjänar som skydd mot stresskador hos cellerna och som återställer den ojämna metabolismen orsakad av uttorkning. Dessa gener kan delas in i två grupper varav den första gruppen ger proteiner ökad stress tolerans (Karim, 2007). I växter som är motståndskraftiga mot stressen förblir membran systemen intakta och växten påbörjar reparation av den inte allt för stora skadan som skett. Men det finns en punkt utan återvändo som om den överskrids kommer att resultera i död, både för känsliga individer och de mer motståndskraftiga (Hale och Orcutt, 1987).

Om torkstressen ökar från mild till måttlig blir växtcellernas biokemi allt mer skadad. Ökad till allvarlig torkstress leder till svåra störningar av metabolismen, som indikeras av ökad respiration och ansamling av prolin (Hale och Orcutt, 1987) (proteinets byggstenar) (<http://sv.wikipedia.org>) och socker. Framgången hos en växt i ett klimat beror på dess förmåga att kunna anpassa sig till och manipulera faktorerna på ett sådant sätt för att skapa en gynnsam balans mellan fotosyntesen, upptaget av koldioxid och bevarande av vatten (Fitter och Hay, 1987).

Stress som koncept är inte bara associerat med de negativa aspekterna som skador och eventuell död hos växter. Stress kan som tidigare nämnt göra att växter utvecklar ett visst skydd mot stressfaktorn; stress tolerans.

Vid diskussioner kring ämnet stress resistens bör man inte förväxla termen acklimatiserad (acclimation) med adapterad (adaption). Toleransen kan öka som ett resultat av tidigare utsatthet och stress, detta definieras som acklimatisering och innebär att växten i fråga härdas, vänjer sig. Adaption, anpassning, refererar ofta till en genetisk bestämd nivå av motstånd som utvecklats efter flera generationer. Dessa termer förväxlas många gånger i litteratur och skapar därmed missförstånd. Adaption och acklimatisering är avancerade och processer som förekommer på alla nivåer hos växten; anatomiskt, morfologiskt, cellulärt, biokemisk och molekylärt. Ett exempel är när bladen på en växt vittrar och faller av på grund av torkstress, detta reducerar både vattenförlust via bladet och ljusexponering. Många gånger kan vi upptäcka vissa kombinationer av kombinerad tolerans (cross-tolerance) så som tolerans mot en stress orsakad av tolerans till en annan. Det är sådana fall som påvisar komplexiteten av växters stressresistens. (Taiz and Zeiger, 2002.) Som tidigare nämnt fungerar stressresistans

genom att det finns ett stort antal gener i växter som har som uppgift att skydda cellerna från stressrelaterade skador och för att återställa ojämn metabolism orsakad av torkskador. Dessa gener tillhör två grupper, varav den första specialiserar proteiner till att utveckla ökad stress tolerans, de är involverad i produktionen av bland annat proteiner för skydd mot osmotisk stress och anti- frys proteiner för skydd av växtens vattenkanaler. Den andra gruppen innehåller olika proteiner som har en reglerande roll av olika syror som exempelvis ABA (abscisinsyra) (Karim, 2007).

6.2 Resistans mot uttorkning

Resistans mot torka delas i äldre litteratur in i två grupper; undvikande eller senareläggning (av uttorkning) och uttorkningstolerans (Hale och Orcutt, 1987). Taiz and Zeiger efterfrågar däremot en tredje kompletterande grupp kallad uttorkningsundvikare (drought escapers) (Taiz and Zeiger, 2002).

