

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet  
Fakultet for samfunnsvitenskap  
Institutt for landskapsplanlegging

Masteroppgave 2014  
30 stp

# **Vertikal beplantning/grønne vegger - en kunnskapsbank for videre utvikling i Norge**

Vertical Greening/Green Walls  
- a Knowledge Repository for Further  
Development in Norway

Malin Hjerpaasen

A vertical garden wall is the central focus, densely packed with a variety of plants including large green leaves, purple foliage, and small yellow flowers. To the right, a modern building with large glass windows and a dark frame is visible. The ground in the foreground is a wooden deck. The overall scene is bright and lush.

# VERTIKAL BEPLANTNING /GRØNNE VEGGER

# BIBLIOTEKSIDE

## TITTEL

Vertikal beplantning/grønne vegger  
-en kunnskapsbank for videre utvikling i Norge

## TITLE

Vertical Greening/Green Walls  
- a Knowledge Repository for Further Development in Norway

## FORFATTER

Malin Hjerpaasen

## VEILEDER

Ingrid Merete Ødegård,  
1. amanuensis i landskapsarkitektur,  
Institutt for landskapsplanlegging

## SIDETALL

104

## OPPLAG

5 stk.

## EMNEORD

Vertikal beplantning, grønne vegger, grønne fasader, levende vegger, levende veggssystemer, bærekraftig utvikling, Norge.

## KEYWORDS

Vertical greening, green walls, green facades, living walls, living wall systems, sustainable development, Norway.

# FORORD

Denne masteroppgaven markerer slutten på et 5-årig studie i landskapsarkitektur ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven er skrevet våren 2014, ved Institutt for landskapsplanlegging ved Fakultet for samfunnsvitenskap og utgjør 30 studiepoeng.

Målet med denne oppgaven er å tilegne og videreformidle kunnskap omkring vertikal beplantning/grønne vegger i urbane miljø, med fokus på utvikling i Norge. Motivasjonen for valg av tema kom av et ønske om få dypere innsikt i hvordan vertikal beplantning kan påvirke det urbane miljøet og menneskene som bor og lever i det.

Jeg vil gjerne rette en stor takk til flere som har bidratt i arbeidet med min masteroppgave:

Min veileder, Ingrid Merete Ødegård ved NMBU, for god faglig veiledning, motivasjon og interessante diskusjoner gjennom hele oppgaven.

Arvid Ekle, for god faglig bistand og motiverende dialog gjennom hele perioden, som ga meg en økt praktisk forståelse for emnet. Jeg ønsker også å takke for reflekterende tanker og svar omkring referanseprosjektene, samt for bildene jeg fikk bruke i oppgaven.

Frode Brurberg, Arne Smedsvig og Stein Wikholm for gode og utfyllende svar omkring referanseprosjektene og bruk av tilhørende bilder i oppgaven.

Arve Heistad, Mark Laurence og Daniel Bell for gode svar på tekniske spørsmål, samt Ingrid Taraldsen for supplerende bilder fra Bergen.

Avslutningsvis ønsker jeg å takke samboerene mine Linn Katrin Nødland og Benedicte Antoinette K. Ender for moralsk støtte, latter og sang gjennom hele semesteret, og Jan Olav H. Kaasa for kjærlighet og omtanke, samt korrekturlesing og konstruktiv tilbakemelding. Jeg ønsker også å takke mine medstudenter som har bidratt til fem fantastiske studieår ved NMBU.

Ås, 14. mai 2014

---

Malin Hjerpaasen  
Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

# SAMMENDRAG

Fortettningspolitikken som føres i norske byer øker nedbyggingen av grøntområder innenfor bygrensene. Dette fører til at det urbane mennesket distanserer seg fra naturen og anser den som noe fjernt som må oppsøkes utenfor de områdene de bor og lever i. En måte å igjen gjøre naturen til en bevisst del av det urbane menneskets hverdag, er å bringe naturlige elementer tilbake til byen. Dette kan man oppnå ved å utnytte byens vertikale flater til å binde sammen eksisterende grøntområder og skape en sammenhengende grønnstruktur. Dersom de vertikale arealene blir utnyttet kan man oppnå en frodigere by, som gir helse- og miljømessige fordeler.

Vertikal beplantning og grønne vegger er beskrivende begreper for alle typer vertikale (eller nært vertikale) strukturer som er dekket med vegetasjon. Grønne vegger strekker seg fra tradisjonelle grønne fasader dekket med klatreplanter, til moderne levende veggssystemer hvor vegetasjonen plantes vertikalt i et bæresystem som igjen festes til fasaden.

Grønne vegger kan gi mange fordeler til det private og offentlige i samfunnet. Blant annet kan energibruken, den urbane varmøy-effekten og konsentrasjonen av luftforurensning reduseres. På en annen side

kan grønne vegger påvirke miljøet negativt ved å bruke lite miljøvennlige materialer. Det blir argumentert for at de ulike systemene som benyttes til vertikal beplantning er bærekraftige, fordi fordelene de tilbyr veier opp for de negative aspektene. For at dette argumentet skal bli gyldig må det utføres flere omfattende undersøkelser omkring fordelene grønne vegger kan gi, samt grundigere livssyklusanalyser som tar for seg alle de ulike aspektene i livsløpet til en grønn vegg.

Det viser seg at det finnes få norske referanseprosjekter og teknologien har et lavt fokus i offentlig sammenheng. Prosjektene som finnes er nylig opprettet, så det er fortsatt tidlig å trekke slutninger om hvorvidt disse vil fungere godt i norsk klima over lengre tid. Det blir derfor klart at det må foretas ytterligere studier og forsøk, før man kan konkludere i om man bør eller ikke bør anlegge flere grønne vegger i Norge.

I denne oppgaven presenterer jeg avslutningsvis noen anbefalinger til hvilke områder det bør settes fokus på. Både for at man skal kunne svare på om man burde anlegge flere grønne vegger i Norge, samt hvordan denne teknologien i tilfelle kan implementeres i norske byer.

# ABSTRACT

The increasing density of Norwegian cities has led to a reduction of green space within the city limits. This leads to a psychological distance between the city dwellers and nature, which makes them consider nature as something distant that may only be sought out outside of their own living habitat. To once again make nature a part of the urban everyday life we have to bring nature back to the cities. This can be achieved by utilizing the vertical surfaces in the city to bind together the existing green spaces, and thereby create a connected green infrastructure. If the vertical spaces are utilized, one can achieve green cities with major benefits to public health and the urban environment.

Vertical greening and green walls are descriptive terms for all kinds of vertical (or near vertical) greened surfaces. Green walls ranges from traditional green facades covered with vines or climbers, to modern living wall systems where vegetation is planted vertically in complicated systems that are attached to the facade.

Green walls can provide many private and public benefits to society, by reducing energy use, the urban heat island effect and the concentration of air pollutants, as well as by improving people's health and well being and by increasing the visual green infrastructure

in our cities. On the other hand, some green wall systems has the potential to negatively affect the environment through the use of environmentally harmful materials. It is argued that the different systems used for vertical greening are sustainable because the benefits they offer outweigh the negative aspects. For this argument to be valid it must be carried out more extensive research about the benefits green walls can provide, as well as thorough life cycle analysis that deals with all aspects of a green wall life cycle.

It turns out that there are only a few Norwegian reference projects and that the technology has a low focus in public settings. All of the reference projects were installed quite recently and it is still too early to say whether these have performed as expected. It is therefore clear that there has to be conducted further studies and trials before concluding in whether one should or should not construct more green walls in Norway.

As a conclusion to this thesis I present some recommendations for different areas that I believe should be targeted for further investigation if we want to elucidate whether or not we should establish more green walls in Norway, as well as how this technology can be implemented in Norwegian cities.

# INNHALDSFORTEGNELSE

BIBLIOTEKSIDE.....	I	HYDROPONISK LEVENDE VEGGSYSTEMER.....	31
FORORD.....	II	GRODAN MODULSYSTEM.....	33
SAMMENDRAG.....	III	EKSEMPEL PÅ GRØNN VEGG AV BIOTECTURE BIOWALL.....	34
ABSTRACT.....	IV	FILTSYSTEM.....	35
		EKSEMPEL PÅ GRØNN VEGG AV MUR VÉGÉTAL.....	36
<b>INNLEDNING</b> .....	<b>1</b>	KLIMATISKE PÅVIRKNINGER.....	37
BAKGRUNN FOR VALG AV OPPGAVE.....	1	LOKALKLIMA.....	37
BEGRENSNINGER.....	1	VIND.....	37
MOTIVASJON OG MÅL.....	2	PLASSERING OG HIMMELRETNING.....	38
OPPGAVEDISPOSISJON.....	2	SKJØTSEL AV GRØNNE VEGGER.....	39
METODE.....	3	KOSTNAD VED INSTALLASJON.....	40
BEGREPSAVKLARING.....	4	OPPSUMMERING.....	41
<b>DEL 1</b> .....	<b>7</b>	<b>DEL 2</b> .....	<b>43</b>
<b>VERTIKAL BEPLANTNING/GRØNNE VEGGER</b> .....	<b>7</b>	<b>VERTIKAL BEPLANTNING I ET BÆREKRAFTIG PERSPEKTIV</b> .....	<b>43</b>
VERTIKAL BEPLANTNING/GRØNNE VEGGER.....	9	BÆREKRAFTIG UTVIKLING.....	45
VERTIKAL BEPLANTNING I ET HISTORISK PERSPEKTIV.....	10	FORDELER MED GRØNNE VEGGER.....	46
GRØNNE FASADER.....	10	PRIVATE FORDELER.....	46
EKSEMPEL PÅ MODERNE BRUK AV GRØNNE FASADER.....	12	TEMPERATURKONTROLL OG REDUSERT ENERGIBRUK.....	46
LEVENDE VEGGER.....	13	STØYISOLERING.....	47
VERTIKAL BEPLANTNING - EN OVERSIKT.....	17	KOSTNADREDUKSJON VED	
GRØNNE FASADER.....	18	INTEGRERING MED BYGNINGSKROPPEN.....	48
ESPALIER.....	19	ØKT MARKEDSPRIS.....	48
MODULBASERT ESPALIER.....	19	BESKYTTELSE AV BYGNINGSFASADEN.....	48
VAIER- OG RUTENETTSYSTEM.....	19	OFFENTLIGE FORDELER.....	49
KLATREPLANTER.....	20	REDUSERT UHI-EFFEKT.....	49
ROTKLATRERE.....	21	REDUSERT LUFTFORURENSNING.....	51
SLYNGPLANTER.....	22	SVEVESTØV.....	51
KLENGEKLATRERE.....	22	KARBONDIOKSID.....	52
EGENTLIGE KLATREPLANTER.....	23	EKSEMPEL PÅ BRUK AV GRØNN VEGG	
LEVENDE VEGGER.....	24	TIL Å MOTARBEIDE LUFTFORURENSNING.....	52
SPONTAN VEGGVEGETASJON.....	25	VANNHÅNDTERING OG RENSING.....	53
KUNSTIG VEGGVEGETASJON.....	25	BEDRET FOLKEHELSE OG VELVÆRE.....	54
VEKSTBETONG.....	25	MULIGHETER FOR URBANT LANDBRUK.....	55
BIOLOGISK BETONG.....	25	EKSEMPEL PÅ BRUK AV	
LANDSKAPSVEGGER.....	26	GRØNN VEGG TIL URBANT LANDBRUK.....	55
LEVENDEVEGGSYSTEMER.....	27	ØKT VISUELL GRØNNSTRUKTUR.....	56
VEGETASJON.....	27	ØKT BIOLOGISK MANGFOLD.....	56
LEVENDE VEGGSYSTEMER BASERT PÅ VEKSTJORD.....	28	BIDRAG TIL ESTETIKK OG URBANT DESIGN.....	56
LEVENDE VEGGSYSTEMER BASERT PÅ PLANTEBOKSER.....	29	LIVSSYKLUSANALYSE.....	57
EKSEMPEL PÅ GRØNN VEGG AV GREEN LIVING™ WALLS.....	30	METODE.....	57
		LIVSSYKLUSANALYSE AV VERTIKAL BEPLANTNING.....	59
		KONKLUSJON.....	61

DEL 3	
VERTIKAL BEPLANTNING I NORGE	63
STATUS I NORGE.....	65
UTFORDRINGER.....	66
KLIMASONER.....	67
PLANTEVALG.....	68
VINTERSITUASJON.....	69
NORSKE REFERANSEPROSJEKTER.....	70
PRIVAT TESTVEGG, TRONDHEIM.....	71
RIGEDALEN, KRISTIANSAND.....	73
ORANSJERIET, STAVANGER.....	75
DANMARKSPASS, BERGEN.....	77
OPPSUMMERING.....	79
DEL 4	
DISKUSJON & ANBEFALINGER	81
GRØNNE VEGGER I NORGE	
- EN DISKUSJON RUNDT HOVEDPROBLEMSTILLINGEN.....	83
ANBEFALINGER.....	86
GRØNNE VEGGER KAN IMPLEMENTERES VED:.....	86
OMRÅDER SOM DET MÅ FOKUSERES PÅ ER:.....	86
AVSLUTNING	87
REFLEKSJON.....	88
BIBLIOGRAFI.....	89
REFERANSEPERSONER.....	91
BILDELISTE.....	92
FIGURLISTE.....	94

# INNLEDNING

## BAKGRUNN FOR VALG AV OPPGAVE

Fortettningspolitikken som føres i de store byene i Norge fører til nedbygging av de grønne områdene innenfor bygrensene, og skaper et habitat for mennesket som er fylt av asfalt, betong og andre harde overflater. Det urbane mennesket ser ikke lenger på natur som noe nært og hverdagslig, men heller noe fjernt som må oppsøkes utenfor byens rammer.

Denne avstanden som oppstår mellom mennesket og naturen går ut over menneskets medfødte emosjonelle trang til å omgi seg med andre levende organismer. Dette fører til redusert velvære og har helsemessige konsekvenser for den urbane befolkningen (Wilson, 2011). Ved å skape en sammenhengende grønnstruktur kan man bringe naturen tilbake til byen, samt gjøre den til en bevisst del av det urbane menneskets hverdag.

I store deler av verden har det de siste årene blitt et stadig større fokus på anleggelse av vegetasjon på bygningsfasader. Moderne byer tilbyr enorme områder med veggplass som strekker seg høyt over gatenivå. Ikke alle disse områdene vil være egnet for dyrking av planter, men en økt utnyttelse av de områdene som er egnet vil tilføre byene våre frodige innslag, som kan ha store helse- og miljømessige fordeler.

Det kan være utfordrende å anlegge grønne vegger i Norge på grunn av de utfordrende klimatiske forholdene samt et smalere planteutvalg. Det er også usikkert om det å

bruke vertikal beplantning til å gjøre byene våre grønnere lønner seg i lengden, samt om systemene som benyttes er bærekraftige. På bakgrunn av dette har jeg valgt problemstillingen:

**BØR MAN ANLEGGE VERTIKAL BEPLANTNING/GRØNNE VEGGER I NORGE, OG HVORDAN KAN DENNE TEKNOLOGIEN I TILFELLE IMPLEMENTERES I NORSKE BYER?**

Med underproblemstillingene:

**HVA ER VERTIKAL BEPLANTNING/GRØNNE VEGGER?**

**ER VERTIKAL BEPLANTNING/GRØNNE VEGGER BÆREKRAFTIG?**

**HVILKEN STATUS HAR VERTIKAL BEPLANTNING/GRØNNE VEGGER I NORGE?**

## BEGRENSINGER

Grønne vegger kan anlegges både inne og ute, men jeg har i denne oppgaven valgt å kun fokusere på utendørsvegger. Dette valget har blitt tatt fordi beplantning innendørs ikke vil ha noen innvirkning på den overordnede urbane grønnstrukturen, og fordi det vil være et tema som går utenfor en utdannelse innen landskapsarkitektur.

## MOTIVASJON OG MÅL

Under en studiereise til Paris med Terra Forma (ILPs linjeforening) fikk jeg muligheten til å se flere av Patrick Blancs grønne vegger, som både facinerte og ga mersmak. Jeg synes det var spesielt interessant å se hvordan omtrent alle studentene og mange forbigående gikk bort og tok på veggene. Jeg så hvordan vertikal beplantning påvirket menneskene i nærheten og hvordan slik vegetasjon kan skape en økt bevissthet omkring urban vegetasjon.

Det å bruke nye og innovative løsninger for å innføre vegetasjon til byene våre ser jeg på som svært viktig. Det var også dette som motiverte meg til å velge grønne vegger som tema for denne masteroppgaven.

### MÅL

Gjennom denne oppgaven har jeg som mål å tilegne og videreformidle kunnskap om vertikal beplantning i urbane miljøer, med fokus på utviklingen i Norge.

## OPPGAVEDISPOSISJON

I den første delen av oppgaven presenterer jeg hva vertikal beplantning er og hvordan vertikal beplantning har utviklet seg gjennom historien. Videre ser jeg på hvordan man skiller mellom ulike former for vertikal beplantning, samt presenterer et utvalg ulike teknikker og systemer som benyttes i moderne grønne vegger.

I den andre delen går jeg inn på hva bærekraftig utvikling er og forsøker å belyse hvorvidt ulike former for vertikal beplantning er bærekraftige. Jeg presenterer hvilke ulike private og offentlige fordeler grønne vegger gir, samt legger frem resultatene fra en livssyklusanalyse av fire ulike grønne vegger, utført av Ottelé et al (2011).

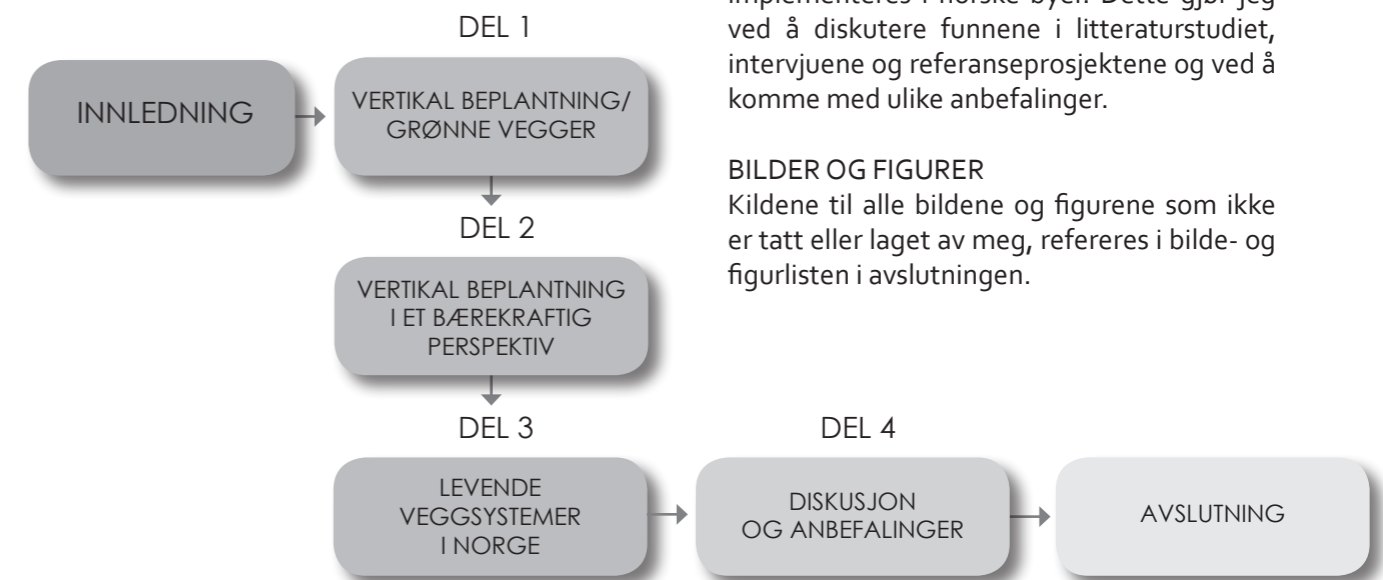
I del tre fokuserer jeg på hvilken status vertikal beplantning har i Norge og hvilke utfordringer man står overfor ved anleggelse av grønne vegger i norsk klima. Her presenterer jeg også fire ulike norske referanseprosjekter for å se hva som har fungert og ikke fungert ved anleggelse av grønne vegger i Norge.

I den fjerde og siste delen drøfter jeg hvorvidt man bør anlegge vertikal beplantning i Norge og hvordan denne teknologien kan implementeres i norske byer. Dette gjør jeg ved å diskutere funnene i litteraturstudiet, intervjuene og referanseprosjektene og ved å komme med ulike anbefalinger.

### BILDER OG FIGURER

Kildene til alle bildene og figurene som ikke er tatt eller laget av meg, refereres i bilde- og figurlisten i avslutningen.

Figur: 0.1 Oppgavedisposisjon



# BEGREPSAVKLARING

## METODE

I denne oppgaven har jeg brukt en kombinasjon av ulike metoder for å svare på problemstillingene.

### LITTERATURSTUDIE

For å kunne svare på hoved- og underproblemstillingene og for å få en forståelse av temaet, foretok jeg en bred litteraturstudie. I oppgaven benyttet jeg meg av et stort utvalg av relevant faglitteratur, i form av bøker, forskningsrapporter, vitenskapelige og elektroniske artikler. Det finnes omtrent ingen norsk litteratur omkring emnet, og oppgaven baseres seg derfor i hovedsak på utenlandsk litteratur. På bakgrunn av dette har det vært viktig å være kritisk til forskning foretatt i andre klimatiske forhold, hvor klimaforholdene er relevante i forhold til resultatene.

### INTERVJU

For å samle inn praktiske erfaringer som ikke er skrevet ned og for å få ytterligere informasjon omkring temaet, var jeg i kontakt med flere relevante nøkkelpersoner innenfor fagmiljøet. Informasjonen ble innhentet enten ved delvis strukturerte intervjuer eller

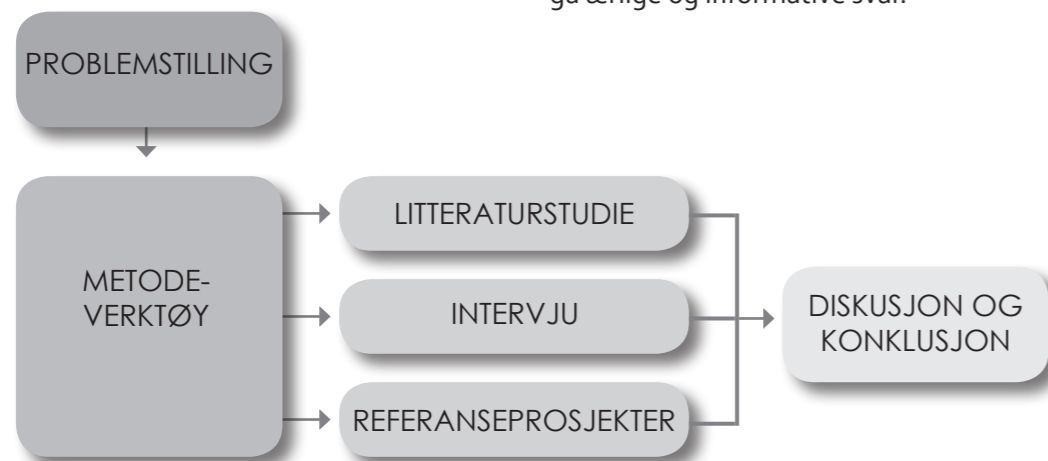
e-postintervjuer. Flere av informantene var av geografiske årsaker vanskelig å møte, og jeg lot derfor informanten velge mellom telefonintervju eller e-postintervju.

### REFERANSEPROSJEKTER

For å få en oversikt over hvilke anlegg som finnes, samt hva som har fungert og ikke fungert ved anleggelse av levende veggssystemer i Norge, samlet jeg informasjon omkring fire ulike referanseprosjekter.

Jeg hadde et ønske om å dra på befarings til de ulike referanseprosjektene, men dette lot seg dessverre ikke gjøre, da det verken ble tid eller penger til lengre reiser.