Toleransen kan bestå i justering av osmosen. Ökning av cellernas potential till osmos som triggas av stress hjälper växten att bibehålla turgor (Hale och Orcutt, 1987). Bladen hos växterna är ett organ med stor förmåga till anpassning efter rådande förutsättningar. Speciellt unga blad men även äldre påverkas och utvecklas långsammare och uppnår inte samma storlek av bladytan som vid fördelaktigare förutsättningar. Minskad bladyta ger minskad solexponering, transpiration och därmed minskad vattenförbrukning. Bladens minskade yta kan ses som en utveckling till resistans mot uttorkning. En annan respons är ökad tillväxten av vaxlagret hos kutikula och/eller utvecklingen av behåring. Båda dessa skyddar mot avdunstning i epidermis och reflekterar bort viss del av solinstrålningen, vid förtjockat vaxlager minskas även förbrukningen av koldioxid (CO₂) permanent men fotosyntesen förändras ej (Taiz and Zeiger, 2002). Bladbehåringen fungerar som isolering och skapar behagligare mikroklimat närmast bladytan. Reduceringen av bladytan inträffar tämligen snabbt, ibland innan stomata- eller fotosyntetiska reaktioner sker. Efter att bladen är fullt utvecklade kan andra former av adaptation ske, bladen kan utveckla förlängd bladstjälk och förändra bladvinkel eller till och med rulla ihop sig för att undkomma solstrålningen. Rullade blad är under sommaren vanligt förekommande hos olika sorters gräs (Hale och Orcutt, 1987). Bristfällig vattentillgång stimulerar abskission vilket innebär att växten faller sina blad för att motverka vattenförlust, detta är en anpassning som speciellt ökenväxter utnyttjat. Vid svårare uttorkningsstress kan växten i stället för att bara fälla blad fälla hela grenar (Taiz and Zeiger, 2002).

6.4 Värmestress

Värme är en källa till stress som har nära samband med uttorkningsstress. Ofta sker uttorkningen i samband med höga temperaturer. Temperaturstress med torkstress delar många symtom och dessa associeras ständigt med varandra. Vid hög värme minskar transpirationen och stomata sluts (Fitter och Hay, 1987). För vissa växter kan den höga temperaturen påträffas i odlingssubstratet, vilket kan absorbera infraröd strålning från solen, temperaturen kan överstiga förmågan växten har för att hantera temperaturen. Skadan som uppkommer förväxlas ofta som s.k. groddbrand, groddmögel (damping off). Inuti växtdelen kan en mycket hög temperatur byggts upp eftersom värmeavledningen inte fungerar effektivt. De växtdelar som utsätts för direkt solljus har högre temperatur än de som är beskuggade. Symptom av hög temperatur är nekrotiska fläckar, gulaktig marmorering och till sist död. Orsakerna till symptomen varierar (Hale och Orcutt, 1987). På grund av den ökade temperaturen ökar respirationen medan fotosyntesen minskar. Precis som med torka förändras växtens metabolism, många av växtens funktioner går långsammare eller avstannar helt, vävnaden blir svag på grund av brist på energi och bryts ned.

6.5 Värme resistens

Både tork- och värme resistans bygger på samma egenskaper (Taiz and Zeiger, 2002); reflekterande bladhår, förtjockad och vaxartad kutikula, bladrollning, förändring av bladvinkel och förminskade bladytor (Hale och Orcutt, 1987). Vissa ökenväxter fäller sina blad och byter till sommaren ut dem mot vita, håriga och reflekterande blad.

Som respons mot höga och plötsliga temperaturförändringar (Taiz and Zeiger, 2002) kan växter producera proteiner som kallas Heat shock proteins (HSP). Dess funktioner är att hjälpa celler att motstå värmestress genom att agera som eskorter som gör ett motangrepp mot denaturering (förändra någontings naturliga egenskaper) (Wikipedia) och aggregation av proteinet (Karim, 2007). Utan HSP skulle många proteiner som fungerar som enzymer (katalyserar, ökar eller minskar hastigheten på vissa kemiska reaktioner)(Wikipedia) eller strukturella komponenter blir avvikande vilket skulle leda till brist på lämplig enzym-struktur och aktivitet. Växter och många andra organismer har möjlighet till att utveckla varierande mängd HPS som respons till värmeökningar (Taiz and Zeiger, 2002).

6.6 Kylstress

Stress på grund av låga temperaturer delas de in i två grupper; kylning (chilling) och frysning (Freezing). Vid kylning är temperaturen för låg för normal tillväxt men inte låg nog för isbildning (Taiz and Zeiger, 2002). Om växten kyls ned till en ogynnsam nivå reduceras tillväxten och de metaboliska processerna (Fitter och Hay, 1987). Vid nedkylning uppkommer missfärgningar, bladsår och bladverket ser blött och fuktigt ut, som om det varit genomdränkt en längre tid. Om rötterna kyls ned kan växten vissna. (Taiz and Zeiger, 2002). Nekros, nedbrytning av vävnad, reducerad fotosyntes och reducerad vatten absorption kan också förekomma (Hale och Orcutt, 1987). Vid kylning uppkommer temperaturer under vattnets fryspunkt (Taiz and Zeiger, 2002) och iskristaller formas. De uppkommer först i de intercellulära (inter-mellan) mellanrummen mellan växt vävnaderna beroende på en högre fryspunkt än i den intracellulär vätskan. Isbildningarna resulterar i sammanväxning av cellväggar och membran vilket resulterar i allvarliga störningar hos cellerna. Vid temperaturer under nollpunkten minskas vattenpotentialen utanför cellen på grund av iskristallerna, därmed förflyttar de fortfarande flytande vätskan sig ut ur cellen till de intercellulära mellanrummen och orsakar uttorkning i cellen. Detta resulterar tillslut i frysning. (Karim, 2007).

6.7 Kylresistens

Det är inte kylan i sig som är skadlig, utan det är iskristallerna som bildas vid låg temperatur som är skadliga. Vid snabb nedkylning uppkommer endast mindre kristaller som inte är stora nog för att inflika någon mekanisk skada. Däremot bildas större skadligare kristaller vid långsam nedkylning och dessa kan punktera cellvävnader och orsaka stor skada. Det finns en mängd växtproteiner, de påverkas inte av låg temperatur utan av mängden lösta ämnen (Taiz and Zeiger, 2002). De kallas anti frysproteiner (antifreeze) och uppkommer vid låga temperaturer, men så låga som vid fryspunkten (Karim, 2007). Fenomenet är känt som acklimatisering och är involverad i stabiliseringen av plasmamembran och motverkar eller saktar ned bildningen av större iskristaller. Många av de proteiner som är involverade i kylacklimatisering är även involverade i salt- och torksignalering (Taiz and Zeiger, 2002). Det finns många fler aspekter hos kylresistens hos växter men de berör mer lignosgruppen och är därmed inte lika betydelsefullt i relation till ämnet fasadvegetation.

7. Diskussion

7.1 Diskussion

Fasadvegetation har under senare år uppmärksamats mer och mer, dock har det inte fått samma genomslag i Sverige som i sydligare länder som till exempel Frankrike och Tyskland. Det finns ännu inte så mycket skrivet om fasadvegetation, speciellt inte i samband med nordiskt klimat. Från materialet som däremot finns, talas det varmt om fasadvegetationens gynnsamma inverkan stadsklimatet. En rimlig fråga då är varför vi inte använder oss mer av fasadvegetation här i Sverige. Det är svårt att ge ett klart svar på detta. Min hypotes är att en stor aspekt är osäkerheten hos företagen, både de som beställare men även de som utför installationen. Denna osäkerhet har lett till att fasadvegetation har blivit en relativt oprövad form av stadsgrönska vilket hindrar den från att få ett fast grepp på marknaden. Fasadvegetation är en avancerad och kostsam installation. Om företag ska våga satsa på en sådan stor investering krävs det ett förtroende bakom produkten, speciellt i och med att produkten i det här fallet är ett levande medium och inget föremål. Förtroende skapas bäst på tillförlitlig fakta som i det här fallet saknas, i form av data. Det krävs information för ett simuleringsprogram för att skapa en bild av det urbana mikroklimatet och byggnadernas energibalanser. Än så länge saknar vi denna information anpassad till det nordiska klimatet. I stället har vi förlitat oss mycket på information från Tyskland som ur växtsynpunkt har ett mer gynnsamt klimat och därför inte är helt pålitlig i Nordiska förhållanden. Med positiva resultat som påvisar att vegetationsväggar fungerar framgångsrikt blir det lättare att nå ut till företag och på samma gång påvisa de goda egenskaperna hos fasadgrönska.

Andra aspekter med anknytning till den svenska marknaden är att fasadvegetation är en stor investering som också består av en relativt avancerad design, för att inte tala om skötseln. Dessa är aspekter som kan komma att skrämman iväg många investerare. Skötseln kan ha en speciellt negativ inverkan eftersom det inte alltid är självklart hur den går till.