Informasjonen ble innhentet gjennom telefon- og e-post-intervju med leverandører, arkitekter, landskapsarkitekter og anleggsgartnere. Alle aktørene har enten vært en del av design eller installasjonprosessen. En slik involvering i prosjektet kan forårsake at informasjon om negative aspekter omkring prosjektet blir holdt igjen, og kan dermed svekke studiets troverdighet. Selv om dette kan være tilfelle var inntrykket at alle informantene var svært interessert i å styrke kunnskapsbasen rundt dette fagfeltet, samt ga ærlige og informative svar.



Figur: o.2 Metode

### BIOLOGISK BETONG

Betong med biologiske egenskaper som fremmer vekst av alger, mose og andre mikroorganismer (UPC 2012).

### BIOLOGISK MANGFOLD

Variasjonen hos levende organismer av alt opphav, herunder bl.a. terrestriske, marine og andre akvatiske økosystemer og de økologiske komplekser som de er en del av; dette omfatter mangfold innenfor artene, på artsnivå og på økosystemnivå (Miljøverndepartementet 2004).

### BÆREKRAFTIG UTVIKLING

(...) en utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få tilfredsstillende sine behov (World Commission on Environment and Development 1987).

### ESPALIER

Bærekonstruksjon for grønne fasader som enten er frittstående eller festet til fasaden. Systemet består av vaiere eller kabler som festes til en bærestruktur (Hopkins & Goodwin 2011).

### GRODAN

En type steinull produsert av et tysk firma, 'Grodan Group'. Kan brukes som vekstmedie i grønne vegger (Biotecture 2014a).

### GRØNNE FASADER

Grønne vegger hvor fasaden dekkes med klatreplanter. Plantene vokser enten direkte på fasaden eller på en bærekonstruksjon med røttene plantet enten i bakken eller i plantebokser (Hopkins & Goodwin 2011).

### GRØNNSTRUKTUR

Veven av store og små, offentlige og private vegetasjonskledde områder i byer og tettsteder (Halvorsen Thorén & Nyhuus 1994)

### HYDROPONIKK

Hydroponikk er en teknikk for å dyrke planter uten bruk av vekstjord, hvor plantene blir tilført næring gjennom vanningssystemet (Lock 2013).

### KLIMASONEKART

Et verktøy for å vise hvilke planter som kan vokse i de ulike delene av landet (Hansen 2000).

### KUNSTIG VEGGVEGETASJON

Levende vegger hvor byggematerialet (eks. vekstbetong og biologisk betong) tillater plantevekst (Ottelé 2011).

### LANDSKAPSVEGG

Denne kategorien omfatter landskapselementer som gabionvegger, støtemurer og støyskjermer, hvor vegetasjonen er en av hovedkomponentene i strukturen (Hopkins & Goodwin 2011).

### LEVENDE VEGGER

Grønne vegger med et vertikalt rotsystem som er festet i veggen eller i en struktur en viss avstand fra veggen (Köhler 2008).

### LEVENDE VEGGSYSTEM

Levende vegger hvor vegetasjonen blir plantet i naturlig- eller unaturlig vekstmedium som forankres til en konstruksjon, som igjen blir festet til et rammeverk eller direkte på veggen (Hopkins & Goodwin 2011).



#### LIVSSYKLUSANALYSE

En metode som benyttes til å anslå hvorvidt livssyklusen til et produkt eller en konstruksjon er bærekraftig (Klöpffer 1997).

#### MODULBASERT ESPALIER

Bærekonstruksjon i sveiset stål for grønne fasader. Bygges opp av tredimensjonale moduler som kan stables eller festes sammen i spenn mellom ulike strukturer (Hopkins & Goodwin 2011).

#### SPONTAN VEGGVEGETASJON

Levende vegger som oppstår i bebygde områder når luftbårne frø spirer i sprekker i fasader eller andre vertikale flater, og begynner å vokse (Hopkins & Goodwin 2011).

#### ´SPRINGBRETT´ KORRIDORER (´STEPPING STONE´ CORRIDORES)

Spredte grøntområder som fungerer som vandringskorridorer for ulike dyrearter (Hopkins & Goodwin 2011).

#### URBAN VARMØY-EFFEKT (URBAN HEAT ISLAND EFFECT)

Oppsamling av solenergi i harde overflater i tettbygde urbane områder som frigjøres i form av varme og hever lufttemperaturen (Asimakopoulos et al. 2001).

#### URBANT LANDBRUK

Dyrking av mat og husdyrhold i urbane omgivelser (Forsberg et al. 2014).

#### VAIER- OG RUTENETTSYSTEM

Bærekonstruksjoner for grønne fasader. Vaiersystemet består av loddrette stålkabler, rutenettsystemet består av stålkabler ordnet i et rutenett (Hopkins & Goodwin 2011).

#### VEKSTBETONG

Et ytterlag av porøs betong som gir rom for vegetasjonsvekst (Ottelé 2011).  
(Se kunstig veggvegetasjon)

#### VERTIKAL BEPLANTNING /GRØNNE VEGGER

Beskrivende begreper for alle slags former for vertikale (eller nært vertikale) strukturer som er dekket med vegetasjon (Köhler 2008).



# DEL 1

**VERTIKAL BEPLANTNING  
/GRØNNE VEGGER**

# VERTIKAL BEPLANTNING

## /GRØNNE VEGGER

Begrepene vertikal beplantning og grønne vegger er beskrivende for alle slags former for vertikale (eller nært vertikale) strukturer som er dekket med vegetasjon. Mange ulike systemer har blitt utviklet de siste årene, både for å plante klatreplanter direkte eller indirekte på fasaden og for å inkorporere planter direkte med veggkonstruksjonen (Köhler 2008). Grønne vegger kan anlegges på både eksisterende og nye fasader, murer, gjerder etc., samt være frittstående. Til tross for dette spekteret av muligheter finnes det fortsatt en del skepsis i bygningssektoren til det å utnytte fasadene til beplantning (fra beslutningstakerne, designeren, arkitekten, byggherren og frem til brukerne). Denne skepsisen kommer tilsynelatende av de mulige ulempene som kan forårsakes av vertikal beplantning: behovet for ekstra skjøtsel, løvfall, veggskader, økt antall insekter og edderkopper i bygningen, eller uforutsette kostnader (Ottel  2011).

Det er mange som er av den oppfatningen at planter kan være skadelige for bygninger, blant annet ved å rive ut mørtel eller ved å ødelegge fuger med røttene sine. Undersøkelser antyder at disse problemene har blitt sterkt overdrevet, med unntak av tilfeller hvor veggen allerede har hatt svakheter før plantene har blitt anlagt (Johnston & Newton 2004).

Bygningfasader utsettes for permanente miljømessige påvirkninger, blant annet UV stråling og sur nedbør, som med tid kan skade bygningen (Köhler 2008). I realiteten vil plantene i de fleste tilfeller faktisk beskytte veggen mot disse påvirkningene. Vertikal beplantning kan derfor ses på som en levende kledning som tilbyr mange av de samme fordelene som grønne tak, men med en potensiell større positiv effekt. Dette kommer av at bygningens fasadeareal vanligvis er hele fire ganger større enn takarealet (Peck et al. 1999), og ved høyhus kan det være så mye som 20 ganger større (Dunnett &

Kingsbury 2008). Ved å benytte seg av vertikal beplantning i urbane områder vil også den visuelle grønnstrukturen økes betraktelig mer enn ved anleggelse av grønne tak.

### FORBINDELSE MELLOM VEGG OG TAK

I tillegg til å ha en forståelse for grønne tak og vegger hver for seg, er det viktig å se hvordan disse teknologiene kan brukes sammen. Det å introdusere en sammenheng mellom grønne tak og vegger vil skape flere muligheter og mangedoble fordelene for bygningen og de omkringliggende områdene. Dette vil også skape en sammenheng mellom bakken og bygningen, noe som sikrer habitat og øker bevegelsesmulighetene for dyr og insekter (Hopkins & Goodwin 2011).

### STYRKET PLANTEBRUK

Det å styrke plantebruken innenfor det urbane miljøet gir flere miljømessige fordeler, blant annet kan det redusere Urban Heat Island effekten (UHI) og bygningens energiforbruk (Hopkins & Goodwin 2011). Påvirkningen vertikal beplantning har på miljøet vil bli nærmere presentert i del to. Grønne områder i byen forsterker byens integrasjon med naturen og fungerer som en økologisk og visuell forlengelse av de naturlige områdene som grenser inn mot de urbane (Köhler 2008).



Bilde: 1.2 Babylons hengende hager

# VERTIKAL BEPLANTNING

## I ET HISTORISK PERSPEKTIV

Det å bruke menneskeskapt teknologi for å gjøre byene v re grønnere er på ingen måte en moderne idé. Mennesket har gjennom historien strebet etter å kontrollere og flytte naturen fra dens naturlige habitat til nye områder. Noen av de første skildringene kan spores helt tilbake til et av antikkens syv underverker, Babylons hengende hager. I følge en av antikkens skribenter ble hagene anlagt av kong Nebuchadnezzar II rundt år 600 f.Kr. Legenden forteller at han skal ha anlagt hagene for å trøste sin dronning Amyitis, som savnet den frodige vegetasjonen i sitt hjemland Media (Lambertini & Ciampi 2007).

Det mangler konkrete bevis på hagenes eksistens og lokasjon. Til og med uttrykket «hengende hager» skal ha kommet fra en feiltolkning av greske tekster og blir i dag tolket i større grad som grønne tak (Uffelen 2011). Hagene blir likevel ansett som et av de første virkelig ambisiøse forsøkene på å forene natur og arkitektur, hvor menneskeskapt e løsninger måtte til for at plantene skulle kunne vokse og trives (Lambertini & Ciampi 2007).

## GRØNNE FASADER

Det har i mange århundrer v ert vanlig å anlegge vegetasjon på husfasader. Først og fremst i form av ulike klatreplanter som, med eller uten støtte, vokste oppover fasadene for å gi miljøet et grønt uttrykk (Dunnett & Kingsbury 2008). Selve utviklingen av vertikal beplantning kan spores tilbake til bruken av fasadevegetasjon som et skyggeskapende element og til fruktdyrking (Hopkins & Goodwin 2011).

For rundt 2000 år siden i Middelhavsregionen hadde palassene trange bakgårder hvor veggene ble dekket med klatreplanter. Bakgrunnen for dette var at plantene kastet skygger som kjølte ned fasaden og produserte frukt som ga en økonomisk verdi (Ottel  2011). I Sentraleuropa var det under renessansen



Bilde: 1.3 Espaliert frukttr 

populært å espaliere frukttr er på fasaden eller å dekke veggene med klatreplanter. De lune husveggene skapte varme og skjermede områder med perfekte forhold for fruktens vekstprosess, og er en tradisjon som trolig strekker seg helt tilbake til middelalderens klosterhager og romerrikets vinranker (Hopkins & Goodwin 2011). I renessansen ble det også svært populært å bruke klatreroser som prydbl nte. Bruken av prydbl nting på fasader har en lang tradisjon i Europa. På 1800-tallet ble blant annet klatreplanter flittig brukt til å dekke over beskjedne fasader, og på 1900-tallet ble klatreplanter benyttet på utleieboliger for å dekke over et manglende gipslag (Ottel  2011).

Gjennom 'Arts and Crafts' og den moderne stilbevegelsen i Europa ble det populært med grønne fasader. Ut fra Jugendstilen (Art Nouveau) på begynnelsen av 1900-tallet ble det en voksende interesse for å bruke klatreplanter til å skape en sømløs overgang mellom huset og hagen. På denne tiden utviklet det seg en lignende bevegelse kalt 'the Garden City' i England, hvor private hus og boligområder ble dekket av planter. Denne stilbevegelsen viste mange gode



Bilde: 1.4 (over til venstre) Hundertwasser- KunstHaus, Wien, 1989-91.

eksempler på grønne fasader. Blant annet gjennom William Robinson og Gertrude Jekyll sine beplantede steinvegger, som ble brukt til avskjerming og til å avgrense hager. På 1930- tallet var det en nedgang i bruken av klatreplanter. Dette kan skyldes nye byggeteknikker og masseproduksjonstrenden som feide over Europa (Dunnett & Kingsbury 2008).

#### MODERNE GRØNNE FASADER

Bruken av grønne fasader ble aktuelt igjen i Sentraleuropa på 1980-tallet. Da vokste det opp en bevegelse kalt 'The green roof movement' som i tillegg til å ha hovedfokus på grønne tak undersøkte ulike muligheter for å gjøre byen grønnere. Det var i denne perioden den første forskningen omkring utbredelsen og kvaliteten på grønne fasader ble utført. Ut fra dette ble idéen om å innføre maksimalt med vegetasjon til urbane miljøer en visjon for urbane økologer. Noen arkitekter støttet denne visjonen og integrerte grønne fasader inn i bygningdesignet. Bygningene til den kjente kunstneren Friedensreich Hundertwasser (Østerrike) fra 1980-tallet er blant noen av de mest populære eksemplene på dette (Köhler 2008).

På denne tiden skiftet også planleggerne i Europa taktikk. I stedet for å planlegge utbygging i utkanten av byene, ble nå trenden å fortette innenfor bygrensene. I Berlin ble dette et svært populært byplanmessig grep og det ble satt igang flere urbane nyutviklingsprosjekter. Grønne fasader var billige og enkle å konstruere og ble anerkjent som et lite fremtredende element til bruk i urban design. På bakgrunn av dette ble det i Berlin utviklet et program som oppfordret til bruk av grønne fasader i byen. Dette programmet varte fra 1983 til 1997, og i denne tidsperioden ble det satt opp hele 245 584 m<sup>2</sup> grønne fasader i Berlin (Köhler 2008).

På slutten av 1980-tallet ble det gjennom introduksjonen av kabler i rustfritt stål og ulike vaiernettsystemer åpnet opp for grønne fasader med et bredere bruksområde og et mer sofistikert design (Hopkins & Goodwin 2011). Dette var starten på den moderne versjonen av grønne fasader, hvor bruken av stålkonstruksjoner eller espalier blir favorisert (Dunnett & Kingsbury 2008).

#### EKSEMPEL PÅ MODERNE BRUK AV GRØNNE FASADER

##### MFO-PARKEN, ZÜRICH

I 2002 ble MFO-parken bygget i byen Zürich i Sveits. Parken er oppkalt etter fabrikken som tidligere var på området, 'Maschinenfabrik Oerlikon'. (Dunnett & Kingsbury 2008).

Parkens hovedfokus er en tresidet stålkonstruksjon hvor spente kabler fungerer som bærekonstruksjon for 1300 klatreplanter. Parken er et godt eksempel på hvordan en innovativ utforming skaper rom for nytolkning av urbane parker som vertikale, romslige og arkitektoniske grøntområder (Hopkins & Goodwin 2011).



Bilde: 1.5, (over) 1.6 (til venstre) MFO-Parken, Zürich



Bilde: 1.7 Barra de Guaratiba, Rio de Janeiro, Roberto Burle Marx

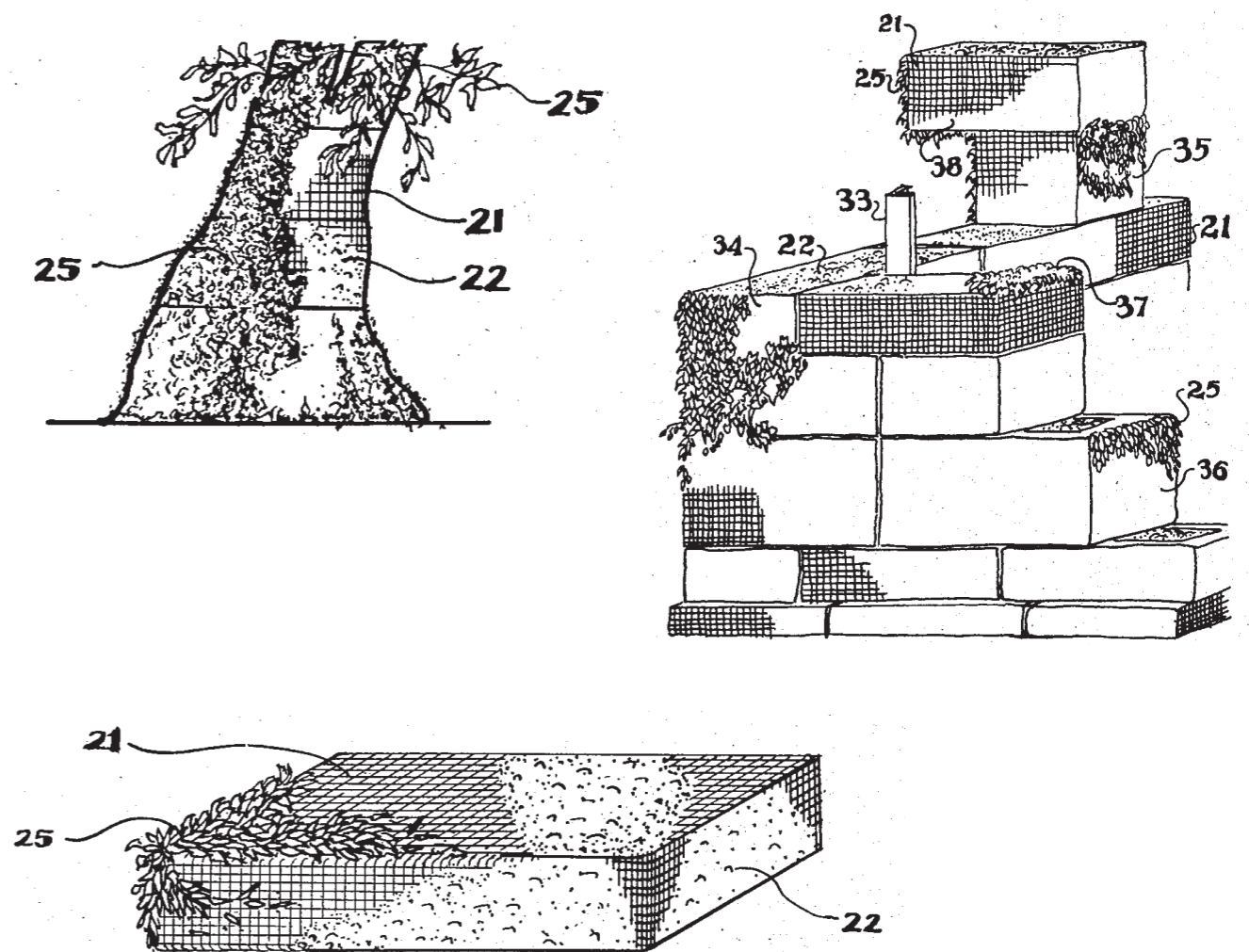
## LEVENDE VEGGER

Gjennom århundrene har ulike teknikker blitt benyttet for å få planter til å vokse på vegger og fasader. Selve opprettelsen av levende vegger ble først mulig da mennesket tok planter opp av bakken og plasserte de i pletter. Opprinnelig ble teknikken bak levende vegger basert på kunnskapen om at visse planter (slik som epifytter og parasittiske planter) ikke er avhengig av vekstjord i sitt naturlige habitat, og at denne egenskapen kunne overføres til bruk i en urban kontekst (Lambertini & Ciampi 2007).

Tidlig på 1900-tallet var den brasilianske landskapsarkitekten Roberto Burle Marx den første til å anvendte dette prinsippet i arbeidene sine. Han hadde en stor interesse for planter, og utviklet gjennom sitt samarbeid med ulike arkitekter et nært forhold til arkitektur. Burle Marx fikk inspirasjon til levende vegger gjennom observasjon av tropiske planter i regnskogen. Her så han hvordan epifytter, orkideer og bromeliaarter vokste på vertikale

flater i regnskogen uten vekstjord. Gjennom sine prestasjoner banet Roberto Burle Marx vei for bruk av levende vegger i tropiske urbane miljøer. Et eksempel er anlegget han utarbeidet på 1930-tallet sammen med arkitektene Lucio Costa og Le Corbusier for helse- og utdanningsdepartementet i Rio de Janeiro (Lambertini & Ciampi 2007).

Omtrent på samme tid som Burle Marx utarbeidet sitt system teoriserer Stanley Hart White, Professor i Landskapsarkitektur ved 'The University of Illinois' i USA, en annen form for levende veggssystem. Han fikk den 5. april 1938 innvilget en patent med tittelen 'Vegetation-Bearing Architectonic Structure and System' (White 1938), ofte kalt 'Botanical Bricks' (Rogers 2001). Her beskriver han en metode for å bygge en arkitektonisk struktur i hvilken som helst byggbar størrelse, form eller høyde, hvor den synlige eller eksponerte flaten permanent kunne dekkes av vegetasjon (White 1938).



Figur: 1.1, 1.2, 1.3 (over) 'Vegetation Bearing Architectonic Structure and System'

White beskrev systemet som vegetasjonsbærende enheter som skulle stables som murstein, og var i hovedsak selv bærende. White ønsket å ivareta områder i det horisontale planet ved å utnytte de vertikale flatene og på den måten skape en ny form for hagekunst (Rogers 2001).

White antydte også at bruken av vekstjord som vekstmedium ikke var nødvendig, men foreslo å bruke en type mineralfiber som på den tiden ble benyttet til isolasjonsformål. Han mente at man på den måten unngikk unødvendige partikler og veggen fikk en lavere egenvekt (Rogers 2001). White var forut sin tid og det var først tidlig på 1960-tallet det ble klart at steinull ('rockwool') kunne benyttes som hydroponisk vekstmedium og fremme plantevekst (Dowgert 2011).

Dette fagfeltet utviklet seg fort i USA og ytterligere to patenter ble innvilget dette året,

av William M. MacPherson og Elmer Hovendon Gates. I motsetning til White sitt system ble det her foreslått at de vegetasjonsbærende enhetene skulle støttes innenfor et rammeverk og festes til en selv bærende vegg. Selv om de strukturelle endringene som ble foreslått av MacPherson og Gates endret forholdet mellom de vegetasjonsbærende enhetene og det underliggende strukturelle systemet, forble Whites grunnleggende teknologi og prinsipper intakt. Fordelen med systemet til White finnes i dets evne til nytolkning, da det definerer et forhold mellom planter og struktur som belyser deres gjensidige avhengighet (Rogers 2001).

White kan derfor, sammen med Burle Marx, ses på som pionerer for utviklingen av levende veggssystemer, samt den grønne modernismen.



Bilde: 1.8 'Hôtel Pershing Hall', Patrick Blanc

#### MODERNE LEVENDE VEGGER

Utviklingen av vertikal beplantning stod så og si på stedet hvil frem til slutten av det 20. århundret. Franskmannen Patrick Blanc anses av mange som skaperen av den moderne levende veggen, og blir kreditert for å ha fanget publikums interesse for grønne vegger på midten av 1990-tallet (Lock 2013). Blanc er utdannet botaniker og har spesialisert seg på tropiske planter. Det var gjennom en tidlig fascinasjon for biologisk rensing av akvarium og observasjoner av undervegetasjonen i regnskogen, at Blanc utviklet sitt levende veggssystem «Mur Végétal» (vertikale hager) (Blanc 2012).

Etter å ha utført en innendørs vegg ved teknologi og vitenskapsmuseet i Paris ('Musée des Sciences et Techniques de la Villette') i 1986, ble han i 1994 invitert til den internasjonale hagefestivalen i 'Chaumont-sur-Loire'. Her fanget han oppmerksomheten til kunstverdenen og hans vertikale hager ble ansett som en ny kunstform. Men det var først

etter installasjonen av en grønn vegg på 'Hôtel Pershing Hall' i Paris i 2001, at arkitektmiljøet fikk øynene opp for Blancs arbeid. I dag er hans nærmeste samarbeidspartnere den franske arkitekten Jean Nouvel og det sveitsiske arkitektkontoret Herzog & De Meuron. Blanc har siden sin første offentlige vegg i 1986 designet over 190 levende vegger (innendørs og utendørs) over store deler av verden (Blanc 2012).