I länder som USA och Japan har vegetationsväggar fått stort genomslag. En fråga som dyker upp är om det kan ha någon anknytning till deras stadsuppbyggnad. Sverige är inte särskilt känt för sina storstäder. Kan det vara så att de större städerna lider mer av effekterna av UHI och därför ”får” större fördelar med fasadvegetationen men också större behov av dem.

En viktig aspekt till varför fasadvegetation inte fått sitt stora genomslag i stadslandskapet i Norden är förstås klimatet. När det talas om vegetation i kombination med Norden är ofta klimatet en negativ sida. Att skapa lika färgsprakande och exotiska skapelser som Patrick Blanc kan vara svårt men det finns förutsättningar till att skapa vackra och fungerande fasadvegetation även i Norden, så länge det finns växtlighet finns det förutsättningar. Det är inte klimatet i sig som är problemet. Det är bristande kunskap. Den mest kritiska tiden för växter är under övergången från vinter till vår då temperatur och fukt kan ha stora variationer och oväntade frostnätter kan förekomma. Istället för att se hela klimatet som ett problem är det bättre att definiera vad som är den kritiska faktorn för vegetationen och välja arter därefter.

Det finns många goda egenskaper med att installera vegetationsgrönka. Med fördelarna finns det även många frågor. Till exempel hur stora de positiva effekterna är. En i synnerhet viktig fråga är hur god fasadvegetationens isolerande förmåga är. Rosenlund menar att fasadgrönka inte alls har någon isolerande effekt hos redan isolerade moderna byggnader. Kokogiannakis, och Darkwa anser däremot att fasadgrönka i varje fall kan ge mindre isolerande fördelar även hos redan isolerade byggnader. Många är däremot överens om att fasadgrönka har störst isolerande effekt hos äldre, dåligt isolerade hus. Den isolerande förmågan varierar självklart med klimatet och infrastrukturen vilket skulle förklara de olika resultaten av isolering.

En annan rådande fråga är hur stadsvegetation påverkar mängden skadliga luftpartiklar. Detta är en diskussion som skapat många frågor, fler än den har besvarat. Diskussionen har bildat olika grupperingar. Rowe, Sheweka och Magdy hävdar att växter kan reducera luftföroreningar medan det finns många andra som ställer sig negativa till påståendet, andra menar till och med att växter kan försämra luftkvaliteten. Personligen anser jag det ytterst tvivelaktigt att växter skulle försämra luftkvaliteten, däremot ställer jag mig inte heller helt positiv till att de skulle förbättra den.

Hur väl något av dessa påståenden stämmer eller inte går inte att klargöra i dagsläget, det enda klara i hela diskussionen är att det behövs mer forskning i frågan, innan några fler antaganden görs.

Många frågar sig hur lång hållbarheten är för en fasadvegetation. Hur lång är livslängden hos en fasadvegetation? Hur länge håller en park? Det går inte att direkt jämföra fasadgrönka med parker, de har vissa gemensamma nämnare men även många skillnader. För att besvara

frågan bör man komma ihåg att hela installationen består av tre delar; vegetationen, fasaden som infrastruktur och den hydroponiska konstruktionen i sig. Enligt Patrick Blanc är hållbarheten lång hos fasadvegetationen, han har exempel som hållit i flera decennier. Det låter positivt men så enkelt är det inte. Eftersom många av dessa är fasadvegetation för inomhusbruk, och de från utomhusmiljö som har sitt ursprung från mildare klimat blir inte helt tillförlitliga i nordiska förhållanden. Det påvisar självklart inte att fasadvegetationen inte skulle ha en bra hållbarhet i Norden, men att endast lita på fakta hämtat från platser med skilda förutsättningar är aldrig att rekommendera. Min personliga åsikt är att det inte kommer vara någon större problematik med hållbarheten så länge den hydroponiska grundkonstruktionen fungerar. En fråga skulle kunna vara hur väl materialet i installationen klarar av klimatpåverkningar som kyla, hetta och olika väderlekar, denna fråga är central när det talas om hållbarheten över tid. Husfasaden bör inte ta någon skada, bland annat Perini, et al. (2011) skriver att växtligheten skyddar fasaden mot bland annat UV-strålning som verkar negativt och får byggmaterialet att åldras snabbare. Vad det beträffar växtmaterialet är det alltid svårt att tala om livslängd. Vissa arter klarar sig bättre än andra, som helt enkelt får bytas ut. Ett smärre problem hos växtligheten hos vegetationstak är att fåglar är speciellt intresserade av nyplanterat växtmaterial och därmed plockar upp och flyttar dem, men detta är som sagt bara en parentes. Hållbarheten hos fasadvegetation bör inte vara ett problem om installation, design och skötsel är väl utförda.