Også i Asia har interessen for vertikal beplantning økt de siste årene. Japan er en ledende nasjon innen forskning og utvikling av levende veggssystemer (Dunnett & Kingsbury 2008) og industrien er i stadig utvikling (Hopkins & Goodwin 2011). I 2001 lanserte Tokyo Metropolitan Authority en grøntplan som ga en offisiell oppmuntring til anleggelse av grønne vegger og innen fire år hadde hele 20 andre byer gjort det samme. Også Japans nasjonale trafikk og konstruksjonsdepartementet fører en politikk som skal promotere bruken av grønne vegger.



Bilde: 1.9 Bio Lung, Expo 2005

I tillegg sponset den Japanske staten Bio Lung utstillingen på Expo 2005 i Aichi, hvor verdens daværende største levende vegg ble vist frem (Dunnett & Kingsbury 2008). Veggen bestod av 30 ulike levende veggssystem i modulform (Hopkins & Goodwin 2011) og ble designet for å demonstrere et vidt spekter av teknologi og produkter til beplantning av vertikale flater (Dunnett & Kingsbury 2008).

#### OPPSUMMERING

Det å anlegge planter på tak og vegger er i dag et av de mest innovative og rasktvoksende feltene innenfor økologi, hagebruk og byggmiljø. Den moderne bruken av grønne tak og vegger skiller seg fra tidligere bruk gjennom anvendelsen av moderne materialer, samt ved å integrere planteveggen og dens bærekonstruksjon med selve utformingen av bygningen. Resultatet er en sammenføyning av plantene, bygningen og brukerne som skaper en nærhet og helhet som var vanskelig å gjennomføre med eldre teknologi (Dunnett & Kingsbury 2008).

Tidlig på 1900-tallet ble parker og generell grønnstruktur i hovedsak ansett som dekorasjon og ikke som en viktig del av byens økologi. Vertikal beplantning led av den samme skjebnen frem til slutten av det 20. århundret. Gjennom et høyere fokus på miljøspørsmål og grønne byggeteknikker har interessen for å bringe naturen tilbake til byen økt. Dette har dannet en base for integrerte løsninger som kombinerer naturen med tekniske tilnærminger, og dermed utnytter vekstenes naturlige egenskaper til å bedre det urbane miljøet. Disse fordelene (økt biodiversitet, kjøling og isolering, absorbering av miljøgasser og støv, oksygenproduksjon, etc.) utgjør en viktig del av dagens urbane design (Ottelé 2011).

# VERTIKAL BEPLANTNING

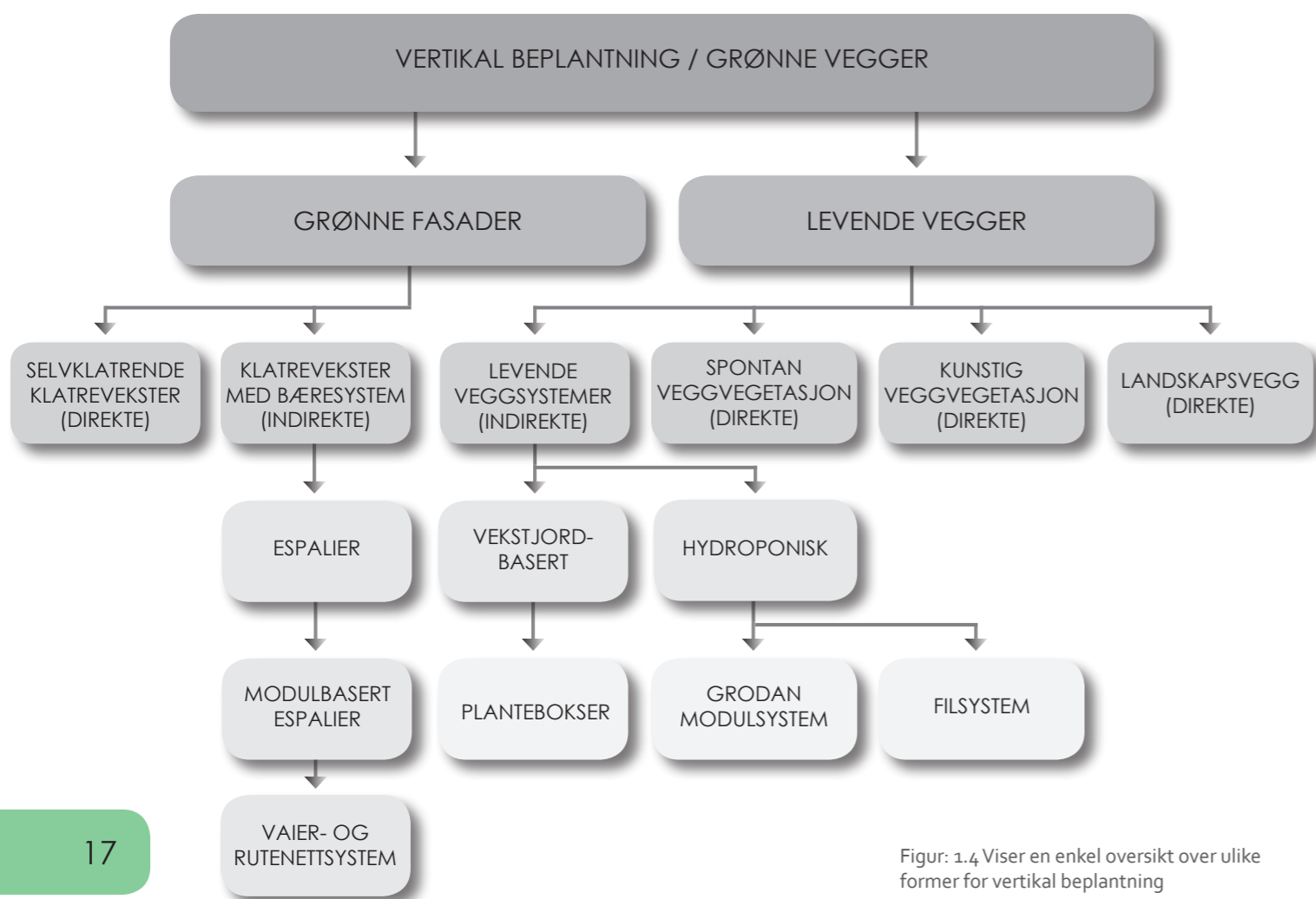
## EN OVERSIKT

Vertikal beplantning kan i hovedsak deles i to hovedkategorier; grønne fasader og levende vegger. Innenfor kategoriene er det et skille mellom hvorvidt plantene vokser direkte på veggen (direkte beplantning) eller om det er et hulrom mellom veggen og bærekonstruksjonen (indirekte beplantning). Det skilles også mellom systemer hvor plantene har rotfeste i naturlig vekstmedium og systemer hvor plantene har rotfeste i kunstig vekstmedium (Ottelé 2011).

Grønne fasader strekker seg fra den tradisjonelle bruken av klatreplanter, hvor

plantene vokser direkte på veggen, til den moderne versjonen, hvor plantene vokser på en bærekonstruksjon som er plassert en viss avstand fra veggen.

Levende vegger, og da spesielt levende veggssystemer blir ansett som den moderne versjonen av vertikal beplantning. Levende vegger strekker seg fra støttemurer, hvor planter får rom til å vokse i naturlige sprekker, til kompliserte hydroponiske systemer, hvor man dyrker planter uten å bruk av vekstjord.



Figur: 1.4 Viser en enkel oversikt over ulike former for vertikal beplantning

## GRØNNE FASADER

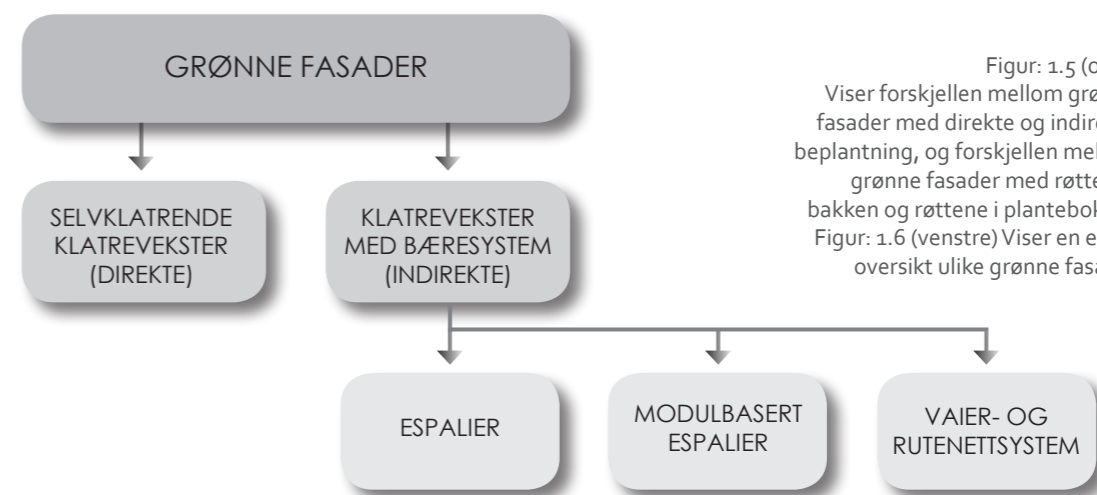
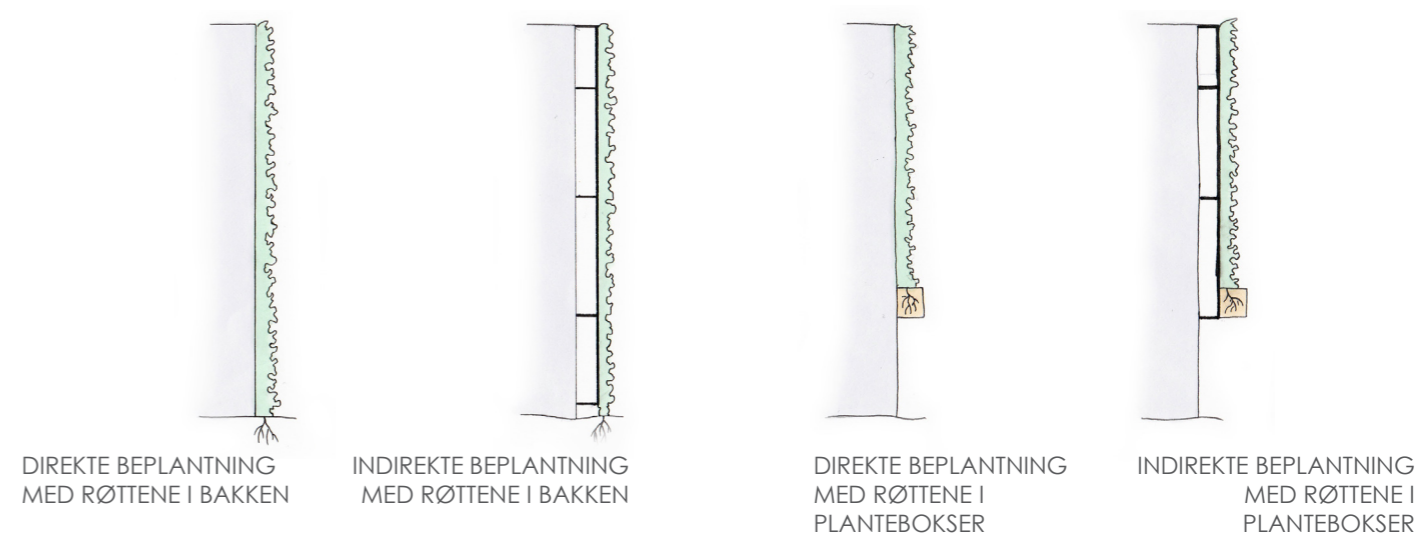
Grønne fasader er vegger dekket med klatreplanter, og blir ansett som den enkleste og billigste formen for vertikal beplantning. Grønne fasader krever liten plass, koster lite å installeres, og kan ved å tilby habitat og renseluft, gi betydelige økologiske fordeler (Köhler 2008).

Argumentene mot grønne fasader fokuserer på spesifikke problemer, slik som fjerning av løv ved løvfall. I følge Köhler (2008) har entusiasmen for grønne fasader sunket. Dette kan komme av at det i tidligere prosjekter har blitt valgt en uegnet plantesort eller fasade, og prosjektet dermed ikke har fungert.

Grønne vegger har noen begrensede faktorer. Klatreplanter som har røttene i bakken er avhengig av at det er nok plass til rotsystemet på bakkenivå. Klatreplanter har også en begrenset vertikal vekst, hvor de fleste artene har en makshøyde på ca. 20

meter (Köhler 2008). I tillegg tar det ofte ca. to til tre år før plantene effektivt dekker veggen (Peck et al. 1999). Dersom det er ønskelig å dekke en vegg som er over 20 meter med klatreplanter, kan man løse dette ved å benytte seg av plantebokser i øvrige etasjer og kombinere dette med planter på toppen av bygningen som henger nedover fasaden (Lock 2013).

Mens man på tradisjonelle grønne fasader benyttet selvklatrende planter som festet seg på husveggen, er det vanlig i moderne praksis å installere en bærekonstruksjon, slik at plantene holder seg unna selve veggen. Dette gjør det enklere å utføre eventuelt bygningsarbeid på fasaden og vedlikehold av den grønne veggen. Bæresystemene som brukes på grønne fasader kan deles opp i tre kategorier; espalier, modulbaserte espalier og vaier- og rutenettsystem (Hopkins & Goodwin 2011).



Figur: 1.5 (over) Viser forskjellen mellom grønne fasader med direkte og indirekte beplantning, og forskjellen mellom grønne fasader med røttene i bakken og røttene i plantebokser. Figur: 1.6 (venstre) Viser en enkel oversikt ulike grønne fasader



Bilde: 1.15 Klatreplante med høstfarger



## KLATREPLANTER

I Sentraleuropa finnes det kun 30-50 arter klatreplanter som kan benyttes til grønne fasader, mens det i tropiske strøk kan brukes mellom 300 og 500 arter (Köhler 2008).

Før man dekker en fasade med klatreplanter er det viktig å forstå de grunnleggende

prinsippene som ligger bak de ulike plantenes klatremetode og hvilken type bæresystem som skal benyttes. Klatreplanter kan klassifiseres i følgende kategorier i henhold til klatremetode; rotklatrere, slyngplanter, klengeklatrere og egentlige klatreplanter. (Krinne & Ropeid 2000; Ottelé 2011)

### ESPALIER

Dette systemet består av en rekke vaiere eller kabler festet til en struktur. Klatreplantene klatrer opp kablene og skaper på denne måten en plantevegg. Denne typen bærekonstruksjon kan være frittstående eller festet til en fasade (Hopkins & Goodwin 2011).

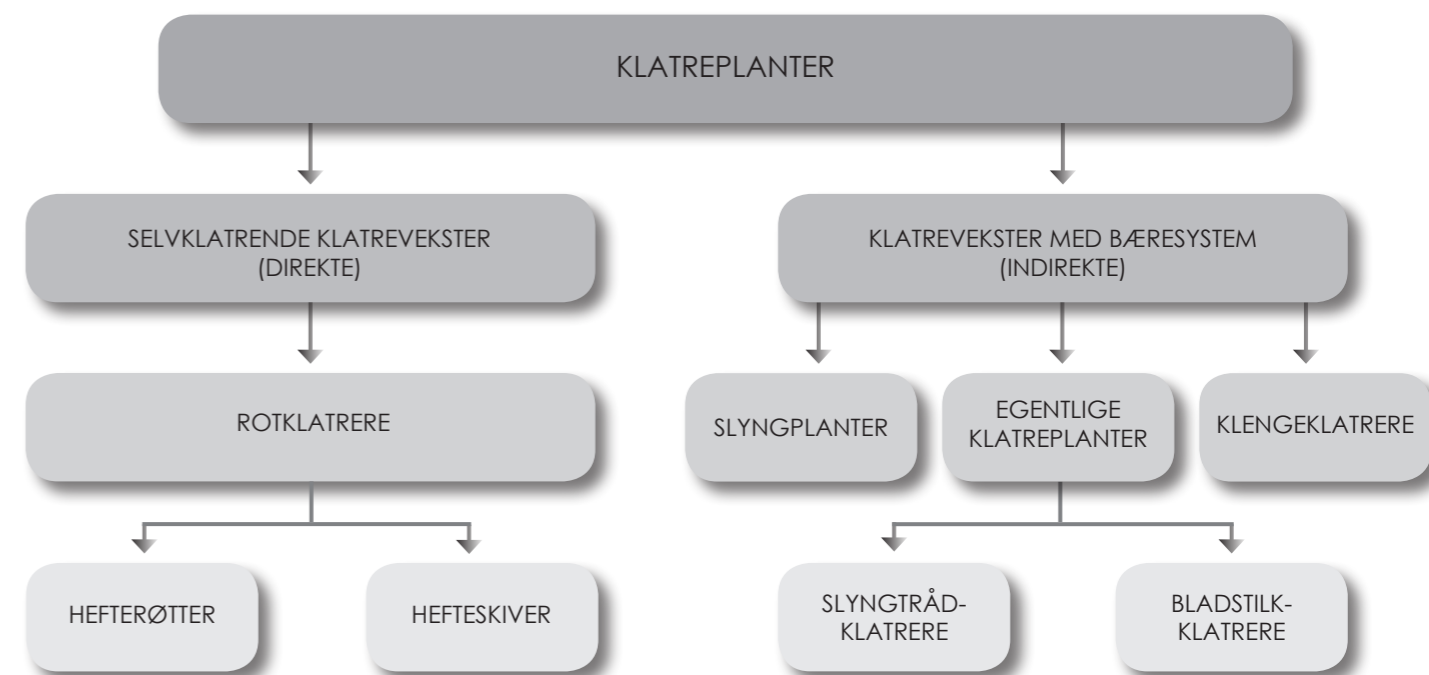
Bilde: 1.10 (øverst) Vaiersystem  
 Bilde: 1.11, (over til venstre) 'Ex Ducati', Italia. Rutenettsystem  
 Bilde: 1.12 (over nr. 2 fra venstre) 'Consortio - Santiago Building', Chile. Espalier  
 Bilde: 1.13, (over til høyre), 1.14 (over nr. 2 fra høyre), Frittstående modulbasert espalier

### MODULBASERT ESPALIER

Det modulære systemet er bygget opp av stive, lette og tredimensjonale moduler av sveiset stål. Bærekonstruksjonen støtter plantevekst både på forsiden av nettet så vel som i panelets dybde. Systemet skaper et «fanget» vekstmiljø og er konstruert for å holde plantene unna fasaden, slik at plantematerialet ikke fester seg til bygningen. Disse modulene kan stables eller festes sammen i spenn mellom strukturer (Hopkins & Goodwin 2011).

### VAIER- OG RUTENETTSYSTEM

I vaier- og rutenettsystemer bruker man enten loddrette vaiere og/eller rutenett. Vaiersystemet er vanligvis beregnet for rasktvoksende klatreplanter, mens rutenettsystemet blir brukt for å støtte saktevoksende klatrevekster som trenger støtte i tettere intervaller. Begge systemene bruker stålvaier med høy trekstyrke, ankere og tilleggsutstyr (Hopkins & Goodwin 2011).



Figur: 1.7 Viser en enkel oversikt over ulike klatreplanter





Bilde: 1.16 *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitchii', klatrer ved hjelp av hefteskiver

Bilde: 1.17 *Hedera helix*, klatrer ved hjelp av hefterøtter

Bilde: 1.18 *Humulus lupulus*, slyngplante

Bilde: 1.19 Klatrerose (*Rosa*), klengeklatter



*Parthenocissus tricuspidata* 'Veitchii'



*Hedera helix*



*Humulus lupulus*



Klatrerose (*Rosa*)

## ROTKLATRERE

Rotklatrere klatrer ved hjelp av spesielle hefterøtter eller hefteskiver og kan derfor dekke fasader uten bæresystem (Krunner & Ropeid 2000). Noen rotklatrere, som for eksempel *Hedera helix*, kan klatre 30 meter med et dekkareal på 600 m<sup>2</sup> (Ottelé 2011).

For at plantene skal kunne feste seg til fasaden må den ha en ru overflate, slik at de mikroskopiske hårene planten bruker til å klatre med kan feste seg til overflaten. Glatte metalloverflater, glass og plastikk egner seg dermed ikke for rotklatrere. Det blir heller ikke anbefalt å ha rotklatrere på en trevegg eller en vegg med murpuss, da hefterøttene kan vokse inn mellom plankene eller løsne murpussen og på den måten gjøre skade på veggen.

Rotklatrere har røtter som er negativt phototropisk, som vil si at de vokser vekk fra lyset og fester seg i mørke sprekker. Plantene benytter kun de sprekene eller ujevnheter som allerede finnes i veggen og skader dermed ikke vegger som er i god stand. Det er derfor alltid nødvendig å foreta en grundig utbedring av veggen før den dekkes av denne typen klatreplanter (Krunner & Ropeid 2000).

Figur: 1.8 (nr. 1 fra venstre) *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitchii', klatrer ved hjelp av hefteskiver

Figur: 1.9 (nr. 2 fra venstre) *Hedera helix*, klatrer ved hjelp av hefterøtter

Figur: 1.10 (nr. 3 fra venstre) *Humulus lupulus*, slyngplante

Figur: 1.11 (nr. 4 fra venstre) Klatrerose (*Rosa*), klengeklatter

## SLYNGPLANTER

Slyngplanter er den gruppen klatreplanter hvor flest klatrevækster hører til. Planten vokser som en spiral og slynger seg med hele stengelen rundt gjenstanden den støtter seg til, enten mot venstre (vanligst) eller mot høyre (Krunner & Ropeid 2000).

Bæresystemet til slyngplanter blir som regel plassert en viss avstand fra selve fasaden, med en anbefalt minsteavstand på 10 til 30 cm. mellom vegg og bæresystem (Krunner & Ropeid 2000). Slyngplanter vokser i hovedsak vertikalt, noe som er viktig for plasseringen og utformingen av bæresystemet. Noen arter (f.eks. *Wisteria*) kan nå en høyde på hele 30 m (Ottelé 2011).

## KLENGEKLATRERE

Klengeklattere har ikke spesielle klatreorganer, men lange bøyelige greiner, ofte med torner eller pigger, som de bruker til å feste seg fast i større planter eller i et bæresystem. Klengeklattere har så mange greiner at de må ha hjelp for å kunne vokse i høyden, noe som gjør det nødvendig å sette opp passende stativ som de kan festes til. Bæresystemet burde ha så mange vannrette tverrstaver som mulig slik at tornene eller piggene kan feste seg i disse (Krunner & Ropeid 2000).

Denne typen klatrevækster har en tendens til å vokse tredimensjonalt og krever en del skjøtsel for beholde en flat vekst mot fasaden. En av de mest kjente klengeklatterne er klatrerose (*Rosa*) (Ottelé 2011).



Bilde: 1.20 *Parthenocissus quinquefolia*, slyngtrådklatrer

Bilde: 1.21 *Clematis*, bladstilkklattrer



*Parthenocissus quinquefolia*



*Clematis*

## EGENTLIGE KLATREPLANTER

Innenfor denne gruppen finner man klatrevikster som klatrer ved hjelp av spesielle klatreorganer. Dette er enten omdannede greiner, slik som hos *Parthenocissus quinquefolia*, eller lange bladstilker, som hos *Clematis*. (Krunner & Ropeid 2000).

Det skilles mellom slyngtrådklatrere og bladstilkklattrere. Slyngtrådklatrerne klatrer ved hjelp av spesielle greiner som har blitt omdannet til tynne slyngtråder, mens bladstilkklattrere klatrer ved hjelp av lange bladstilker som slynger seg om bæresystemet. Egentlige klatreplanter kan klatre på bæresystemer som er festet vannrett, loddrett og vertikalt, uten at planten vil ha noe problem med å vokse oppover (Krunner & Ropeid 2000).

Figur: 1.12 (venstre) *Parthenocissus quinquefolia*, slyngtrådklatrer  
Figur: 1.13 (over) *Clematis*, bladstilkklattrer

## LEVENDE VEGGER

Levende vegger skiller seg fra grønne fasader ved å ha et vertikalt rotsystem som er festet i veggen eller i en struktur en viss avstand fra veggen (Köhler 2008). Plantene får ikke vann og næring fra bakken, men fra naturlig avrenning eller menneskeskapt vanningsystemer.

Levende vegger kan deles opp i fire underkategorier:

Levende veggssystemer, spontan veggvegetasjon, kunstig veggvegetasjon (vekstbetong) og landskapsvegger (Hopkins & Goodwin 2011). I denne oppgaven vil hovedfokus være på levende veggssystemer, mens de andre systemene kun forklares i korte trekk.

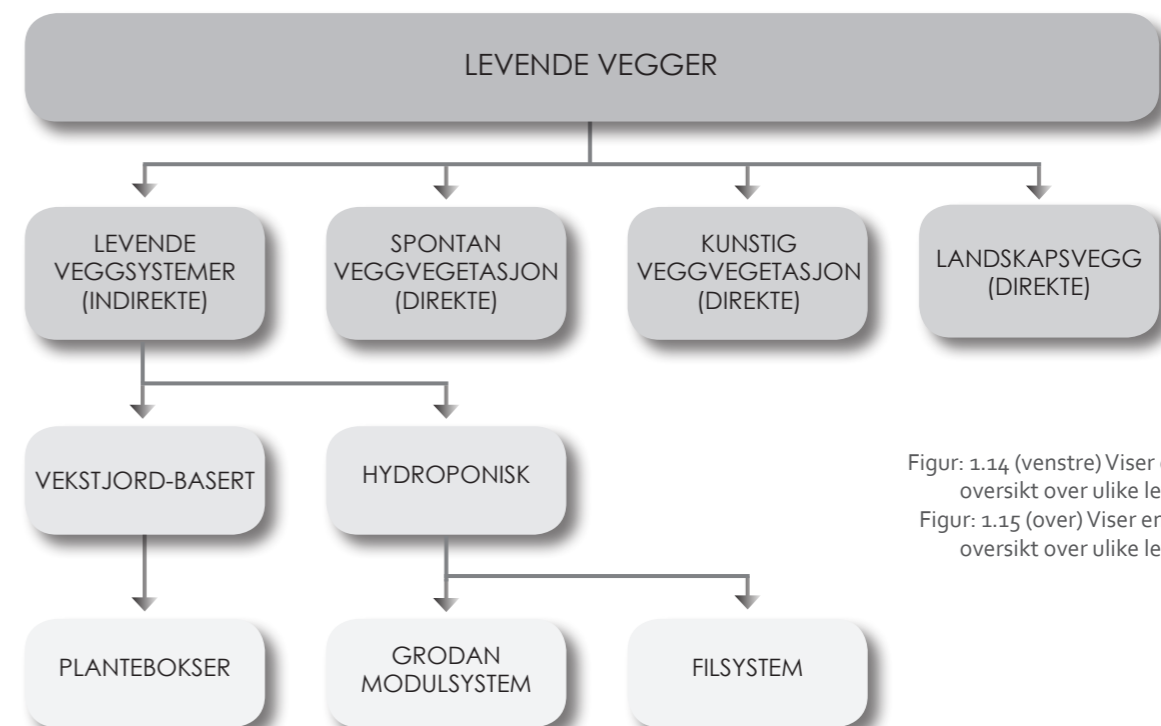


LEVENDE VEGGSYSTEMER

SPONTAN VEGGVEGETASJON

KUNSTIG VEGGVEGETASJON

LANDSKAPSVEGG



Figur: 1.14 (venstre) Viser en skjematisk oversikt over ulike levende vegger  
Figur: 1.15 (over) Viser en illustrerende oversikt over ulike levende vegger

## SPONTAN VEGGVEGETASJON

Spontan veggvegetasjon er levende vegger som oppstår i bebygde områder når luftbårne frø spirer i sprekker i fasader og andre vertikale flater, og begynner å vokse. Plantene er ofte forvillede hageplanter eller ugress. Denne typen vegetasjon skaper et nytt urbant habitat og øker biodiversiteten i byen (Hopkins & Goodwin 2011).

## KUNSTIG VEGGVEGETASJON

Kunstig veggvegetasjon er en ny tilnærming for vertikal beplantning hvor man bruker betongoverflater som vekstmedium. På den måten får man byggematerialer som tillater plantevekst. Dette kan være seg et ytterlag av porøs betong som gir rom for vegetasjonsvekst (Ottelé 2011), eller betong med biologiske egenskaper som fremmer vekst av alger, mose og andre mikroorganismer (UPC 2012). Denne utviklingen gir designere, arkitekter og byggherrer nye og innovative muligheter i designprosessen (Ottelé 2011).

Grønne fasader og levende veggssystemer krever komplekse systemer som er knyttet til selve konstruksjonen, noe som kan føre til tilleggsbelastninger og økt plassbruk. I motsetning til grønne fasader og levende veggssystemer støtter vekstbetong og biologisk betong opp for vekst på eget underlag, noe som gjør at man unngår bruk av komplekse systemer og konstruksjoner, og dermed unngår disse problemene (UPC 2012).

Denne formen for levende vegger vil ha et svært anderledes uttrykk enn grønne fasader og levende veggssystemer. Vekstbetong og biologisk betong er fortsatt lite utprøvd og det krever videre forskning for å finne ut hvilke miljømessige og sosiale fordeler disse systemene tilbyr.

### VEKSTBETONG

Vekstbetong er et materiale som integrerer «vanlig» betong som har strukturell støtte, sammen med en betongtype som fungerer som en base for vegetasjonen. Ytterlaget

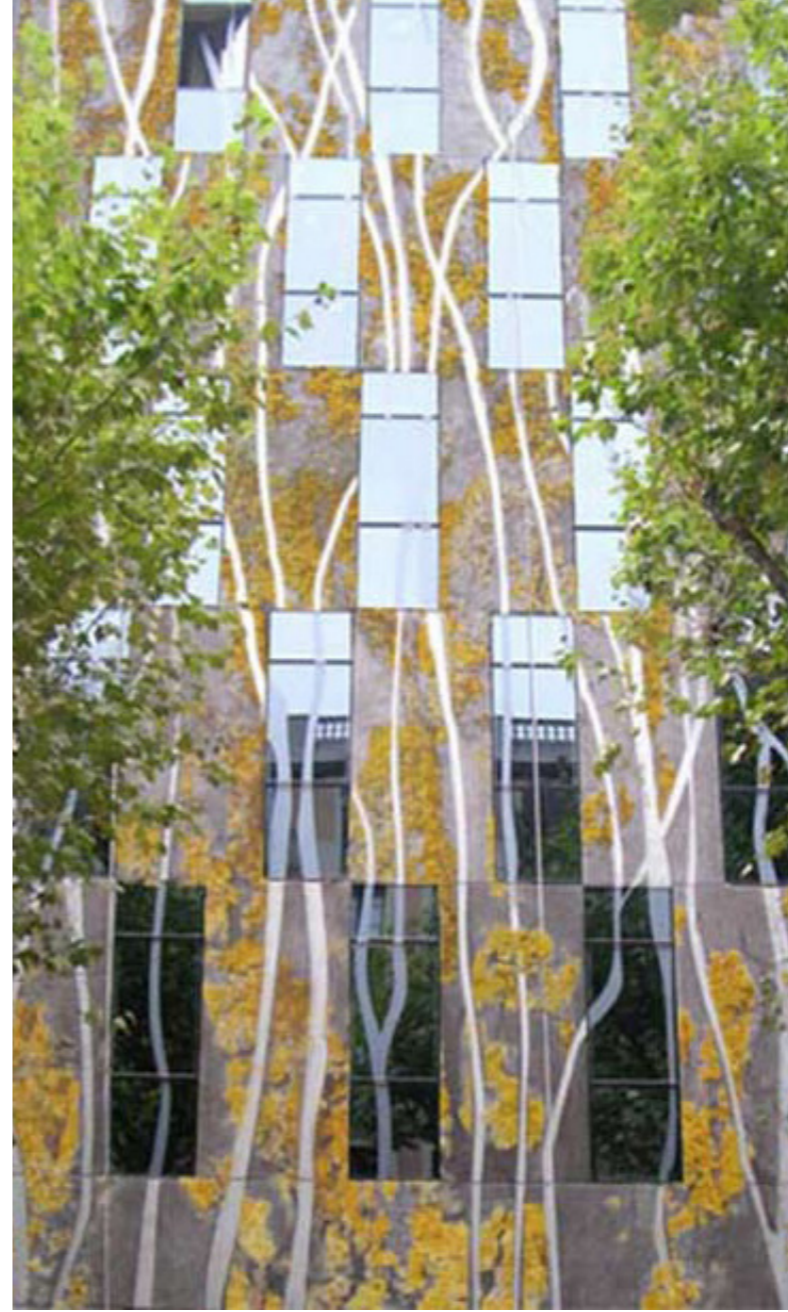


Bilde: 1.22 Spontan veggvegetasjon

består av grovkornede lavastein (32 mm. fraksjon) som er herdet med sement, og har kontinuerlige luftlommer som fylles med en spesiell vekstjordblanding. Bak det porøse laget er det et lag med selvkompimerende betong, som utgjør den strukturelle delen av vekstbetongen. Planter som tåler tørre forhold og høye pH verdier blir så plantet i hulrommene mellom steinene i det porøse laget (Ottelé 2011).

### BIOLOGISK BETONG

En forskergruppe ledet av Antonio Aguado ved Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) i Barcelona, har utviklet en type biologisk betong for å bygge levende vegger med lav, mose og andre mikroorganismer. Materialet er designet for middelhavsklima og tilbyr



Bilde: 1.23 Biologisk betong

i følge UPC (2012) miljømessige, termiske og estetiske fordeler. Denne nye biologiske betongen fungerer som en naturlig biologisk støtte for vekst og utvikling av bestemte alger, sopp-, lav- og mosearter. UPC har patentert idéen, og utforsker nå hvordan man kan akselerere organismenes vekst på betongen, slik at overflaten kan få et attraktivt utseende på mindre enn ett år (UPC 2012).

Biologisk betong har i tillegg til et strukturelt lag hele tre andre lag. Det første laget er vanntett og ligger over det strukturelle laget, for å beskytte det mot eventuelle fukt- og vannskader. Lag nummer to er et biologisk lag som holder på vann og legger forholdene til rette for biologisk vekst. Det siste laget består av et oppstykket beleg, hvis oppgave



Bilde: 1.24 Landskapsvegg

er å slippe regnvann inn og hindre vannet fra å renne ut igjen (UPC 2012).

### LANDSKAPSVEGGER

Denne kategorien omfatter landskapselementer som gabionvegger, støttemurer og støyskjermer, hvor vegetasjonen er en av hovedkomponentene i strukturen. En landskapsvegg har ofte en viss helning, og blir stablet opp av blokker av for eksempel betong eller stein. Mellom blokkene oppstår det hulrom hvor det er rom for plantevekst. Landskapsvegger blir i hovedsak brukt til å stabilisere skråninger og til støyreduksjon (Hopkins & Goodwin 2011).

## LEVENDE VEGGSYSTEMER

Hos levende veggssystemer blir vegetasjonen plantet i et naturlig- eller unaturlig vekstmedium som forankres til en konstruksjon. Konstruksjonen blir så festet til et rammeverk på fasaden (slik at det oppstår et hulrom mellom fasaden og den grønne veggen), eller direkte på veggen (Hopkins & Goodwin 2011).

I dagens marked finnes det mange ulike levende veggssystemer, med hver sin teknikk og utførelse. Levende veggssystemer kan i hovedsak deles opp i to hovedkategorier; vekstjord-basert og hydroponisk. Jeg har i denne oppgaven begrenset meg til å se på ett system basert på vekstjord (plantebokser) og to ulike former for hydroponiske systemer (filt og grodan).

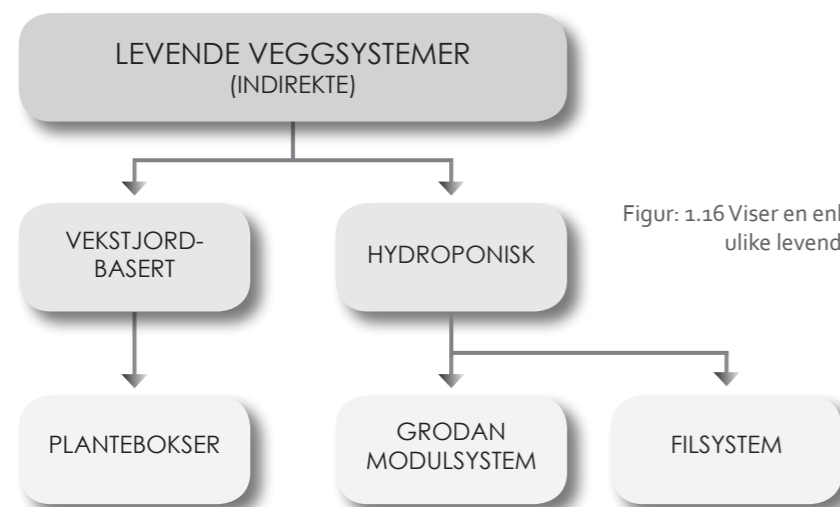
## VEGETAJON

Levende veggssystemer tillater en mer variert plantebruk enn grønne fasader (Köhler 2008). Svært mange arter kan brukes i et slikt veggssystem, slik som stauder, bregner, gress og små busker (Laurence 2009), men man må ta visse forhåndsregler, både for plantevalg og plassering i veggen. Det å velge planter til et levende veggssystem krever mye kunnskap om plantenes behov og krav til voksested, samt en

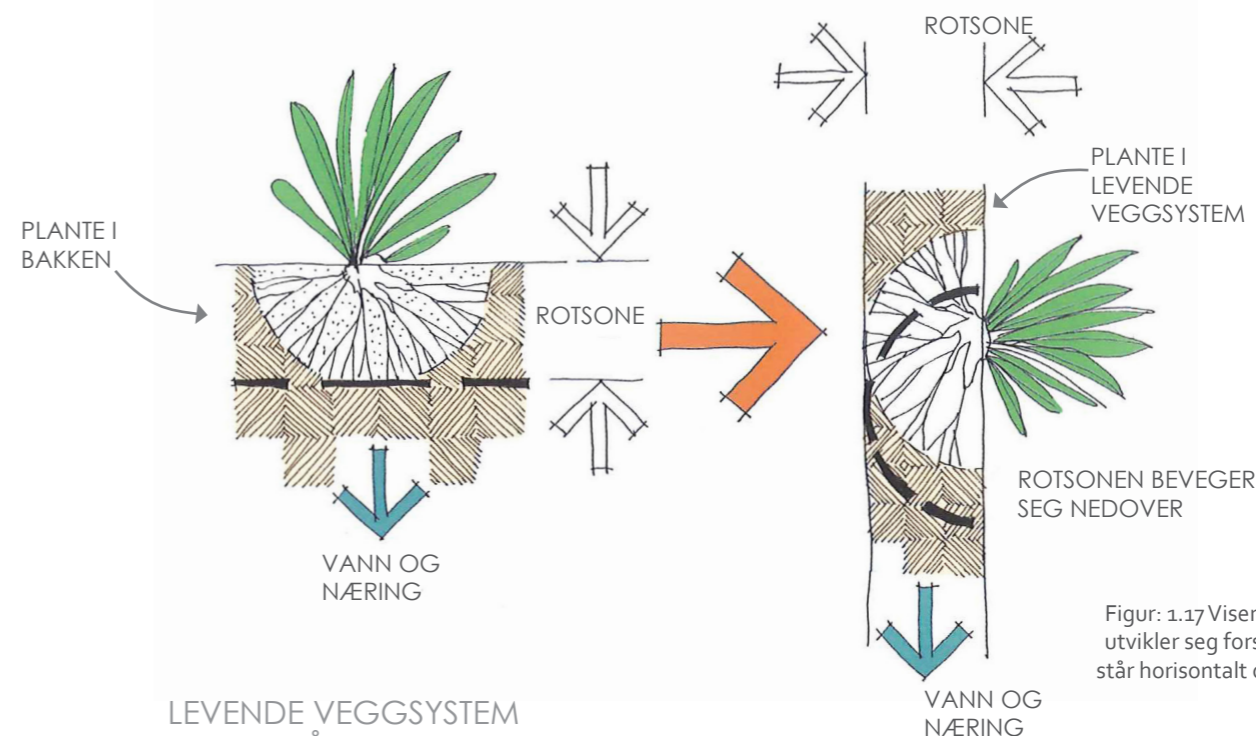
god kjennskap til ulike klimasoner og veggens lokalklima. Dette kommer jeg nærmere inn på under 'klimatiske påvirkninger'. Plantene som velges burde trives sammen og plantenes vekstform må overveies nøye, slik at plantene ikke ødelegger for hverandres trivsel og vekst (Ekle 2014). Man bør også vurdere det lokale vindmønsteret, spesielt for områder som opplever varme og tørre sommervinder eller sterk vind og mye regn. Detaljene vil variere fra by til by og mellom ulike klimasoner, men de generelle prinsippene kan brukes på hver enkelt situasjon (Hopkins & Goodwin 2011).

## ROTSONE

Når vekstmediet plasseres vertikalt på siden av en bygning vil det påvirke planteveksten. Det er derfor nødvendig å ha en grunnleggende forståelse for hvordan vekstmediet og plantens rotsone oppfører seg i en slik situasjon. Normalt henter plantene vann og næringsstoffer i det øverste jordlaget i en dybde på ca 15 – 25 cm. I en levende veggsituasjon blir vekstmediet dreiet til en vertikal stilling og rotsonen blir påvirket av tyngdekraften. Dette fører til at rotsonen forskyves og tar opp en viss plass under planten. Plantene vil ha en begrenset rotsone og må derfor ha et rotsystem som fremmer en god forankring i vekstmediet, en sterk tilkobling mellom rot og stilk og god vekst (Hopkins & Goodwin 2011).



Figur: 1.16 Viser en enkel oversikt over ulike levende veggssystemer



Figur: 1.17 Viser hvordan rotsonen utvikler seg forskjellig når planten står horisontalt og når planten står vertikalt

## LEVENDE VEGGSYSTEM BASERT PÅ VEKSTJORD

Disse systemene brukervanligvis støpte pottar eller beholdere fylt med vekstjord som festes til en eksisterende vegg. Her blir plantene forankret i et vekstjord-basert vekstmedium som inneholder masser med en korrekt næringsbalanse og drenerende kvaliteter. På grunn av vekstmediets evne til å holde på vann kan veggene klare seg lenge uten vanntilførsel og vanningsystemet har som regel en relativ enkel utforming. Dette senker kostnadene for installasjon og vedlikehold, men denne evnen fører imidlertid til at systemet har en høy egenvekt sammenlignet med systemer som bruker kunstig vekstmedium (Lock 2013).

## SPLITTET FAGMILJØ

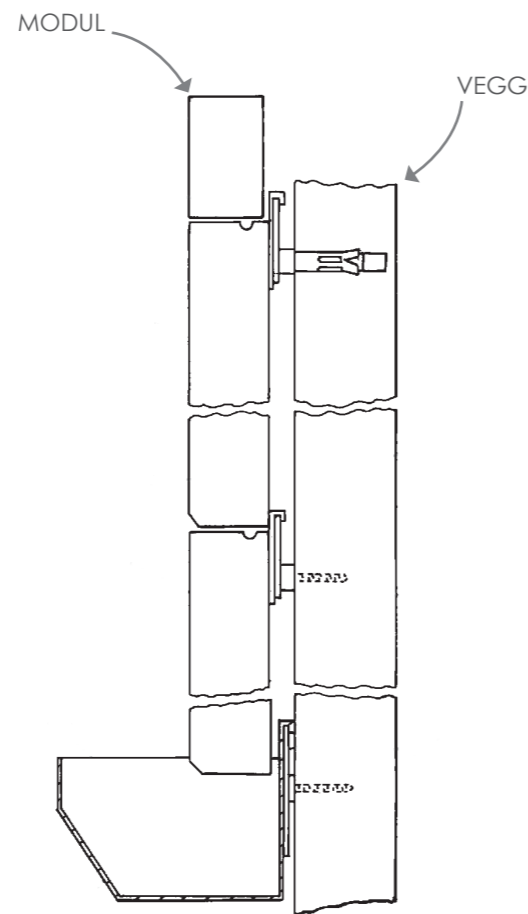
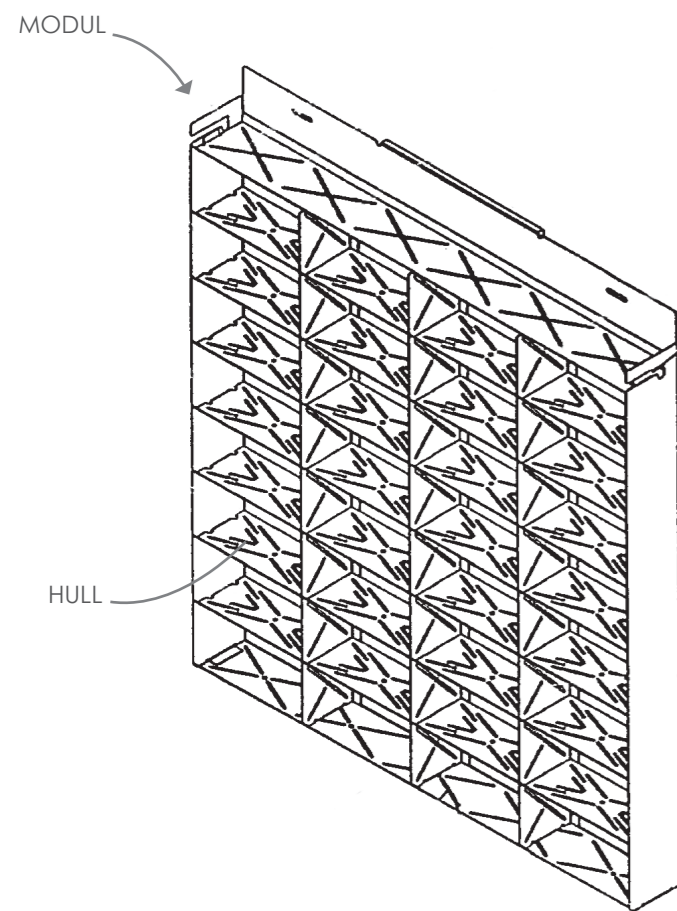
Innenfor fagmiljøet er det ulike meninger om bruken av et vekstjord som vekstmedium. Mark Laurence er en pioner innen vertikal beplantning og har blant annet utviklet et hydroponisk levende veggssystem som benyttes av Biotope (britisk firma med fokus på grønne vegger), og arbeider nå med å utvikle et neste-generasjons levende veggssystem. I følge Mark Laurence (2014) vil det å bruke vekstjord være bedre for økologien, men vil samtidig forårsake en høyere konsentrasjon av mineralsalter i vekstmediet. Høye saltkonsentrasjoner er skadelig for planter på to måter; ved osmotisk påvirkning og ved ionisk toksisitet (University of California 2014).

Osmose er en prosess som fører til utligning av konsentrasjonsforskjeller mellom to løsninger

ved at det oppløste stoffet siver (diffunderer) fra den svakere til den sterkere oppløsningen (Ormestad 2009). Fordi planteceller som regel har en høyere konsentrasjon av oppløste stoffer enn vannet i vekstmediet, diffunderer vann inn i plantecellene for å utligne konsentrasjonsforskjellen. Når saltkonsentrasjonen i vekstmediet stiger vil imidlertid denne forskjellen bli redusert og vannet strømmer ikke lenger like fritt til cellene. Dette fører til at vannmolekylene i planten blir tynt fordelt. Planten blir dermed dehydrert og kan dø dersom situasjonen ikke blir rettet opp (University of California 2014).