Något som jag personligen har frågat mig själv är varför takvegetation på en sådan kort tid fått sådant genombrott i jämförelse med vegetationsfasader. De är ju två vegetationsformer som har flera gemenskaper. Den första och viktigaste punkten skulle jag säga är komplexiteten hos anläggningen. Takvegetation är ju en horisontell installation medan växtfasader är vertikala och därmed är mycket mer komplexa. Takträdgårdar är trädgårdar förflyttade till en i stadssammanhang mindre brukligt utrymme. Fasadvegetation kräver en helt ny konstruktion som inte bara förser växterna med vatten och näring utan också ska vara relativt lätthanterad och lättinstallerad. Den vertikala vegetationen kräver en mer avancerad design än den horisontella i och med det varierande mikroklimatet, tillgången till vatten varierar inom växtväggen tillsammans med sol och vind. Detta gör att det krävs en mer genomtänkt och avancerad design hos den vertikala konstruktionen än den horisontella. Däremot, en fördel den vertikala vegetationen har gentemot den horisontella är att den är mer lättillgängliga för offentligheten. Eftersom takvegetationen befinner sig på relativt otillgängliga och i många fall privata utrymmen är det lätt att de blir osynliga för

offentligheten. I vissa sammanhang skapar de ett vackert taklandskap, men detta märks inte av från gatuplanet på samma sätt som fasadvegetation. Däremot är inte fasadvegetation fysiskt tillgänglig i samma avseende som takvegetation. Båda formerna har sina för- och nackdelar och en fördel de båda delar är att de är två utmärkta vegetationsformer för trängre utnyttjade lägen. Kort sagt tror jag att osäkerheten i konstruktionen och ett sådan ovanlig växtform har gett fasadvegetation oförtjänt många hämningar i jämförelse med takvegetation.

Fasadvegetation i stadslandskapet är en vegetationsform värd att satsa på. Vad som krävs för att den ska få sitt genombrott och en bredare marknad är säker fakta som är baserat på nordens klimat och förutsättningar. Informationsbristen är dess svagaste punkt, och det som kompetensen bör läggas på.

7.2 Metoden

Att göra en litteraturstudie var för mig naturligt då marknaden hos fasadvegetation i Sverige inte är särskilt utbredd och därmed ger mindre utrymme till studiebesök och intervjuer. Litteraturstudien är baserad på information och fakta hämtad från forskningsartiklar, tryckta källor och till viss del internet. Dock har jag fokuserat på att till så stor del som möjligt använda mig av informationen från forskningsartiklarna då jag anser dem vara tillförlitliga källor med trovärdig fakta. Informationen från böcker och internet användes mer kompletterande till artiklarna

Jag hade velat rikta arbetet mer till fasadvegetation i Norden men detta var svårt när det som sagt inte finns någon större nordisk marknad för fasadvegetation. Att belysa vegetationens fördelar gentemot stadsklimatet var för mig speciellt viktigt. Det hade varit intressant att utöka litteraturstudierna med intervjuer och eller besök. Detta hade dock varit svårt när tiden som så ofta går snabbare än väntat. Om arbetet hade gjorts mer omfångsrikt hade det varit fördelaktigt om kursen haft större omfattning.