Et ion er et atom, eller en gruppe med atomer med en negativ eller positiv ladning (Pedersen 2014). Salter som er dannet av ioner, slik som klor, bor og natrium, blir absorbert av planterøttene og samler seg i planten over tid, noe som kan være skadelig for plantens vekst. Dette kalles ionisk toksisitet. Symptomene kan variere, men er ofte synlig gjennom bladsviing, spesielt på eldre blader (University of California 2014).

George Irwin er grunnleggeren av det New York baserte selskapet Green Living™ Technologies International (GLTi) og har utviklet et levende veggssystem basert på vekstjord. I følge Irwin (2010) er fordelene ved bruk av vekstjord at vekstmediet støtter vekst av gunstige bakterier og mikroorganismer, samt at det holder godt på vann (Irwin 2010).



Figur: 1.18 (over til venstre) Modul, Green Living™ Walls  
 Figur: 1.19 (over til høyre) Modul festet i vegg, Green Living™ Walls

### LEVENDE VEGGSYSTEM BASERT PÅ PLANTEBOKSER

Green Living™ Walls ble utviklet av GLTi og er et levende veggssystem basert på plantebokser med vekstjord som vekstmedium. Systemet ble originalt utviklet for beplantning av grønne tak med helning, men ble senere videreutviklet til bruk på vertikale flater (GLTi 2014a).

#### OPPBYGNING

Systemet blir fremstilt av aluminium eller rustfritt stål og er tilgjengelig i en rekke størrelser og dybder (GLTi 2014a). Systemet består av moduler, hvor hver modul har et visst antall celler/bokser som fylles med vekstmedium og beplantes med vegetasjon. For å øke plantenes rotvolum og rotfeste er det små hull i celleveggene som tillater røttene å vokse fra en celle til en tilstøtende

celle. Modulens bakvegg er vanntett og hindrer rotvekst, og beskytter dermed bygningsfasaden mot fukt og planteskader. Modulene festes til en bærekonstruksjon som igjen er festet på en frittstående vegg eller bygningsfasade (Irwin 2008a).

#### VEKSTMEDIUM

GLTi har også utviklet en egen jordblanding, 'GLT™ bioSoil', som er spesifikt designet for bruk i deres grønne vegger. BioSoil inneholder blant annet ulike gunstige bakterier, som ved nitrogenfiksering og ved å tilgjengeliggjøre fosfor for planten, reduserer behovet for tilførsel av gjødsel. Dette fører dermed til at eventuell gjødselsavrenning blir redusert (GLTi 2014b).



Bilde: 1.25 PNC-Bank, sommersituasjon



Bilde: 1.26 PNC-Bank, vintersituasjon

### EKSEMPEL PÅ GRØNN VEGG AV GREEN LIVING™ WALLS

#### PNC BANK, PITTSBURGH

I 2009 ble en grønn vegg installert på PNC-bygget i Pittsburgh, USA. Veggen ble designet av Kari Katzander fra 'Mingo Design' og ble virkeliggjort ved hjelp av ekspertise fra GLTi, Philly Green Wall, MNB Constructs og en rekke arkitekter (GLTi 2014a; Meinhold 2009).

Den 221 m<sup>2</sup> store veggen er basert på vekstjord og inkluderer åtte stedegne, eviggrønne plantesorter. Systemet består av 602 moduler og er direkte forankret i en forsterket betongmur på bygningens sørvegg (Meinhold 2009).

Før den grønne veggen kunne installeres, måtte den daværende granittfasaden fjernes og erstattes med betong. Dette ble gjort for å sikre at veggen kunne bære en belastning på 20 tonn, som tilsvarer systemets vannmettede vekt.

Veggen har et enkelt vanningsystem som overvåkes via sensorer for å maksimere ytelsen og helsen til plantene. Prosjektet er nå i sitt femte år og med unntak av noen få endringer i plantevalget har veggen fungert som planlagt (GLTi 2014a).



Bilde: 1.27 'The Minorities, Tower Bridge',  
Hydroponisk levende veggssystem

## HYDROPONISKE LEVENDE VEGGSYSTEMER

Hydroponikk stammer fra de greske ordene 'Hydro' som betyr vann, og 'Ponos' som betyr arbeid (Irwin 2012). Hydroponikk er en teknikk for å dyrke planter uten å bruk av vekstjord. Denne teknikken tar utgangspunkt i at planter ikke krever vekstjord for å vokse og at vekstjord kun fungerer som en mekanisk rotstøtte. I tillegg til karbondioksid og lys er det bare vannet og de mange mineralene som er oppløst i vekstjorden plantene faktisk trenger (Lock 2013).

### NATURLIG HYDROPONIKK

I naturen finner man mange plantearter som overlever med tilgang til lite eller ingen vekstjord. Her blir næringsstoffer og minerale ført naturlig til plantene gjennom avrenning og tas opp gjennom plantens rotsystem (Irwin 2012). Så lenge vann er tilgjengelig hele året, slik som i tropiske skoger eller tempererte fjellskoger, kan planter vokse på trestammer og greiner, så vell som i habitater med lite vekstjord, slik som på kalksteinklipper, i grotter eller fossefall. I følge Blanc (2012) gir slike situasjoner perfekte leveområder for

mange plantearter og viser at det er mulig for planter å vokse tilnærmet uten vekstjord, så lenge de har tilgang på vann og næring.

### LANDBRUK

Idéen om at hydroponikk kunne utnyttes i moderne landbruk fanget interessen til både gartnere og forskere. Dette førte til at det gjennom det forrige århundret ble eksperimenter med mange ulike metoder for hydroponisk landbruk. En faktor som drev forskningen videre var muligheten for å dyrke fersk mat i de delene av verden med svært næringsfattig vekstjord (General hydroponics 2014). Denne teknologien har nå blitt videreført til utvikling av levende veggssystemer, både til matproduksjon og som pryddvegger.

### VEKSTMEDIUM

Enkelte vekstmedium som benyttes i hydroponiske systemer har lav eller ingen vannlagringskapasitet. Plantene i et slikt system er derfor avhengig av en jevn tilgang til vann og næring. Det finnes to former for



hydroponisk system; et aktivt og et passivt. I et aktivt system brukes mekaniske pumper til å føre vann med næringsstoffer til planten, mens i et passivt system føres vannet til planten gjennom et stoff eller en form for uorganisk medie. Et aktivt system er det som vanligvis brukes i hydroponiske levende veggssystem (Irwin 2012).

### VANNINGSSYSTEM

Vanningssystemet står for levering av vann og næringsstoffer til planterøttene, og er en av de viktigste komponentene i en hydroponisk levende vegg. På grunn av tyngdekraften er det ekstra utfordrende å beregne vannmengde på en vertikal flate. Tyngdekraften trekker vannet gjennom veggen ned mot bakken. Dette resulterer i at systemet vil bli tørrere på toppen enn på bunnen, noe som kan føre til overvanning av plantene i den nederste delen av veggen. En løsning er å vanne i soner slik at man får en bedre kontroll over vannvolum og frekvens. Antall soner er avhengig av veggens størrelse (Irwin 2013).

Vannet må komme fra et sted og det er vanlig å enten benytte seg av drikkevann eller et reservoar. I et reservoar er som regel vannet allerede gjødslet og gjenbrukes i et sirkuleringssystem (Irwin 2013). Arvid Ekle, daglig leder i Anlegg & Utemiljø og BioWall AS, mener at sirkulering og gjenbruk av vannet kan føre til overgjødning, oppbygning av salter og partikler, og en rask sykdomspredning i veggen. Vannet burde derfor renses før det føres inn i systemet igjen (Ekle 2014). Om det benyttes drikkevann må vannet tilføres næring gjennom en injektor. Her blir ikke

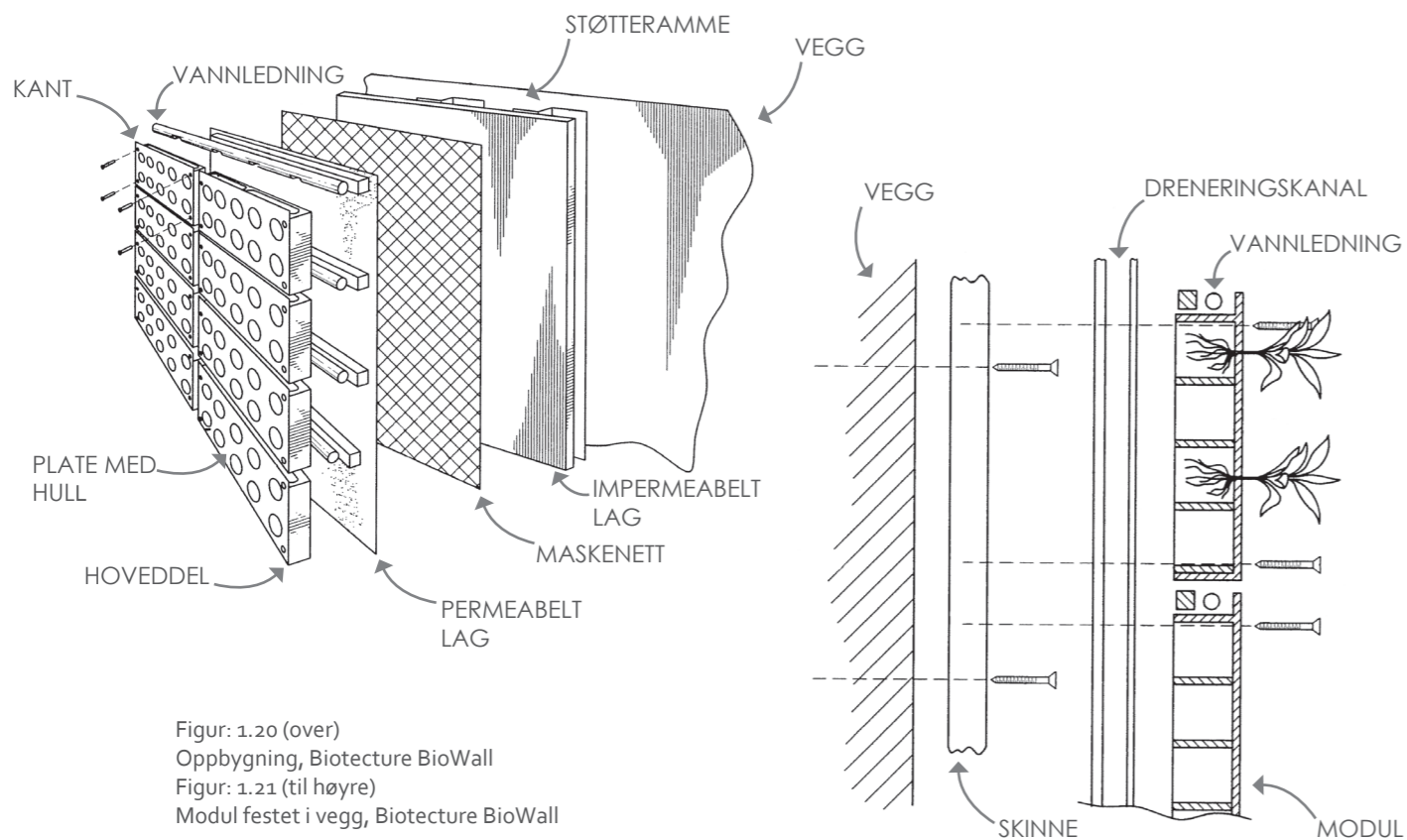
vannet brukt på nytt og er dermed ikke utsatt for de samme problemene, men kan utsettes for vannrensende midler i drikkevannet, som klor og fluor. Vannet skal altså bevege seg fra forbindelsespunktet til en gjødselkilde, gjennom en ventil og filtre og videre til den angitte vanningssonen, som styres av en soneventil. Hvor ofte og hvor mye hver sone vannes blir kontrollert av en tidsinntilt bryter, et overvåkningssystem, eller begge deler (Irwin 2013).

### SPLITTET FAGMILJØ

Også omkring bruken av hydroponikk i levende veggssystemer er det forskjellige meninger innenfor fagmiljøet. George Irwin (2012) trekker frem negative aspekter som utbrudd av rottråte forårsaket av anaerobe forhold (oksygenmangel), et økt behov for skjøtsel, i tillegg til en dårlig vannfordeling ved bruk av filt (mer vann på bunnen enn på toppen). Han mener det kreves en fin balanse mellom mange variabler (næring, pH, temperatur, lys og oksygen) for at en hydroponisk levende vegg skal fungere.

Mark Laurence (2009; 2012) ser også noen negative sider ved hydroponikk, slik som høyere installasjonskostnader og kravet til en ekstern tilførsel av næringsstoffer, men mener de positive sidene veier opp for dette. Han trekker blant annet frem at hydroponiske systemer ikke utsettes for jordbaserte sykdommer og skadedyr, bruker mindre vann og har en økt plantevekst. I tillegg fører den nøyaktige reguleringen av næringstilførselen til at plantene aldri får mangelsykdommer (Laurence 2009; Laurence 2012).

Bilde: 1.28 (over) Viser reservoaret som brukes til å vanne denne levende vegg



Figur: 1.20 (over)  
Oppbygning, Biotecture BioWall  
Figur: 1.21 (til høyre)  
Modul festet i vegg, Biotecture BioWall



Bilde: 1.29 (over) 'Estates Office of Land Securities'

## GRODAN MODULSYSTEM

Biotecture BioWall ble utviklet av Mark Laurence og Richard Alexander Sabin gjennom firmaet 'Biotecture' i England. Det er et modulbasert, hydroponisk levende veggssystem som benytter vekstmediet Grodan (Laurence & Sabin 2010).

### GRODAN

Grodan blir produsert av et tysk firma, 'Grodan Group', og er en form for steinull laget av behandlet basalt (Biotecture 2014a). Grodan består av 95 prosent luft og kan holde opp til 80 prosent fuktighet, noe som gjør at systemet bruker svært lite vann. I følge Laurence (2012) har det blitt utført tester som viser at denne type Grodan først viser tegn til strukturelt forfall etter ca. 20 år.

### OPPBYGNING

Veggen blir bygget opp av moduler på 45 x 60 cm, med 75 planter per m<sup>2</sup> (ved bruk av urter har modulen flere planter per m<sup>2</sup>). Plantene blir plantet i modulene i forkant av installasjonen og står en periode i drivhus (Ekle 2014). Dette gjør at plantene blir godt forankret i vekstmediet og gir veggen et umiddelbart frodig uttrykk etter installasjon (Hopkins & Goodwin 2011).

Hver modul har en hul hoveddel som fylles med vekstmedium (Grodan). Forsiden av hoveddelen består av en plate med et hull per plante, og disse hullene blir gjenspeilet i vekstmediet. Hoveddelens topplokk har to åpninger for å slippe vann og næring inn til plantene. Undersiden er forseglet, mens baksiden forblir åpen, slik at overflødig vann slipper ut. Hver hoveddel har også en kant på toppen som sikrer et mellomrom mellom hver horisontale modulrekke. Dette mellomrommet gir plass til vannledningene, i tillegg til å skjule vanningsystemet slik at det ikke synes utenfra (Laurence & Sabin 2010).

Bak modulene er det en dreneringskanal som tar seg av det overflødig vannet i modulen. Dreneringskanalen består av en dreneringsmembran som er sammensatt av et et permeabelt lag og et maskenett. Bak maskenettet er det et impermeabelt lag som hindrer vann og fuktighet i å nå støtterammen og veggen systemet er montert på (Laurence & Sabin 2010).

For å feste modulene til veggen må modulene først festes på en støtteramme av for eksempel kryssfiner, eller festes direkte på stålskinner. Dersom støtterammen bygges av

kryssfiner må man bruke braketter til å feste støtterammen til veggen, mens ved bruk av stålskinner kan disse festes til veggen direkte. Om det skal gjøres endringer i modulen etter installasjon, kan man løsne noen skruer og enkelt fjerne modulen uten å påvirke vanningsystemet (Laurence & Sabin 2010).

### VANNINGSSYSTEM

Biotecture bruker et dryppvanningsystem hvor en pumpe bygger opp et trykk i vannledningen som gjør at ventilene åpnes og slipper ut riktig mengde vann (Ekle 2014). Vannet renner så gjennom åpningene i hoveddelens topplokk hvor det blir absorbert av vekstmediet. Overskuddsvannet renner ut i dreneringskanalen og strømmer nedover, uten å trekke inn i underliggende moduler. Dette forhindrer overvanning og gjør at veggen får en tilfredsstillende vannfordeling. Under modulene blir det plassert en renne for å samle opp vannet fra dreneringskanalen. Rennen kan føre til et reservoar, slik at vannet kan gjenbrukes eller resirkuleres tilbake til vanningsystemet. Dette reduserer vannmengden som blir brukt og forbedrer dermed vanningsystemets effektivitet (Laurence & Sabin 2010). Som tidligere nevnt kan en sirkulering av vannet

føre til oppsamling av partikler, salter og sykdomspredning. Man må derfor kontrollere vannets næringsinnhold og det må filtreres og behandles før det gjenbrukes i anlegget.

## EKSEMPEL PÅ GRØNN VEGG AV BIOTECTURE BIOWALL

ESTATES OFFICE OF LAND SECURITIES, LONDON

På 'Estates Office of Land Securities' i London ble det i 2011 installert to grønne vegger levert av Biotecture. Veggene ble bestilt og installert for å erstatte tidligere grønne vegger som hadde gitt dårlige resultater.

Veggene strekker seg over 240 m<sup>2</sup> og hovedveggen er installert på byggets vestvendte fasade. Det ble valgt å bruke robuste planter som krever lite vedlikehold, med et design som ga et frodig og naturlig uttrykk.

Selv om bygningen er omringet av høyhus som kaster skygge, blir den om sommeren truffet av mye reflektert lys. Dette skaper et unikt mikroklima og var en faktor Biotecture sitt designteam tok i betraktning gjennom hele designprosessen (Biotecture 2014b).



Bilde: 1.30 'The Drew School', San Francisco. Rett etter installasjon

#### FILTSYSTEM

Mur Végétal (vertikale hager) ble utviklet av Patrick Blanc og består av tre deler: en metallramme, et PVC-lag og to lag med syntetisk filt. Den syntetiske filten er i følge Blanc (2012) motstandsdyktig mot råte og har en høy evne til å holde på vann (kapillaritet), noe som gjør at det blir en jevn vandistribusjon.

#### OPPBYGNING

Filtlagene blir festet på en metallramme med et én cm. tykt vanntett PVC-lag, som beskytter veggen mot vann og fuktighet. I det ytterste filtlaget blir det skåret ut én lomme per plante, hvor de blir plantet enten som frø, stiklinger eller voksen plante. Plantene får vann og næring gjennom et vanningsystem som er festet på toppen av veggen. Dersom vanningsystemet er koblet til springvannet, må vannet suppleres

med næring. Blanc (2012) mener det er best å bruke resirkulert vann, for eksempel gråvann, regnvann eller vann fra klimaanlegg. Dette systemet har en egenvekt på under 30 kg per m<sup>2</sup>, og gjør at den kan anlegges på de fleste vegger (Blanc 2012).

#### BEGRENSNINGER

Filtssystem er sårbart da det kun tåler korte perioder uten vann. Ved lengre perioder vil veggen tørke ut og mange planter må byttes ut (Irwin 2010). I følge Mark Laurence (2012) har vekstmediet så godt som ingen oppbevaringsevne, og viser til observasjoner som tilsier at systemet kan bruke opp til åtte ganger så mye vann som Biotecture sitt grodansystem. Det er også et problem at filten kan revne etterhvert som den blir eldre eller ved en økt vektbelastning (Laurence 2012).



Bilde: 1.31 'Quai Branly Museum', mai. 2012

#### EKSEMPEL PÅ GRØNN VEGG AV MUR VÉGÉTAL

##### QUAI BRANLY MUSEUM, PARIS

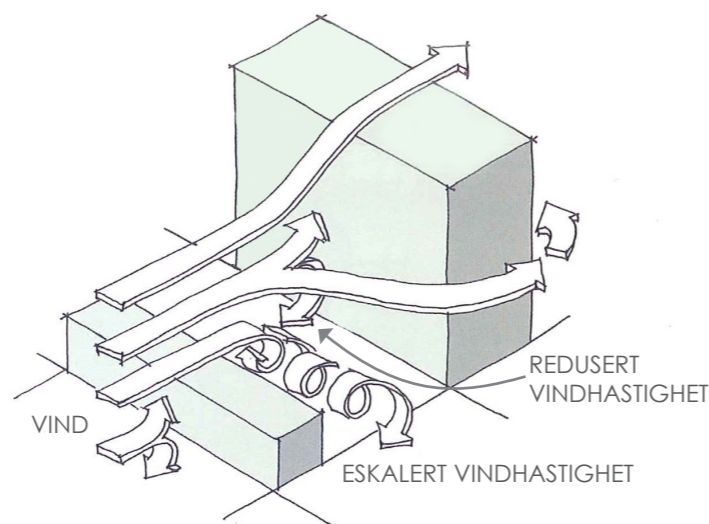
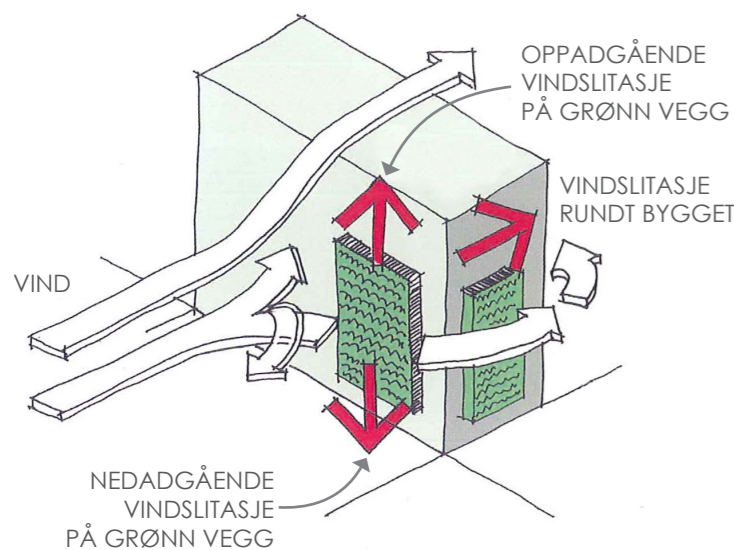
Etter en lang designprosess ble Patrick Blancs 800 m<sup>2</sup> store vegg på Quai Branly museet endelig ferdigstilt i 2005. Prosjektet ble utarbeidet i samarbeid med museets arkitekt Jean Nouvel.

Veggen er nordvendt og utsettes for regelmessige luftstrømmer fra Seinen (Blanc 2012). Veggen består av 15 000 planter (Uffelen 2011) med en variasjon av ulike arter fra verdens viktigste tempererte soner, hovedsaklig fra den nordlige halvkule (Nord-Amerika, Europa, Kina, Himalaya og Japan) og noen få fra sørlige tempererte soner (Blanc 2012).



Bilde: 1.32 'Quai Branly Museum'





Figur: 1.22 (venstre) Viser hvordan vind kan skape slitasjeskader på grønne vegger  
Figur: 1.23 (over) Viser hvordan vind får komplekse vindmønstre i gatemiljø

## KLIMATISKE PÅVIRKNINGER

### LOKALKLIMA

Når man designer et levende veggssystem er det viktig at man forstår lokalklimaet og dets spesifikke karakteristikk. Om man kun tar utgangspunkt i gjennomsnittstemperaturer og relativ luftfuktighet som har blitt målt over flere år, vil man ikke få en fullstendig oversikt over området lokalklima. For å få en tilfredsstillende oversikt må man se på målinger som viser ekstreme vær-situasjoner i det aktuelle lokalklimaet, og på denne måten få innsyn i hvilke ytterpunkter systemet kan utsettes for (Hopkins & Goodwin 2011).

### VIND

Når grønne vegger skal anlegges i bebygde områder, må man ha en forståelse for hvordan vind oppfører seg rundt høyhus, både for enkeltstående bygninger (Figur 1.22) og for bygninger i et gatemiljø (Figur 1.23).