En relativt stor del av arbetet består av en studie rörande växtfysiologi och växters påverkan av olika stressformer. Denna del kan ses överflödigt eller malplacerad men jag anser den vara viktig och relevant. För att förstå problematiken med fasadvegetation i Norden bör man ha en insikt i växtfysiologi eftersom många problem beror på det rådande klimatet i Norden. För att förstå ett problem är det viktigt att förstå uppkomsten av problemet. Det talas i många

sammanhang om att norden inte har rätt klimat för vissa arter. Detta kan stämma men allt för många gånger anses det näst intill som att vårt klimat är en nackdel när det faktiskt är en tillgång. Jag vill belysa att det är vissa stressmoment som är problematiska och inte hela klimatet. Därför anser jag att fysiologidelen i det här arbetet har en viktig roll.

Nackdelar med att göra en litteraturstudie är att läsaren sällan får en verklig bild av ämnet. För att få en helhetsuppfattning bör så många aspekter som möjligt innefattas. Intervjuer är ett bra sätt att få olika åsikter och uppfattningar och att faktiskt personligen ställa frågor som kanske inte tagits upp i litteratur eller liknande. Detta skapar däremot en problematik, vid ett sådant relativt kort arbete.

Fördelarna med litteraturstudier är att informationen vid flesta fall är tillförlitlig och att den kan på ett relativt lätt sätt ge en överblick i ett ämne. Litteraturstudier är lätta att bygga vidare på i fall det finns vidare intresse i ämnet och de kan göras relativt lättförståeliga. I fall det görs litteraturstudier på företag brukar två återkommande fördelar vara att de är billiga att utföra och snabbt ger resultat, det sistnämnda kan i och för sig variera vida beroende på förutsättningar och olika faktorer.

8. Avslutande reflektioner

I början av arbetet satt jag upp två frågeställningar som arbetet skulle besvara; Hur kan fasadvegetation påverka stadsklimatet och hur kan växter påverkas av nordiska växtväggar ur stressynpunkt. Jag anser att de är besvarade, dock var frågan angående fasadvegetationens påverkan på stadsklimatet lättare att besvara än frågan relaterad till klimat stress. Jag anser det viktigt att diskutera vad det är som gör klimatet till en sådan riskfaktor, eftersom klimatet är en central faktor i frågan varför fasadvegetation i stadsklimat inte förekommer i norden i någon omfattning.

Jag skulle inte kalla det ”aha-upplevels” men jag har under arbetets gång insett hur felaktigt det är att säga att Norden har ”fel” eller ”dåligt” klimat. Nordens klimat är ingen disfavör utan en förmån. Bara för att tropiskt växtmaterial inte är gynnsamt i norden betyder det inte att det inte är ett förmånligt klimat, det handlar bara om att använda sig av rätt växtmaterial. Efter arbetet har jag även fått en större förståelse för stadsvegetation i sig och komplexiteten i

fasadvegetation och varför den inte används mer i Norden. Till skillnad från mer typisk vegetation består fasadvegetation av flera olika beståndsdelar som kräver speciella kunskaper.

Min viktigaste slutsats är att det i teorin är fullt möjligt att installera fungerande vegetationsväggar i det nordiska klimatet. Vad som saknas är klimatdata rörande klimatets påverkan på växtmaterialet och kunskaper rörande lämpligt växtmaterial och dess formgivning. Jag är positiv till att fasadvegetation har mycket att ge staden.

Fasadvegetation eller stadsvegetation i sig är värt att fokusera och forska mer på, och det blir allt viktigare när stadsförtätning sker i en sådan stor utsträckning som idag. Om jag skulle fortsätta att studera fasadvegetation skulle det vara intressant att fokusera mer på utformningen och växtmaterialet, självklart vore det också spännande och intressant att vara med om installationen av en växtfasad. Fortsatta studier behöver ju självfallet inte bara fokusera på fasadvegetation, utan kan handla om stadsfokuserad vegetation i sig. Jag tycker ämnet stadsvegetation är väldigt intressant och vill gärna fortsätta att studera detta i framtiden. I sådana fall skulle det vara spännande att jämföra olika former av stadsvegetation eller hur människor påverkas av vegetation och dess eventuellt varierade former. Om någon annan skulle känna sig intresserad att fortsätta studera fasadvegetation skulle vidare frågor kunna vara studier angående mikroklimatet inom växtfasaden. Inte minst behövs det mer forskning i om vegetation påverkar mängden luftpartiklar i bland annat staden. Det finns mycket att studera vidare om i ämnet, så länge det finns intresse och potential.

För mig har arbetet haft betydelse för det har gett mig djupare insikt om fasadvegetationens olika sidor och svårigheter. Det har gett mig chans att fördjupa mig i ett ämne jag själv valt och har intresse inom. För läsaren tror jag arbetet kan fungera som en introduktion till fasadvegetation i staden. Det innehåller en mängd information men är likväl relativt lättläst och kan då vara ett lättare alternativ till böcker eller mer avancerade artiklar.

Fasadvegetation i stadslandskap är på sin utvecklingsfas och jag tvivlar inte på att det kommer att utvecklas och användas mer i framtiden. Men det behövs flera studier och mer forskning i framtiden för att konceptet ska fungera felfritt i Norden. Jag hoppas på att det inom en inte allt för snar framtid ska bli möjligt att skåda Sveriges första ”gröna byggnad”.

9. Tack

Ett stort tack till min handledare Ann-Mari Fransson som har varit till stor hjälp under arbetets gång och flera gånger tagit sig tid att korrektur läsa det. Tack till Tobias Emilsson som har stått för examinationen av mitt arbete.

10. Bildförteckning

s. 1. Bild 1, Foto: Lauren Manning (2006).

Musée du Quai Branly

Maj 17, 2012. (CC BY 2.0)

<http://www.flickr.com/photos/laurenmanning/2970239081/>

s. 12. Bild 2, Foto: Malin Aggebrandt, Norrköping, 2011-07-27.

s. 12. Bild 3, Foto: Alyson Hurt (2003)

Greenery seems to be taking over the roof of one building in lower Manhattan
(419 Lafayette St)

Maj 19, 2012 (CC BY 2.0)

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Green_City.jpg

s. 13. Bild 4, Foto: Ronald Lu & Partners (2010)

Ronald Lu & Partners Green Wall, Hong Kong 2010

Maj 19, 2012 (CC BY 3.0)

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ronald_Lu_%26_Partners_Green_Wall.jpg

s.14. Bild 5, Foto: Michaeltk (2011).

Berlin Wall Pieces-Paley Park. maj 17, 2012. (CC BY-SA 2.0)

<http://www.flickr.com/photos/michaeltk/6215336914/>

s. 17. Bild 6, Illustration: Malin Aggebrandt (2012)

s. 20. Bild 7, Foto: Malin Aggebrandt. SLU, Alnarp 2012-05-18.

s. 21. Bild 8, Foto: Malin Aggebrandt. SLU, Alnarp, 2012-05-18.

s. 22. Bild 9, Foto: Foto: Rjhuttondfw (2008). Caixa Forum Green Wall:
maj 17, 2012. (CC BY 2.0)
<http://www.flickr.com/photos/rjhuttondfw/2457312917/>

11. Källförteckning

11.1 Elektroniska källor

Emilsson, T. 2005. Extensive Vegetated Roofs in Sweden Establishment. *Development and Environmental Quality*, Sid.7-30.

Fassbinder, H. 2009. Greening the city: Lecture on conference, Biotope City, [online] tillgänglig via: <http://www.biotope-city.net/article/city-rocky-landscape-surtsey-and-zuidas-amsterdam>.

http://sv.wikipedia.org/wiki/Le_Corbusier (2012) [online] tillgänglig via www.Wikipedia.com 2012-05-10.

<http://sv.wikipedia.org/wiki/Prolin> (2012) [online] tillgänglig via www.Wikipedia.com 2012-05-10.

<http://www.hydrogarden.se/odlingsguiden> (2012) [online] tillgänglig via www.hydrogarden.se 2012-05-10.

Jämtlands läns museum, (2005) *Byggnads traditioner i gränstrakter: takvandringar på Jamtli*. <http://www.grenstrakter.org/download.php?objectId=102> [online] tillgänglig via: <http://www.grenstrakter.org> 2012-05-18.