#### ENKELTSTÅENDE BYGNINGER

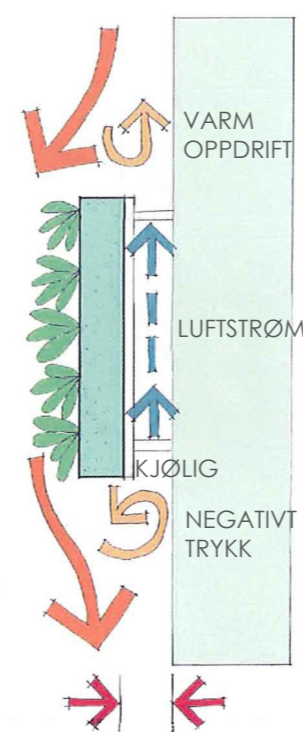
Et generelt prinsipp for hvordan vind oppfører seg når den treffer et enkeltstående høyhus er at vindhastigheten øker jo høyere opp på bygget man kommer. Når vinden treffer vinkelrett på et høyhus skifter den kurs og går rundt på sidene av bygget, noe går opp fasaden og over taket, og noe går ned fasaden til bakkenivå (Hopkins & Goodwin 2011). Når vinden endrer kurs øker vindhastigheten fordi luften blir komprimert rundt

hushjørnene. På lesiden av bygget oppstår det også vindskygger (Yeang 2006). Økt vindhastighet har en innvirkning på plantenes vekstforhold, plantenes og systemets strukturelle kapasitet og hvordan systemet skal festes på fasaden.

#### BYGNINGER I GATEMILJØ

Når vind treffer bygninger i et gatemiljø blir vindmønsteret og vindhastigheten ytterligere påvirket. Vinden blir i slike miljøer ofte tvunget gjennom små åpninger eller mellom bygg, og dette gjør at det oppstår lokale vindmønstre, turbulens og virvler. Høyere vindhastigheter fører også til at plantene har en økt fordampning, noe som påvirker hvor mye vann som må tilføres veggen (Hopkins & Goodwin 2011). Det er derfor svært viktig at lokale vindforhold blir utforsket før man anlegger en grønn vegg.

Vindbelastningen som den strukturelle rammen skal utsettes for er en fremtredende faktor i utformingen av systemet (Figur 1.24). Nærmere bestemt er vindbelastningen som veggfestet utsettes for et kritisk punkt, med tanke på lufttrykkforskjellen i mellomrommet mellom fasaden og støtterammen (Hopkins & Goodwin 2011).



JO STØRRE AVSTAND ER, JO STØRRE BLIR TRYKKET I LUFTSTRØMMEN

### PLASSERING OG HIMMELRETNING

Hvilken himmelretning veggen er vendt mot (Figur 1.25) og i hvilken høyde den grønne veggen er plassert på fasaden, vil ha en innvirkning på den grønne veggens ytelse (Hopkins & Goodwin 2011).

#### ØSTSIDEN

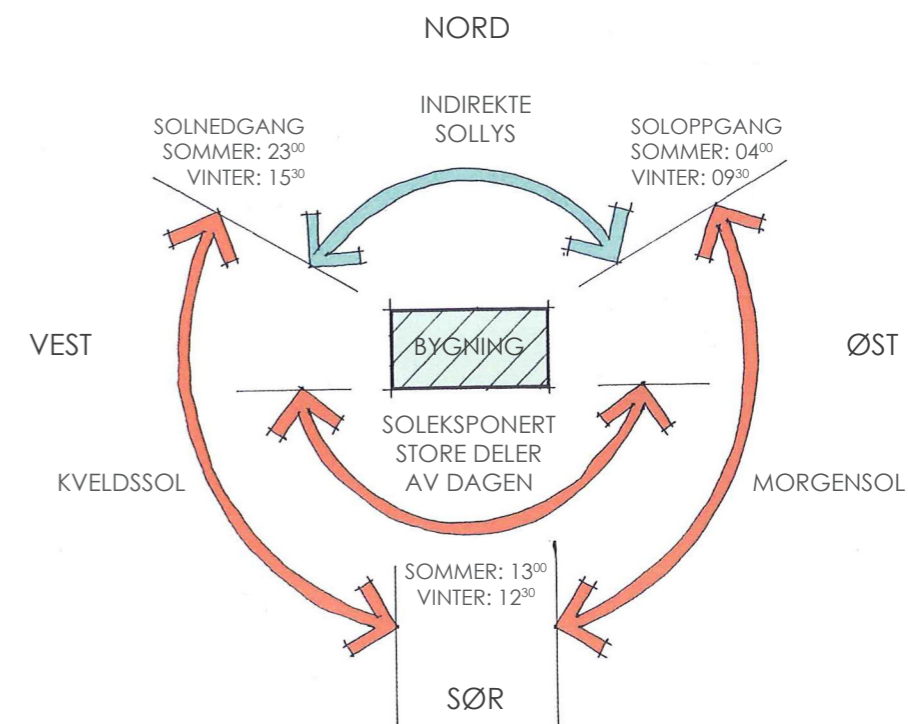
Østsiden nyter godt av morgen- og formiddagssol, som kan gi nok lys til at mange planter trives. Om våren kan østsiden være mer utsatt for nattefrost (Krunner & Ropeid 2000), noe som kan føre til kjøleskader eller plantedød (SNL 2014). Arvid Ekle (2014) påpeker også at planter på østsiden kan være utsatt for bladsvie.

#### SØRSIDEN

Sørsiden er svært soleksponert og krever varmekjære planter (Krunner & Ropeid 2000). Sørsiden vil ha de største variasjonene mellom ekstrem-situasjoner. Ekle (2014) mener derfor at dette er den mest uegnede plasseringen for en grønn vegg.

#### VESTSIDEN

Vestsiden er ofte utsatt for vær og vind. Ettermiddagssolen gir allikevel en del varme og en grønn vegg kan bidra til å



beskytte fasaden mot sterkt regn (Krunner & Ropeid 2000). Hvor effektivt en grønn vegg kan beskytte en bygningsfasade mot ytre påvirkninger blir belyst i del to.

#### NORDSIDEN

På nordsiden av en bygning er det kun indirekte lys som er tilgjengelig for planten. Disse plantene må derfor ha et lavt lysbehov og tåle lave temperaturer (Hopkins & Goodwin 2011). I følge Ekle (2014) vil det her være minst variasjon mellom ekstrem-situasjoner, noe som gjør den til en godt egnet plasseringen for en grønn vegg.

#### PLASSERING PÅ FASADEN

Hvor den grønne veggen plasseres på fasaden vil også ha en innvirkning på den grønne veggen. Jo høyere veggen plasseres jo mer soleksponert og vindutsatt vil den være, samtidig som den ikke får skygge fra omkringliggende bygninger. Hvilken himmelretning veggen er vendt mot og i hvilken høyde den er plassert, vil være viktige faktorer som påvirker fordampning, vannbehov og plantevalg (Hopkins & Goodwin 2011).



Bilde: 1.33 Vedlikeholdsarbeid på et levende veggssystem



Bilde: 1.34 Installasjon av et levende veggssystem

## SKJØTSEL AV GRØNNE VEGGER

Skjøtsel er en nøkkelfaktor for å opprettholde en grønn vegg og må vurderes grundig ved starten av et prosjekt. Avhengig av hvilket system man bruker og hvor god tilgang man har til veggen (om man må bruke stige, lift eller lignende for å komme til veggen), kan vedlikehold bli det mest kostbare og arbeidskrevende elementet på lang sikt (Irwin 2008b; Lock 2013).

Grønne vegger består av levende organismer og trenger derfor tilstrekkelig støtte og pleie for å overleve. Noen løsninger krever mindre skjøtsel enn andre, men man må alltid tilpasse skjøtselen til den valgte løsningen og plantene som er involvert. Skjøtselsbehovet vil inkludere beskjæring, tilførsel av næring og utskiftning av planter. Noen systemer vil også måtte overvåkes for å forsikre seg om at de strukturelle elementene forblir sikre og ikke svekkes. For å maksimere levetiden til en grønn vegg er det viktig å fremheve kostnader og krav tidlig i prosessen (Lock 2013).

Grønne fasader og levende vegger krever organisert forvaltning og skjøtsel. Hos begge systemene må ugress fjernes, plantene må undersøkes for sykdommer og ved noen

tilfeller må plantene vaskes for å holde seg friske (Irwin 2008b).

### GRØNNE FASADER

Hos grønne fasader må klatreplantene beskjæres sporadisk slik at de ikke vokser inn i takrenner eller fester seg på uønskede plasser. Om dette ikke gjøres kan det føre til at veggen gir et forsømt og negativt uttrykk. Ved nøye planlegging av beplantning og bæresystem, vil de fleste grønne fasader ha et lavt skjøtselsbehov (Ottelé 2011).

### LEVENDE VEGGSYSTEMER

Levende veggssystemer med et stort mangfold og mange planter, kan kreve en viss skjøtselmengde. Skjøtselen er på kort sikt i hovedsak relatert til vegetasjonen og ikke selve konstruksjonen. Vanningssystemet må tømmes om vinteren for å unngå frostskaider og ekstra næring må til tider etterfylles. Vegetasjonen må beskjæres etter behov og døde planter må byttes ut. I noen tilfeller er det mulig å bytte ut hele moduler med nye planter, for et umiddelbart grønt resultat (Ottelé 2011). Det anbefales å sjekke veggen grundig hver vår og samtidig utføre et større skjøtselsarbeid (Ekle 2014).

## KOSTNAD VED INSTALLASJON

Grønne fasader og levende vegger er per dags dato dyre teknologier, samt levende veggssystemer er ofte den dyreste formen for vertikal beplantning. Dette kan være fordi det er mulig å bruke flere plantearter, noe som gir designeren muligheten til å være mer kreativ. Man kan også anta at de fleste levende veggssystemene krever et mer komplekst design fordi det er flere materialer og lag involvert, det er behov for komplekse bærekonstruksjoner og vann- og næringssystemer, etc. I tillegg kan de være dyre å installere og kreve tettere ettersyn (Ottelé 2011).

Figur 1.26 er en tabell med en estimert oversikt over installasjonskostnadene for ulike systemer (Ottelé 2011). Denne tabellen er basert på europeiske priser (euro) og man kan dermed anta at norske priser vil være noe høyere. Kostnader for vedlikehold og skjøtsel vil komme i tillegg til installasjonskostnadene, noe som vil heve kostnadene ytterligere.

Ut i fra denne tabellen kan man se at levende veggssystemer er omtrent ti ganger så dyrt som grønne fasader. Spørsmålet blir dermed om det er verdt pengene å anlegge levende vegger, når man kan benytte seg av grønne

fasader for en tidel av prisen. På en annen side vil ikke grønne fasader kunne gi den samme kunstneriske friheten som levende veggssystemer kan gi, når det kommer til plantevalg. Dette kan gjøre det mindre sannsynlig at arkitekter og designere ønsker å inkorporere grønne vegger i designet sitt, samt at vi ikke får utnyttet fordelene vertikal beplantning kan gi samfunnet. Disse fordelene vil jeg komme nærmere inn på i del to.

### ESTIMERTE INSTALLASJONSKOSTNADER

SYSTEMTYPE	PRIS (€/m <sup>2</sup> )
KLATREPLANTER FESTET I VEGGEN	30-45
KLATREPLANTER FESTET I BÆRE- KONSTRUKSJON	40-75
GRODAN MODULSYSTEM	400-800
PLANTEBOKSER	400-600
FILTSYSTEM	350-750

Figur: 1.26 Viser estimerte installasjonskostnader for ulike systemer for vertikal beplantning

# OPPSUMMERING

Vertikal beplantning/grønne vegger er alle slags former for vertikale, eller nært vertikale, strukturer som er dekket med vegetasjon. Det finnes mange ulike kategorier og systemer med varierende kompleksitet.

Det å designe, installere og vedlikeholde grønne vegger krever en kombinasjon av ferdigheter og innspill fra en rekke disipliner (arkitekter, landskapsarkitekter, plantevitere, ingeniører, anleggsgartnere, etc). Ved anleggelse av en ny vegg er det viktig at man tar for seg alle faktorer og setter korrekte forventninger med hensyn til anleggskostnader, plantevalg, miljøinnvirkning, samt potensiell fremtidig innsats og kostnader som kreves for å vedlikeholde systemet (Lock 2013).

For at flere skal kunne utnytte seg av grønne vegger må det utvikles billigere systemer. En utfordring vil være å unngå at kostnadsreduksjonen skal gå på bekostning av systemets kvalitet.

På en annen side kan fordelene denne teknologien gir til det urbane miljøet veie opp for installasjonskostnadene (mer om dette i del to). Samtidig vil man ved å øke integrasjonen mellom bygningskroppen og den grønne veggen, kunne spare kostnader på andre poster. Integrasjonen kan økes ved å for eksempel bruke levende vegger som en alternativ kledning, gråvannrensing og vannfordrøyning.



# DEL 2

## VERTIKAL BEPLANTNING I ET BÆREKRAFTIG PERSPEKTIV

# BÆREKRAFTIG UTVIKLING

Etterfulgt av at Brundtlandrapporten ble publisert i 1987 og Rio-konferansen ('Earth Summit') ble holdt i 1992, har bærekraftig utvikling blitt et viktig forhandlingskort i nasjonale og internasjonale diskusjoner (Finansdepartementet 2009). Brundtlandkommisjonen definerer begrepet bærekraftig utvikling som:

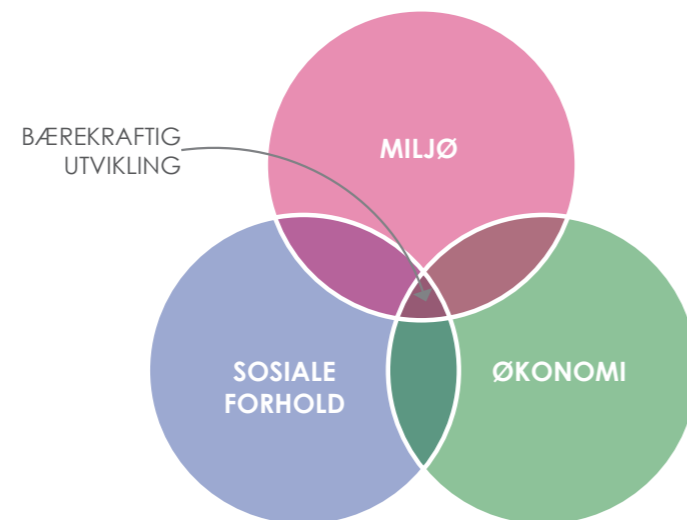
*(...) en utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få tilfredsstillende sine behov*

(World Commission on Environment and Development 1987).

Tanken bak denne definisjonen er at man ved å jobbe med tre områder, miljø, økonomi

og sosiale forhold, og ved å se disse tre områdene i en sammenheng, vil man skape en bærekraftig utvikling (Figur 2.1). Et fokusområde skal ikke ha en større status enn et annet; økonomisk vekst eller utvikling i fattige land skal for eksempel ikke gå på bekostning av miljøet (World Commission on Environment and Development 1987).

Vertikal beplantning tilbyr ulike fordeler som gagnar samfunnet, slik som ved å redusere luftforurensning, energibruk og støy. I denne delen skal jeg se på hvilke fordeler vertikal beplantning gir, samt om dette er en bærekraftig teknologi.



Figur: 2.1 Illustrasjon av bærekraftig utvikling

# FORDELER MED GRØNNE VEGGER

Noen av de klimatiske, kulturelle, miljømessige og politiske faktorene som påvirker byene våre, fungerer som drivkrefter for å introdusere vegetasjon til det urbane miljøet (Hopkins & Goodwin 2011). For å kunne vurdere om vertikal beplantning er bærekraftig er det viktig å se på hvilke fordeler denne teknologien tilbyr og om disse fordelene gagnar samfunnet som helhet eller kun noen få. Jeg har derfor valgt å basere meg på Hopkins og Goodwin (2011) og hvordan de har delt opp fordelene med vertikal beplantning i to kategorier: Private fordeler og offentlige fordeler.

'Private fordeler' relaterer seg spesielt til bygningseiere og beboere, ved å ha en innvirkning på bygningens energiforbruk, verdi og komfort. Kategorien 'offentlige fordeler' omhandler de fordelene som har innvirkning på hele samfunnet, slik som bedring av klima og folkehelse. En individuell grønn vegg vil ikke bidra med alle de ulike fordelene innenfor hver kategori. Dette vil avhenge av veggens plassering og systemtype (Hopkins & Goodwin 2011).

Jeg har valgt å basere meg på Hopkins & Goodwins (2011) kategorisering, men har også valgt å endre på noen av fokusområdene innenfor de ulike kategoriene der jeg følte at noe manglet eller der temaet ble gjentatt i flere fokusområder. Jeg har eksempelvis ikke presentert hvordan grønne vegger kan bidra til en forbedret luftkvaliteten innendørs, da jeg ikke fokuserer på innendørs grønne vegger.

## PRIVATE FORDELER

Private fordeler omfatter blant annet:

- Redusert energibruk og temperaturkontroll
- Støyisolering
- Kostnadsreduksjon ved integrering med bygningskroppen
- Økt markedsverdi
- Beskyttelse av fasaden

## TEMPERATURKONTROLL OG REDUSERT ENERGIBRUK

Grønne vegger har kjølede og isolerende egenskaper som fører til redusert energibruk til oppvarming og nedkjøling av bygninger. Spesielt i varme strøk er den kjølede egenskapen en av de viktigste fordelene grønne vegger tilbyr (Hopkins & Goodwin 2011).

## URBAN TEMPERATURSTIGNING

I følge Akbari et al. (2001) har temperaturen i urbane områder steget med omtrent 0,5-3 °C siden 1940. For hver 1 °C økning i temperatur, vil energibehovet normalt øke med 2-4 prosent. Akbari et al. (2001) estimerte i 2001 at 5-10 prosent av det daværende energibruket ble brukt til å avkjøle bygninger, for å kompensere for den urbane temperaturøkningen. Akbari et al. (2001) presiserer i sin rapport at man ved å innføre vegetasjon til byen kan redusere USA sitt nasjonale energiforbruk på klimaanslag med hele 20 prosent, og spare mer enn 10 milliarder dollar.

## FÅ STUDIER I TEMPERERTE KLIMA

I hvilken grad grønne vegger bidrar til å kjøle ned omkringliggende områder har nylig fått stor oppmerksomhet, og det har blitt utført få studier i tempererte klima. Det er også begrenset med informasjon omkring hvilke system og hvilke planter som har de beste kjølede egenskapene (Cameron et al. 2014). Gjennom et studie i Nederland utført av Perinia et al. (2011), ble det påvist at en grønn fasade som er festet direkte i veggens reduserer fasadens overflatetemperatur med 1,2 °C, mens en grønn fasade som er festet i et bæresystem 20 cm. fra veggens reduserer overflatetemperaturen med hele 2,7 °C, sammenlignet med en naken vegg (Perinia et al. 2011).

**KJØLENDE OG ISOLERENDE EGENSKAPER**  
 For alle grønne vegger vil plantevalg og andre faktorer, slik som fuktigheten i vekstmediet, sterkt påvirke veggens kjølepotensial. Grønne vegger kjøler ned omgivelsene ved hjelp av ulike mekanismer; skyggelegging, fordampning, ved å forstyrre luftstrømmer (vind) og ved absorbering av sollys (Perinia et al. 2011). En grønn vegg sine isolerende egenskaper kommer i hovedsak av vegetasjonens evne til å fange et lag med luft som begrenser varmebevegelsen gjennom veggene, og ved å beskytte bygningsfasaden mot vind (Hopkins & Goodwin 2011). Hvor stor innvirkning de ulike mekanismene har på de omkringliggende områdene vil avhenge av planteart, hvor tett bladverket er, hvor mye fuktighet som er tilgjengelig, sesongvariasjoner og plantestyrke (Perinia et al. 2011).

Skyggelegging blir ansett som den viktigste kjølede faktoren. Alle former for vertikal beplantning vil avgi en viss skygge på bygningsfasaden, men noen systemer vil skygge mer enn andre. Grønne fasader har et generelt mer gjennomskinnelig løvverk og avgir derfor mindre skygge og har lavere isolerende egenskaper enn levende veggssystemer (Perinia et al. 2011).

Hvor mye skygge anlegget kaster avhenger av hvilke plantesorter og hvilket bæresystem som velges, planteavstand, og hvor stor del av fasaden man velger å dekke med vegetasjon. Dekningsgraden til de ulike systemene kan variere fra en lett dekning på 10 prosent, til en tett dekning på hele 80 prosent. En viktig faktor er hvorvidt planten er løvfellende eller vintergrønn. En løvfellende sort vil skape varierende dekningsgrad i løpet av sesongen. Fra en lett dekning om vinteren, som tillater vintersolen å skinne inn i bygningen, til en tett dekning om sommeren, som forhindrer varm sommervarme i å varme opp bygget (Hopkins & Goodwin 2011).

Levende veggssystemer har i tillegg til løvverket et tett vekstmedium og komplekse rammeverk som beskytter fasaden fra så og si alt sollys, og kjøler dermed godt.

Levende veggssystemer blir ofte festet med et mellomrom mellom systemet og veggene, noe som skaper et isolerende luftlag. Levende veggssystemer bidrar dermed med betydelige isolasjonsegenskaper (Hopkins & Goodwin 2011).

## STØYISOLERING

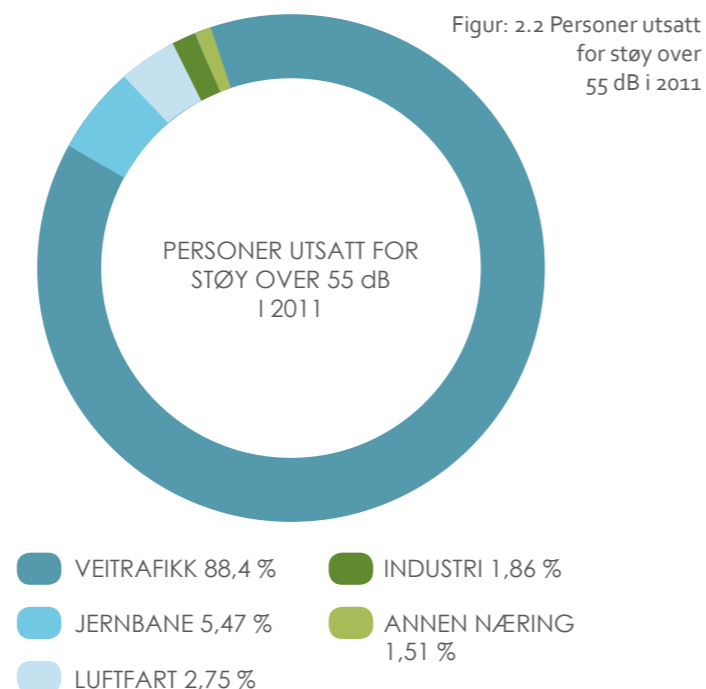
Støy defineres av Fyhri & Aasvang (2012) som som:

(...) *uønsket lyd, eller lyd med en skadelig eller negativ virkning* (Fyhri & Aasvang 2012).

## STØY I NORGE

I Norge er de viktigste kildene til støy i bomiljø veitrafikk, jernbane, luftfart og annen næringsvirksomhet (Figur 2.2). En økende befolkning fører med seg et økende transportbehov og støy fra veitrafikk utgjør nærmere 90 prosent av alle støyplager i Norge. I 2011 ble det beregnet at om lag 1,4 millioner nordmenn er utsatt for støynivå som overskrider de anbefalte verdiene på 55dB utenfor boligen sin. Dette tilsvarer en økning på en kvart million siden 1999 (miljostatus.no 2014).

Den helt åpenbare og umiddelbare virkningen av støy er forstyrrelse. Støy kan gjøre det vanskelig å oppfatte annen ønsket lyd, slik som musikk og samtaler mellom mennesker, men støy kan også forstyrre eller gripe inn i tanker, konsentrasjon, avslapning, rekreasjon og søvn (Fyhri & Aasvang 2012).