Malmö grönsplan. 2003. <http://www.malmo.se/Medborgare/Stadsplanering--trafik/Stadsplanering--visioner/Oversiktsplaner--strategier/Gronplan-for-Malmo-2003.html> [online] tillgänglig via: www.malmö.se

Persson, B. 1999. Grönytefaktor Bo01. <http://www.malmo.se/Medborgare/Miljo--hallbarhet/Strategiskt-miljoarbete-i-Malmo-stad/Miljoprojekt/Hallbar-stadsutveckling/Vastra-Hamnen---Bo01.html> tillgänglig via: www.malmö.se

Zinco, 2012. Produkt katalog: *Vertigreen facade greening for indoor and outdoor areas*, [online] tillgänglig via: www.zinco-greenroof.com

11.2 Tryckta källor

Blake, A. 2008. *Urban parks; pocket parks*. <http://www.svd.se/kultur/understrecket/den-hallbara-staden-ar-bade-tat-och-gron> 2231003.svd [Online]

Bradley, R.D. 2011. Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution*. (159) 2100 – 2110.

Dunnett, N. And Kingsbury, N. 2005. Planting green roofs and living walls.

Fitter, H. and Hay, R.K.M. 1987. Environmental physiology of plants. Academic press. pp 128-224.

Francis, A.R. 2010. Wall ecology: A frontier for urban biodiversity and ecological engineering. *Progress in Physical Geography*. (35) 43–63.

Grahn P. and Stigsdotter, U.A. 2003. Landscape planning and stress Urban For. *Urban Green. Urban Forestry & Urban Greening*. (2) 1–18.

Grahn, P. and Stigsdotter, U.A. 2001. Stressed individuals' preferences for activities and environmental characteristics in green spaces. *Urban Forestry & Urban Greening* (10) 295–304.

Hale M.G. and Orcutt, D.M. 1987. The physiology of plants under stress, *Jhon Wiley & Sons*. 11-60.

Höglund, S. 2010. *Vertikala trädgårdar - Ett grönt verktyg i planeringen av framtida urbana miljöer*. 10-25.

Karim, S. 2007. Exploring plant tolerance to biotic and abiotic stresses. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, (58) 10-21.

Katharina M.A., Gabriel, Wilfried R. Endlicher, 2011. Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. *Environmental Pollution* (159) 2044-2050.

Kokogiannakis, G., Tietje, A. and Darkwa, J. 2011. The role of Green Roofs on Reducing Heating and Cooling Loads: a Database across Chinese Climates. *Procedia Environmental Sciences*. (11) 604 – 610.

Lundholm, J. J., MacIvor, S., MacDougall, Z. and Ranalli, M. 2010. Plant Species and Functional Group Combinations Affect Green Roof Ecosystem Functions. *PloS one*, Vol. 5 (3), pp. 9677.

Oberdorfer, E., Lundholm, J., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Köhler, M., Karren K.Y. liu, D. and Bradley, 2007. Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. *BioScience*, 57(10): 823-833.

Osmond, C. B., Austin, M. P., Berry, J. A. Billings, W. D., Boyer, J. S., Dacey, J. W. H., Nobel, P. S., Smith, S. D. and Winner, W. E. 1986. Stress Physiology and the Distribution of Plants the survival of plants in any ecosystem depends on their physiological reactions to various stresses of the environment. *BioScience*, Vol. 37, No. 1., How Plants Cope: Plant Physiological Ecology (Jan., 1987). Sid 38-42.

Perini, K., Ottelé, M., Haas, E.M. and Raiteri, R. 2011. Greening the building envelope, façade greening and living wall systems. *Building and Environment*. (46) 22-88.

Renterghem, T.V. and Botteldooren, D. 2008. Reducing the acoustical façade load from road traffic with green roofs. *Building and Environment*. (44) 1081–1087.

Sheweka, S. and Magdy, A.N. 2011. The Living walls as an Approach for a Healthy Urban Environment. *Energy Procedia* (6) 592–599.

Taiz and Zeiger, (2002). *Plant physiology*. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Sid. 160-609.

Veg tech, 2012. *Vegetationstekning, grönare byggnader för framtidens städer*. Veg tech. Sid 6-15.

Wikberg, J. 2006. Water Relations in *Salix* with Focus on Drought Responses. Printed by: Arkitektkopia AB, Umeå. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*. (48) pp. 2.

11.3 Muntliga källor

Rosenlund, H. (2012-01-26). Föreläsningen: *Vind, Vegetation och Urbant Mikroklimat*, CEC Design, Sweden.