I følge SSBs levekårsundersøkelse (2013) hadde omlag 150 000 nordmenn (3 prosent av den norske befolkningen) søvnproblemer på grunn av støy i 2012 (SSB 2013). Hvorvidt støybelastning over tid faktisk er helseskadelig, er fortsatt et ubesvart spørsmål. Det har vært foreslått at støy kan forårsake stress, som dermed utløser sykdommer som diabetes og hjerte- og karsykdommer, men dette har enda ikke kommet fram i norske studier (Fyhri & Aasvang 2012).

## VEGETASJON

Planter kan absorbere, reflektere og spre lyd som ellers ville blitt reflektert av harde flater (Hopkins & Goodwin 2011). Denne egenskapen kan føre til et mer komfortabelt urbant miljø. Effektiviteten ser ut til å være avhengig av plantetype og -tetthet, plassering og lydfrekvens. En undersøkelse som ble utført av Wong et al. (2010) fokuserte på hvor effektivt ulike levende veggssystemer absorberte lyd. Forsøket viste at vekstmediet (vekstjord) absorberte den akustiske energien og dempet dermed lave frekvenser godt, mens plantene dempet best høye frekvenser (Wong et al. 2010). Dette viser at det er et nært forholdet mellom plantenes dekkeveve og vekstmediets tykkelse, og lydabsorbering. Levende veggssystemer består av massive materialer og vekstmedium i tillegg til vegetasjon og reduserer derfor støynivået i en høyere grad enn grønne fasader, som har et gjennomskinnelig løvverk hvor lyden lettere kan trenge igjennom (Hopkins & Goodwin 2011).

## KOSTNADSREDUKSJON VED INTEGRERING MED BYGNINGSKROPPEN

Det å kombinere ulike funksjoner, slik som vannhåndtering, kledning, kjøling og isolering av bygningen, med en grønn vegg, kan gi store økonomiske fordeler for byggherre og/eller beboere. Som jeg vil komme nærmere inn på senere, kan grønne vegger benyttes til lokal overvannshåndtering, blant annet ved å bruke oppsamlet regnvann til vanning av veggene. Dette vannet kan så samles opp og resirkuleres til videre bruk i vanningsystemet

eller i bygningen, hvor vannet ikke må ha drikkevannskvalitet. Dette fører til at bygningen bruker mindre drikkevann og sparer penger.

Mange levende veggssystemer har solide, stive og vanntette konstruksjoner og kan derfor anvendes som kledning på bygget. Den grønne vegg vil da erstatte tradisjonelle og eventuelt dyre fasadematerialer, og dermed utligne installasjonskostnadene (Lock 2013).

## ØKT MARKEDSPRIS

Det er velkjent at grøntanlegg gjør eiendommer mer attraktive for kjøpere og at det kan resultere i en økt markedspris. Det finnes ingen eksakte tall på hvor mye en grønn vegg øker markedsprisen til et bygg, men det finnes mange bevis på at grønne områder gir økonomiske fordeler (Hopkins & Goodwin 2011). Steven Peck, grunnleggeren av 'Green Roofs for Healthy Cities', referer til studier som har blitt utført i Amerika og Storbritannia på 1990-tallet, som viser at et hus kan få en verdistigning på 6-15 prosent dersom det er gode grøntområder i nærheten (Peck et al. 1999). Grønne vegger tilbyr mange av de samme fordelene og man kan derfor tenke seg at leiligheter med utsikt til grønne vegger også vil ha en prisøkning.

## BESKYTTELSE AV BYGNINGSFASADEN

Levende veggssystemer og grønne fasader beskytter bygningsfasaden mot UV-stråling, vind, regn og temperatursvingninger (Lock 2013).

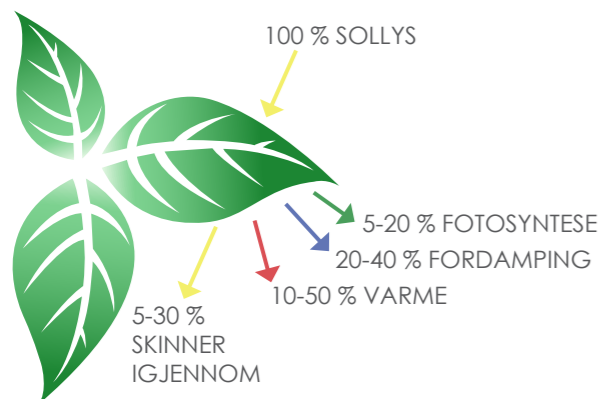
## REGN- OG SOLBESKYTTELSE

Grønne fasader med et tett løvverk danner en effektiv beskyttelse mot slagrein, fordi løvverket forhindrer regnet i å nå fasaden (Ottelé 2011). Den frodige bladmassen forhindrer at veggene blir fuktige, men er samtidig ikke så tett at luftsirkulasjonen stopper opp (Krinne & Ropeid 2000). Undersøkelser gjort av Kießl et al. i 1989 (etter Ottelé 2011) på vegger med og uten vegetasjon, viste at en vegg beplantet med tett løvverk ikke slapp noe regn inn til

fasaden. De fant også ut at 50 prosent av solenergien ble absorbert, 30 prosent ble reflektert av bladverket og kun ca 20 prosent av solenergien nådde inn til fasaden (Figur 2.3). Dette betyr at en fasade dekket med vegetasjon kan beskytte fasaden mot hele 80 prosent stråling, noe som igjen kan føre til en reduksjon i vedlikeholdskostnader (Kießl et al. 1989, etter Ottelé 2011).

#### SENKEDE VEDLIKEHOLDKOSTNADER

Evnen grønne vegger har til å beskytte bygningsfasaden mot vær og vind, gjør at fasaden får en lengre levetid og senkede vedlikeholdskostnader. For en utbygger med en langsiktig visjon vil de økonomiske fordelene (inkl. økt markedspris) gjøre at den grønne veggens opprinnelige kostnad er verdt investeringen (Hopkins & Goodwin 2011).



## OFFENTLIGE FORDELER

Offentlige fordeler omfatter blant annet:

- Redusert Urban Heat Island Effect
- Redusert luftforurensning
- Vannhåndtering og rensing
- Bedret folkehelse og velvære
- Muligheter for urbant landbruk
- Økt visuell grønnstruktur
- Økt biologisk mangfold
- Bidrag til estetikk og urbant design

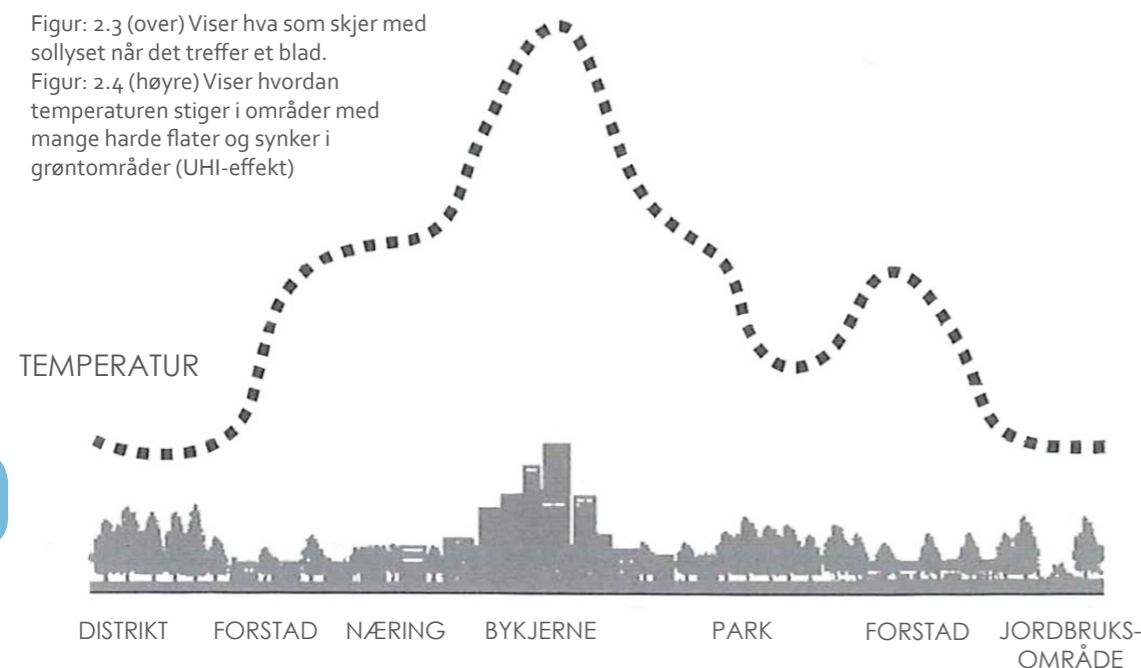
## REDUSERT UHI-EFFEKT

Lufttemperaturen i tettbebygde urbane områder er høyere enn områdene rundt. Dette fenomenet kalles Urban Heat Island (UHI) effekt (urban varmeøy-effekt), og er knyttet til oppsamlingen av solenergi i byens harde overflater som frigjøres i form av varme. Figur 2.4 viser en typisk varmøy-situasjon, hvor temperaturen stiger spesielt i bykjernen, i tillegg til i forsteder og næringsområder, mens den synker i grøntområdene (Asimakopoulos et al. 2001).

Når byer fortettes og grønne områder erstattes med harde overflater, blir det en ubalanse mellom solens oppvarming (varmeprosess) og vann-fordampning fra vegetasjon (kjølingsprosess). Høyere temperaturer i urbane områder har en stor innvirkning på bruken av klimaanlegg til nedkjøling av bygg, og har dermed også innvirkning på energiforbruk (Asimakopoulos et al. 2001).

Figur: 2.3 (over) Viser hva som skjer med sollyset når det treffer et blad.

Figur: 2.4 (høyre) Viser hvordan temperaturen stiger i områder med mange harde flater og synker i grøntområder (UHI-effekt)



## VEGETASJONENS INNVIRKNING PÅ UHI-EFFEKTEN

I de fleste urbane områder er vegetasjonen konsentrert i parker og rekreasjonsområder. Selv om parker kan senke temperaturen i nærområdet, er de ute av stand til å påvirke temperaturen i tettbebygde områder hvor folk bor, arbeider og tilbringer mesteparten av sitt urbane liv (Asimakopoulos et al. 2001). Ved å anlegge grønne vegger innenfor tettbebygde områder, kan temperaturen senkes også her, ikke kun i nærheten av parker.

Levende vegger og grønne fasader utvikler et eget mikroklima som skiller seg fra omkringliggende forhold. Planter øker vanninnholdet i luften gjennom fordampning, og i urbane områder resulterer dette i et kjøligere og mer behagelig klima (Ottelé 2011). Planter bruker også en del av solenergien som den absorberer til fotosyntese. Denne energien ville ellers ha blitt absorbert av harde flater og frigjort i form av varme (Cameron et al. 2014). Bartfelder & Köhler målte i 1987 temperaturen i ulike avstander fra en grønn fasade. En meter foran fasaden var det ingen målbar temperaturforskjell, men målingene som ble foretatt helt inntil fasaden viste imidlertid en temperaturforskjell på omtrent 6°C mellom den grønne fasaden og den nakne kontrollveggen (Bartfelder & Köhler 1987, etter Köhler 2008). Dette viser at en fasade som beskyttes mot solstråling av en grønn vegg, vil ha en lavere overflatetemperatur og

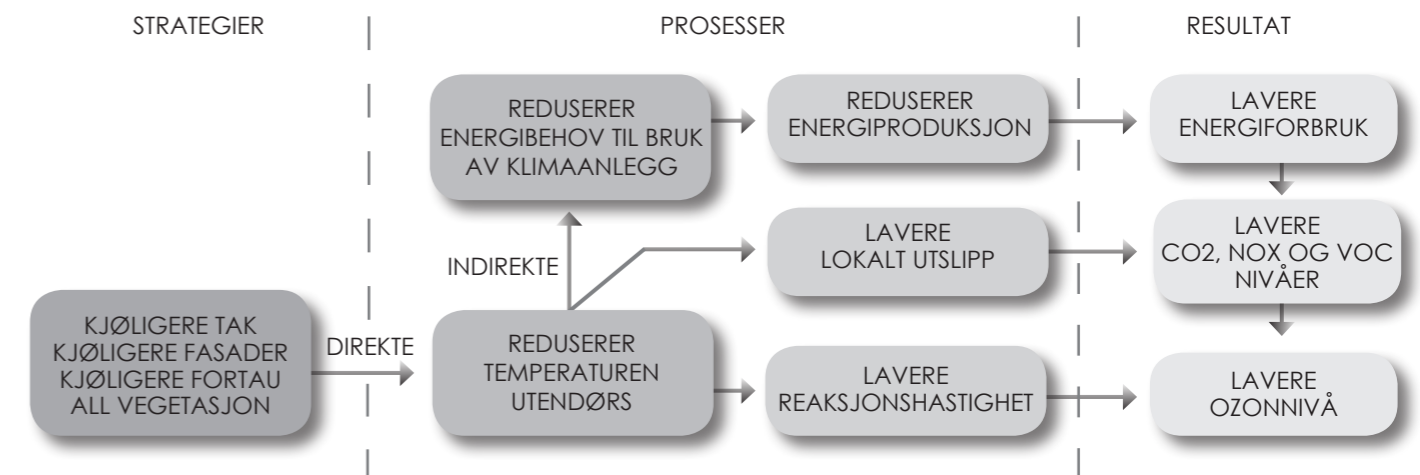
dermed ikke avgir varme. Vertikal beplantning bidrar på denne måten til å redusere UHI-effekten.

## SITUASJONEN I NORGE

I Norge og andre kalde klima er det ikke kjøling, men oppvarming av bygg som representerer en betydelig andel av byggenes totale energiforbruk (Delrapport til Nettpplan Stor-Oslo 2011). Likevel har man de siste årene sett en økning av husstander som velger å bruke energi til å senke innnetemperaturen. I 2009 så man at hele 25 prosent av alle husstander med varmepumpe valgte å bruke den til nedkjøling i de varme sommermånedene (SSB 2009). Ut ifra dette kan det anslås at dersom den urbane temperaturen fortsetter å stige, vil energiforbruket til å kjøle ned bygg øke også i Norge

## FØLGER AV REDUSERT BYTEMPERATUR

Akbari et al. (2001) peker imidlertid på at det er flere prosesser og kostnader involvert i å senke bytemperaturen (Figur 2.5). Lavere energibehov vil si at mindre energi må produseres. Om energien som brukes blir produsert av fossilt brennstoff, vil et lavere energibehov tilsi et lavere utslipp av klimagasser og dermed mindre forurensning. Lavere utslipp vil deretter påvirke menneskenes helse med tanke på lunge-, hjerte- og karsykdommer forårsaket av luftforurensning (Akbari et al. 2001).



Figur: 2.5 Viser strategier, prosesser og resultat av en lavere bytemperatur

## REDUSERT LUFTFORURENSNING

Nyere forskning viser at luftforurensning og spesielt svevestøv er en stor trussel for folkehelsen. Luftforurensning kan bidra til å utløse sykdom ved langvarig eksponering og forverre eksisterende sykdom ved kortvarig eksponering. Luftforurensning påvirker først og fremst sykdommer i luftveiene og i hjerte- og karsystemet. Dersom man allerede har ånderettssykdommer slik som astma og kols, eller hjertesykdom, vil man være spesielt følsomme for luftforurensning. Nyere forskning viser også at luftforurensning trolig kan påvirke nervesystemet samt sykdommer som diabetes og lungekreft (Folkehelseinstituttet 2013).

### LUFTKVALITET I NORGE

I Norge har luftkvaliteten stort sett blitt bedre enn den var på 1990-tallet, men i flere byer er fortsatt lokal luftforurensning et problem. Det er da spesielt svevestøv og nitrogendioksid som bidrar mest til dette (Miljødirektoratet 2013), og i følge ESA (2014) ('EFTA Surveillance Authority') er luftkvaliteten i mange norske byer alt for dårlig. Verdiene av svevestøv, nitrogendioksid og svoveldioksid i luften er så høye at de innebærer brudd på EØS-reglene om luftkvalitet, noe som kan få juridiske konsekvenser (ESA 2014). Svevestøv har hatt en nedadgående trend, men ble i 2012 overskredet i både Rana og Trondheim kommune (Miljødirektoratet 2013). I flere norske storbyer har en kombinasjon av kald, stillestående luft og eksos fra veitrafikk vært hovedårsaken til høy luftforurensning (Miljødirektoratet 2010).

### VEGETASJON

Vertikal beplantning er en effektiv måte å rense luften på ved opptak av karbondioksid og andre klimagasser og ved å fangst av svevestøv (Ottelé 2011). Innføring av grønne vegger i urbane områder kan derfor føre til en reduksjon av luftforurensningen og dermed

skape et sunnere miljø for befolkningen. Om vinteren vil vegetasjonen i Norge gå i dvale og dermed ikke bidra til å redusere konsentrasjonen av klimagasser i luften, men vintergrønn vegetasjon vil på denne tiden av året fortsatt bidra til fangst av svevestøv.

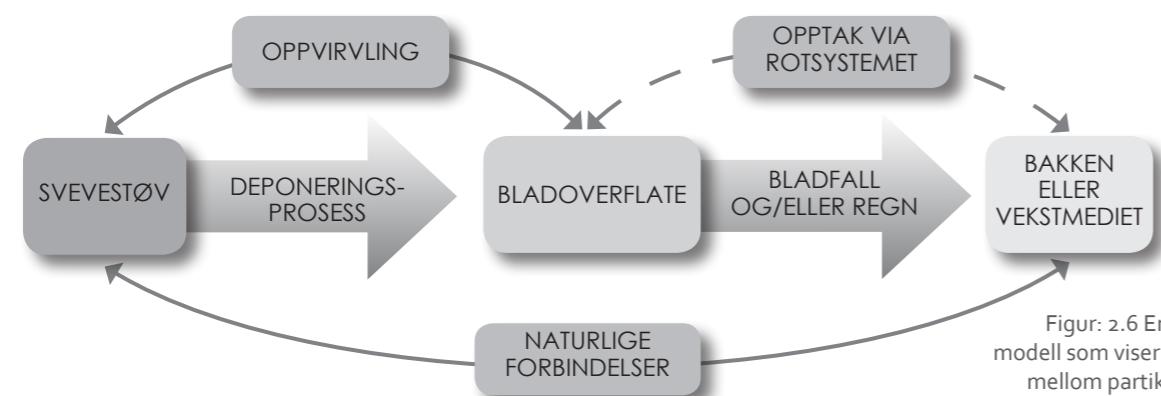
### SVEVESTØV

Svevestøv er en blanding av organiske og uorganiske partikler fra ulike kilder; forbrenningpartikler fra fossilt brennstoff og vedfyring, slitasjepartikler fra bildekk, vegstrø og langtransporterte partikler som sulfat, nitrat og forbrenningpartikler fra industri (WHO 2003; Hånes & Låg 2013). I Norge er konsentrasjonen av svevestøv høyest om vinteren, og vegtrafikk og langtidstransporterte partikler er de viktigste kildene til svevestøv i de store byene (Hånes & Låg 2013).

Det er først og fremst befolkningen i større byer som er mest utsatt for svevestøv. Både svevestøvetts partikkelstørrelse, sammensetning og mengde har betydning for helseeffekten (Hånes & Låg 2013). De minste partiklene utgjør den største trusselen for folkehelsen, fordi de er enklere å inhalere og trenger dypt inn i ånderettssystemet hvor de blir tatt opp av blodet (Ottelé 2011).

### VEGETASJON

Vegetasjon reduserer konsentrasjonen av svevestøv i luften fordi bladverket har et stort samlet overflateareal som fanger opp partikler. Figur 2.6 er en konseptuell modell som viser forbindelsen mellom blader og partikler. Ved oppvirvling (vind) vil partiklene løsne fra bladoverflaten. Regn eller bladfall vil føre til at svevestøvet ender på bakken eller i vekstmediet. Noe av svevestøvet som deponeres i vekstmediet blir tatt opp av rotsystemet og blir fanget i biomassen (Ottelé 2011). Hvor mye svevestøv som fanges av vegetasjon er avhengig av bladtypen, og i



Figur: 2.6 En konseptuell modell som viser forbindelsen mellom partikler og blader



Bilde: 2.2 'Edgware road station', London

følge Sæbø et al. (2012) fanger blader med klebrige overflater og mye hår opp flest partikler.

I sin doktorgradsavhandling utførte Ottelé (2011) et forsøk hvor han telte hvor mange partikler som ble fanget opp av en vegg med *Hedera helix* plassert nær en bilveg. Her ble det klart at bladene fanger opp svært mange partikler, i hovedsak på oversiden av bladet og noe på undersiden. I denne avhandlingen presiserer han at det er mangefull forskning rundt oppvirvling og utvasking av regn og om dette fører til at store andeler av svevestøvet ender opp i luften igjen (Ottelé 2011). Det blir derfor uklart hvor stor effekt oppsamlingsarbeidet som blir utført av bladene har på den endelige fjerningen av svevestøv.

### KARBONDIOKSID

Karbondioksid (CO<sub>2</sub>) er en gass som er en nødvendig del av atmosfæren. CO<sub>2</sub> sørger for at klimaet er tilstrekkelig varmt samt bidrar med karbon til livgivende prosesser gjennom karbonkretsløpet. Fossilt lagret karbon blir frigitt som CO<sub>2</sub> ved forbrenning av fossilt brennstoff og øker konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> i atmosfæren. Siden den industrielle revolusjon har denne konsentrasjonen økt betraktelig og CO<sub>2</sub> blir globalt ansett som den klimagassen som bidrar mest til en økt drivhuseffekt (Miljødirektoratet 2014).

Slik som mennesker puster inn oksygen og ut karbondioksid, «puster» planter inn karbondioksid til bruk i fotosynteseprosessen og «puster» ut igjen oksygen. På denne måten blir CO<sub>2</sub> bundet i biomassen og det fører til en lavere konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> og en høyere

konsentrasjon av oksygen i atmosfæren (Ottelé 2011).

## EKSEMPEL PÅ BRUK AV GRØNN VEGG TIL Å MOTARBEIDE LUFTFORURENSNING

EDGWARE ROAD TUBE STATION, LONDON Som en del av et forsøk på å motarbeide luftforurensningen i London bestilte 'Transport for London' i 2011 en 180 m<sup>2</sup> stor grønn vegg fra 'Biotecture'. Den grønne veggen ble finansiert av regjeringens 'Clean Air Fund' og hadde en kostnad på 120 000 britiske pund. Veggen har totalt 14 000 planter og består av en blanding av eviggrønne og flerårige planter fordelt på 15 ulike arter. Plantene har små blader med varierende tekstur og ble valgt for deres evne til å fange svevestøv. Noen av artene som ble brukt i veggen er blant annet *Lavandula angustifolia* 'Munstead', *Stachys byzantina*, ulike typer *Geranium*, *Heuchera* og *Veronica* (Biotecture 2014c; Lock 2013).

'Imperial College London' foretok en studie for 'Transport for London' hvor de måler hvor mye svevestøv som ble fanget av de ulike planteartene. Studien viste at planter med små og tett hårede blader fanger svevestøvet mest effektivt. Men ved lange tørkeperioder kan plantene nå et metningspunkt som fører til en redusert partikkelfangst. Studien konkluderte med at urbane grønstrukturstrategier som er designet for å fange svevestøv, kan betraktes som et supplerende tiltak for å redusere konsentrasjonen av svevestøv i urbane miljøer (Cleaner Air for London 2014).



## VANNHÅNDTERING OG RENSING

Et av de store miljøspørsmålene i byer over hele verden er en økende knapphet på ferskvann og håndtering av regnvann; hvordan det kan samles opp, omdirigeres, renses og resirkuleres (Hopkins & Goodwin 2011).

### LOKAL OVERVANNSHÅNDTERING

Med klimaendringene som nå foregår følger det mer ekstremvær. For Norges del vil dette si mer nedbør og dermed mer overvann som føres til allerede overbelastede avløpssystemer. Vi ser stadig flere eksempler på at blant annet avløpssystemet i Oslo ikke har kapasitet til å ta unna vann ved store nedbørsmengder. Konsekvensen av dette har i mange tilfeller vært oversvømte vannrenseanlegg som har ført til at kloakk har blitt sluppet ut i Oslofjorden (Lindhjem & Sørheim 2012).

En løsning som blir sett på som kortsiktig, er å øke rørkapasiteten til det eksisterende avløpssystemet. Et alternativ som har en økende oppslutning i fagmiljøet, er å satse på lokal overvannshåndtering og treleddsstrategien (Figur 2.7). Treleddsstrategien kan enkelt forklares ved at mindre nedbørsmengder skal fanges opp og infiltreres (ledd 1), større nedbørsmengder skal forsinkes, fordrøyes og ledes bort (ledd 2) og man skal planlegge helhetlige flomveier for de største vannmengdene som ledd 1 og 2 ikke har kapasitet til å håndtere (ledd 3) (Lindhjem 2008).

Levende vegger kan bidra til treleddsstrategien ved å vannes med oppsamlet regnvann eller gråvann som kan renses og føres tilbake til bygningen. På denne måten vil vann som ellers ville blitt ført direkte til avløpssystemet bli fanget opp i den grønne vegg, fordrøyd og renses før det ender opp i avløpssystemet.

### GRÅVANNRENSING

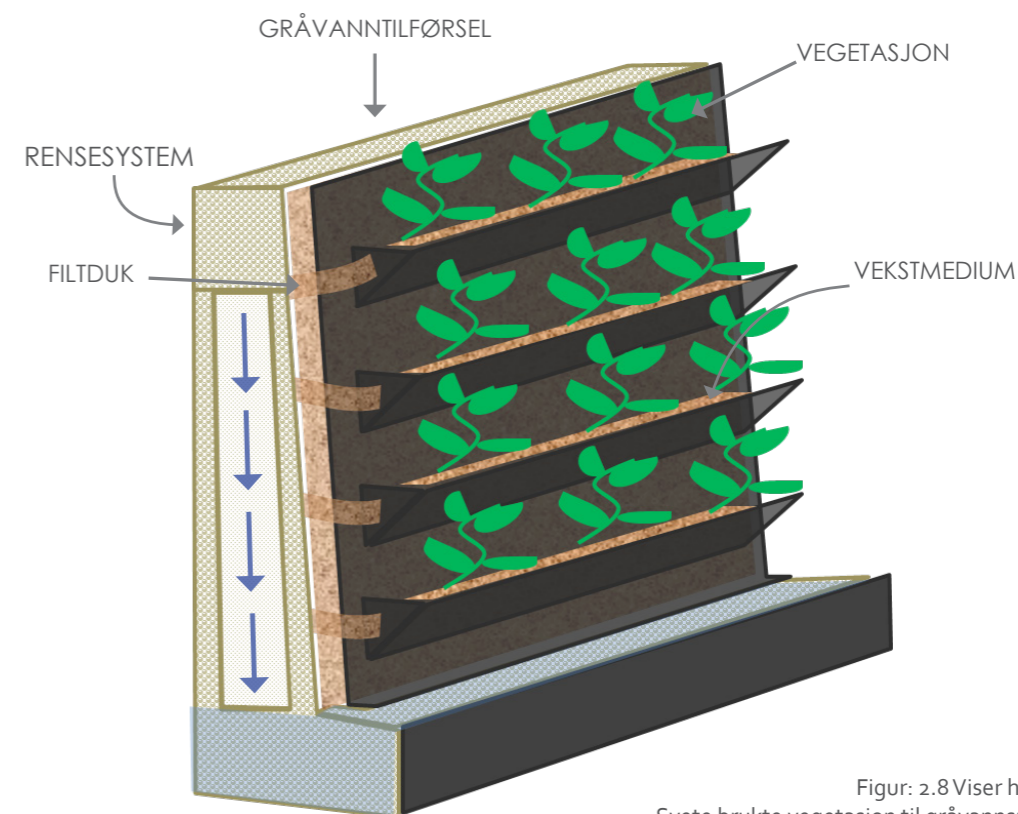
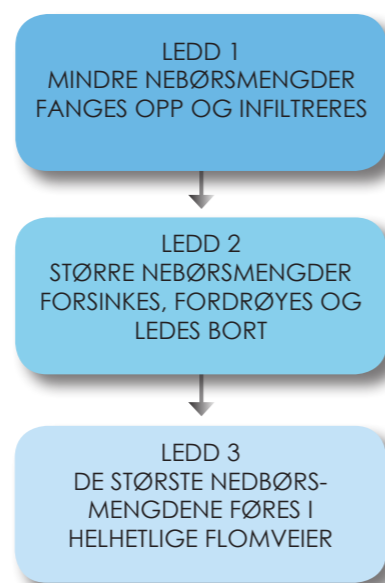
Med tanke på den økende mangelen på ferskvann i store deler av verden, bør enhver

anledning til å samle, renses og gjenbruke avløpsvann utnyttes til det fulle (Hopkins & Goodwin 2011).

Lindsey E. Svete utførte i sin masteroppgave ved UMB (nå NMBU) i 2012 et forsøk på å inkorporere vegetasjon i eksisterende teknologi for gråvannrensing (Figur 2.8). Motivasjonen var å utforske muligheten for et rensesystem som tar minimalt med plass og som i tillegg har en innbygd bestanddel av vegetasjon. Etter tre måneder så Svete at den vegeterte vegg renses gråvannet bedre enn testveggene uten vegetasjon. Dette mente Svete var fordi vegetasjonen førte til at vannet hadde en lenger oppholdstid i systemet, ikke fordi plantene i seg selv hadde noen rensende effekt (Svete 2012).

Dette arbeidet ble utført i samarbeid med blant annet førsteamanuensis Arve Heistad ved Institutt for matematiske realfag og teknologi (IMT) ved NMBU. Heistad ser på denne utnyttelsen av grønne vegger som en av flere løsninger på å avlaste et overbelastet avløpsnett. Men han ser også spesielt på mulighetene for å kombinere systemet med urbant landbruk, og jobber nå med en videreutvikling av systemet (Heistad 2014).

Figur: 2.7 Treleddsstrategien



Figur: 2.8 Viser hvordan Svete brukte vegetasjon til gråvannrensing

## BEDRET FOLKEHELSE OG VELVÆRE

Mennesker har en tendens til å føle seg bedre i grønne omgivelser. Dette fenomenet kalles 'biophilia' og beskrives som menneskers medfødte emosjonelle trengsel til å omgi seg med andre levende organismer (Grinde & Patil 2009). Byer (tidligere landsbyer) har kun eksistert i omtrent 10 000 år, og svært lenge var det kun en liten del av jordas befolkning som bodde i byen (Wilson 2011). I mer enn 99 prosent av menneskets historie har mennesket levd som jegere og sankere i et intimt forhold med naturen. Denne mentaliteten har ikke blitt borte og skaper grunnlaget for menneskers avhengighet av grønne omgivelser (Beatley 2011). Wilson (2011) mener at hyppig kontakt med naturen forbedrer menneskets mentale helse og livskvalitet, samt tilbyr en dyp indre ro.

Det finnes mange studier som har dokumentert at natur har en positiv innvirkning på menneskets helse og velvære, og at

mennesker reagerer emosjonelt ulikt på natur og bylandskap. Nærmere bestemt har kontakt med naturen vist seg å redusere stress (Ulrich et al. 1991), fremskynde tilfriskningsprosessen for syke mennesker (Ulrich 1984) og påvirke hormoner og immunforsvar som dermed gir en generelt bedre helse (Maas et al. 2006; Miljøverndepartementet 2001). Dette fører til en reduksjon i bruken av statlige helsetjenester og reduserer dermed helsekostnadene (Hopkins & Goodwin 2011).

Det er klart at mennesket i en viss grad er avhengig av å ha kontakt med naturen, men etterhvert som verdens befolkning blir mer urban blir denne kontakten vanskeligere å opprettholde. I tette byområder hvor det ikke er rom for parker og annen grønstruktur kan levende vegger brukes som supplement og tilbyr mange av de samme fordelene som konvensjonell grønstruktur.



Bilde: 2.3 'Salad Bar', Sydney

## MULIGHETER FOR URBANT LANDBRUK

Det er matmangel i store deler av verden, og med en økende verdensbefolkning vil dette problemet bare bli større. En av flere løsninger er å utnytte områder i byen som parker, tak, balkonger og fasader, til matproduksjon og på denne måten utvikle et urbant landbruk (Beatley 2011). Introduksjonen av nye teknologier for levende veggssystem har potensiale til å øke arealet som blir benyttet til urbant landbruk betraktelig og dermed øke verdens matproduksjon. Urbant landbruk vil også føre til at byene ikke vil være avhengig av at all mat må transporteres over lange avstander. Dette vil redusere transportbehovet og dermed bruken av fossilt brennstoff, noe som igjen skaper miljømessige fordeler.

Vertikalt landbruk er prøvd ut flere steder og blant annet 'Green Living™ Technologies International' (GLTi) har utviklet systemene 'Food Factories' og 'Mobile Edible Wall Units' til både innendørs og utendørs bruk (GLTi 2014a). Dette er småskala vegger, men denne typen teknologi kan videreutvikles og etterhvert utnyttes i mye større skala.

## EKSEMPEL PÅ BRUK AV GRØNN VEGG TIL URBANT LANDBRUK

### 'SALAD BAR', SYDNEY

'Salad Bar' ble presentert i 2004 på utstillingen 'Year of the Built Environment Future Gardens' og på 'Future Houses' utstillingen i 2005. Salatbaren er en 2,5 meter høy modulbasert vekststruktur designet av 'Turf Design Studio'. Her blir ulike typer frukt, grønnsaker og urter plantet direkte i 1x1 meter store moduler fylt med vekstjord. Vekstmodulene skal være lette nok til å kunne løftes av én person og er derfor lette å fjerne for vedlikehold og nyplantning.

Veggen blir vannet av oppsamlet regnvann via et dryppvanningsystem. Vannet samles i et reservoar i bunnen av veggen og blir resirkulert til videre vanning av pumper drevet av solenergi. Om vannet blir behandlet på noen måte før det gjenbrukes i veggen har jeg ikke lyktes å finne noe informasjon om. Dette kan være avgjørende for å unngå eventuell spredning av sykdom og skadedyr i veggen.

Ved å inkorporere en bar i designet ønsker designerne å vise hvordan selvforsyning kan innlemmes i den moderne urbane livsstilen. Salatbarens størrelse og form kan tilpasses, og har potensiale til å bli brukt i områder med lite plass, som gjerde mellom naboer eller som et frittstående hageelement. 'Turf Design Studio' har et ønske om at denne type teknologi skal kunne videreutvikles både til bruk på store bygningsfasader og til gråvannrensing (Turf Design Studio 2014).

## ØKT VISUELL GRØNNSTRUKTUR

Som tidligere nevnt fører fortetting innenfor eksisterende tettstedsgrenser til at det blir færre grønne lunger i byene våre. Bare i tidsrommet 1994-2006 mistet Oslo kommune grøntarealer tilsvarende 640 fotballbaner (Thorén 2010). Fortetting øker presset på urban grønnstruktur og på kvaliteten på de grønne områdene som blir igjen (Nordh & Thorén 2012).

Grønne vegger er vertikale og kan derfor ikke anses som grøntområder til bruk på samme måte som et grønt tak eller en park. Grønne vegger vil derimot være synlige fra gatenivå og vil dermed øke den visuelle grønnstrukturen i større grad enn det man kan oppnå med for eksempel grønne tak. Grønne vegger kan i tillegg utnyttes til å knytte grønne områder sammen og dermed forlenge den eksisterende grønnstrukturen. Vertikal beplantning kan være en måte å tilføre grønnstruktur til bymiljøet og utnytte fordelene vegetasjon tilbyr nærmiljøet, uten å ta opp plass på gatenivå.

## ØKT BIOLOGISK MANGFOLD

Det å kle en vegg med planter har en økologisk nytteeffekt og kan skape habitat for mange forskjellige mikroorganismer, smådyr, fugler og småkryp. Dersom man bruker stedeegne planter vil disse tiltrekke seg lokale organismer. For mange fugler vil veggen fungere som reir- og hvileplass og insektene vil yte tjenester som pollinering (Krunner & Ropeid 2000; Ottelé 2011).

### SPRINGBRETT-KORRIDORER

'Stepping stone'- eller 'springbrett-korridorer' er spredte grøntområder som skal hjelpe dyr å vandre fra et kjerneområde

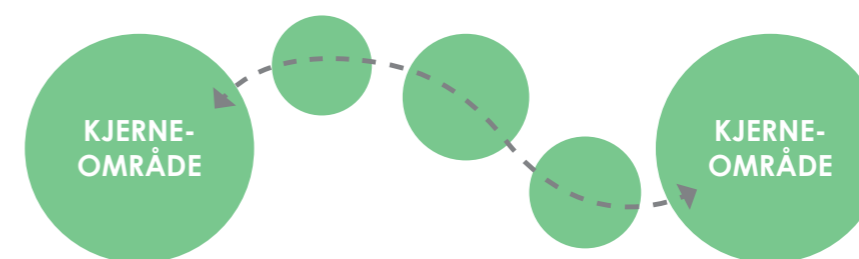
til et annet. Dersom man kombinerer grønne tak med grønne vegger vil man kunne skape forbindelser mellom grøntområder som dekker både det horisontale og det vertikale. Dette vil kunne skape et tredimensjonalt nettverk som ved hjelp av bygningsflatene er en del av korridoren (Hopkins & Goodwin 2011).

## BIDRAG TIL ESTETIKK OG URBANT DESIGN

For mennesket er omgivelsenes estetiske kvalitet svært viktig for trivsel og velferd (Strumse 2012), og er en av de mest opplagte fordelene med grønne vegger. Ved å kle bygningsfasader med vegetasjon, kan byens mange betongjungeler bli levende med teksturer og farger som endrer seg gjennom sesongene. Grønne vegger kan brukes til å skjule uheldig design eller til å fremheve god design, og kan tilby et visuelt inntrykk og fokus for tilskuere (Hopkins & Goodwin 2011). Grønne vegger med et godt design, frodig uttrykk og riktig skjøtsel vil gi et positivt inntrykk til tilskueren. Derimot vil grønne vegger som er av dårlig kvalitet eller har blitt forsømt skape et negativt inntrykk både av veggen og bygningen den er plassert på. Det er derfor viktig at man velger seriøse aktører i alle ledd og gjør grundige undersøkelser av området før anleggelse av en grønn vegg.

Grønne vegger kan være et sterkt virkemiddel for å formidle at bærekraftig arkitektur og urbant design kan ha spennende og vakre uttrykk (Hopkins & Goodwin 2011). Men dette kan også gjøre at man får en oppfatning av at alle grønne vegger og bygg med grønne vegger er bærekraftige, noe som ikke nødvendigvis er tilfelle. Dette vil jeg komme nærmere inn på i livssyklusanalysen av vertikal beplantning.

STEPPING STONES/  
SPRINGBRETT



Figur: 2.9 Springbrettkorridorer

# LIVSSYKLUSANALYSE

Selv om vertikal beplantning leverer mange tjenester til samfunnet er det fortsatt ikke klart hvorvidt de ulike systemene og teknologien som benyttes (noen eller alle) er bærekraftige. Dette er uklart på grunn av materialene som brukes, skjøtselomfanget og mengden næring og vann som er nødvendig.

Siden starten av 1990-tallet har det blitt gjort en betydelig innsats for å utvikle verktøy som gjør det mulig for bygningsutviklere (arkitekter, byggherrer, designere, etc.) å evaluere de økologiske aspektene som ligger bak en bærekraftig bygning gjennom de ulike designstadiene. En metode som kan benyttes til å anslå hvorvidt livssyklusen til et produkt eller en konstruksjon er bærekraftig, er en såkalt livssyklusanalyse ('Life Cycle Assessment,' LCA) (Figur 2.11).

## METODE

Walter Klöpffer (1997) beskriver livssyklusanalyse som en metode for å skape et helhetsbilde av hvor stor den totale miljøpåvirkningen er under et produkts livssyklus; fra råvareutvinning, via produksjonsprosesser og bruk, frem til avfallshåndtering. All transport og energibruk i mellomleddene blir også medberegnet. Å utføre en livssyklusanalyse er i følge Klöpffer (1997), en omfattende og kompleks prosess og det finnes mange mulige variasjoner. Det er likevel en generell enighet omkring livssyklusanalysens formelle struktur (Figur 2.10). Strukturen består av fire stadier:

1. Definisjon av hensikt og omfang
2. Inventaranalyse
3. Konsekvensutredning
4. Tolkning / Forbedringspotensiale

## STEG 1.

### DEFINISJON AV HENSIKT OG OMFANG

Dette trinnet definerer grunnlaget man har for å utføre analysen, dens mål og dybde, systemet som skal analyseres, ulike standarder, i tillegg til mer spesifikke aspekter som:

- Systemavgrensning (teknisk, geografisk og tidsmessig)
  - Funksjonell enhet (referansefunksjon)
  - Regler og antakelser
  - Hvilken type konsekvensutredning og verdsetting
  - Hvilke grupper studien er rettet mot
  - Fagfellevurdering
- (Klöpffer 1997)

## STEG 2.

### INVENTARANALYSE

I dette trinnet skal alle aktiviteter som er knyttet til fremstillingen av en funksjonell enhet analyseres. Komponentene som må analyseres er:

- Utvinning av råmateriale
- Innsatsvarer
- Selve produktet eller tjenesten
- Bruksfasen
- Avfallshåndtering

Energi, transport og tilleggsprodukter er inkludert når de blir brukt som input. Output er biprodukter, luft-, vann- og jordforurensning, spillvarme og annet avfall. Resultatet av inventaranalysen er tabell over produktdetaljer med en oversikt over alle inputs og outputs per funksjonelle enhet (Klöpffer 1997).

## STEG 3.

### KONSEKVENSTREDNING

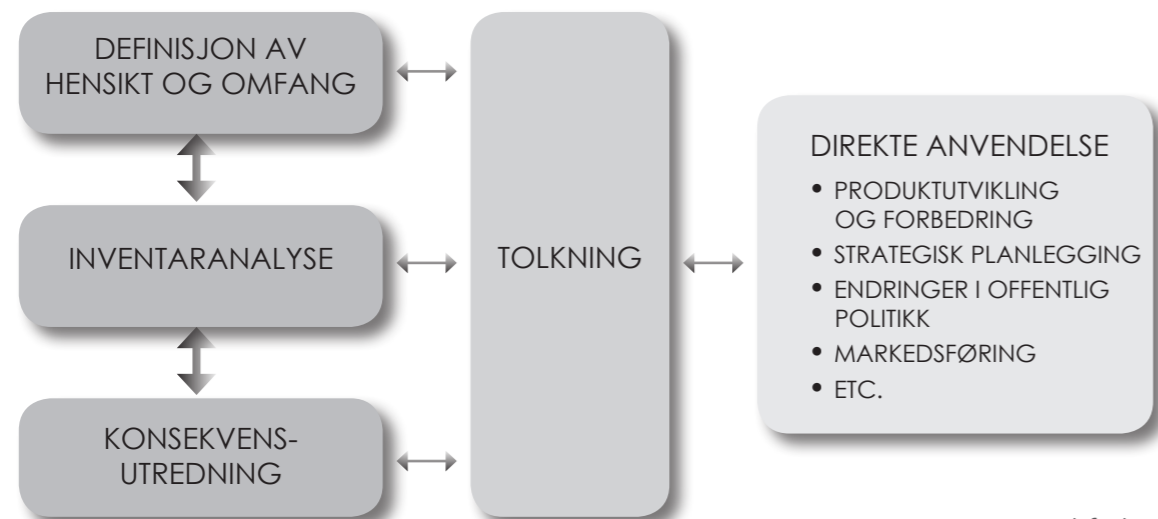
Steg 1 og 2 kan sammen gi nyttig informasjon om produktforbedringer, referansemåling, energibesparelser og utslippsreduksjon, men er ikke tilstrekkelig for den komparative vurderingen av produktsystemer. For å få denne informasjonen og for å få en dypere forståelse av systemene som blir undersøkt, må man utføre en formell konsekvensutredning. Kategoriene som skal utredes blir inndelt i input og output og dekker de fleste miljøproblemene vi er kjent med i dag. De kvantitative dataene som blir samlet i inventaranalysen blir så klassifisert, gitt en karakter, normalisert og verdivurdert (Klöpffer 1997).

## STEG 4.

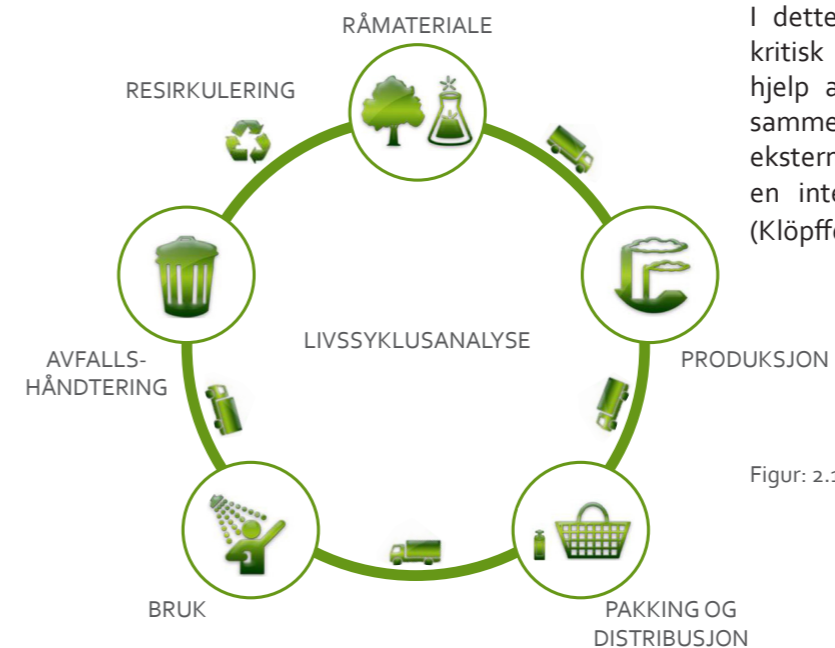
### TOLKNING/FORBEDRINGS- POTENSIALE

I dette steget skal det gjennomføres en kritisk evaluering av livssyklusanalysen ved hjelp av matematiske verktøy. I offentlige sammenhenger skal evalueringen utføres av eksterne eksperter, men i andre tilfeller kan en intern gjennomgang være tilstrekkelig (Klöpffer 1997).

## RAMMEVERK FOR LIVSSYKLUSANALYSE



Figur: 2.10 Rammeverk for livssyklusanalyse  
De tykke pilene indikerer den grunnleggende informasjonsflyten. For hvert stadi blir det tolket informasjon, og dermed blir det mulig å revidere miljøegenskapene for aktiviteten som blir vurdert.



Figur: 2.11 Illustrasjon av livssyklusanalyse

# LIVSSYKLUSANALYSE

## AV VERTIKAL BEPLANTNING

I en forskningsrapport av Ottel  et al. (2011) ble det utført en livssyklusanalyse for å finne ut hvor bærekraftig vertikal beplantning er sammenlignet med en naken fasade. I studien undersøkte de en konvensjonell naken murvegg, to grønne fasader med røttene i bakken; den ene med klatreplanter direkte på fasaden (direkte beplantning), den andre med klatreplanter i et bæresystem i rustfritt stål (indirekte beplantning). De undersøkte også to levende veggssystemer, et filtbasert og et med plantebokser fylt med vekstjord.

### FORUTSETNINGER

I den utførte livssyklusanalysen ble kun de delene av bygningsfasaden som var direkte knyttet til de analyserte systemene undersøkt. Materialene til den nakne murveggen ble benyttet som grunnlag for alle de analyserte systemene. Forskjellen i materialmengde mellom den nakne veggen og veggene med vertikal beplantning er avhengig av systemtype. For systemet hvor klatreplanter ble festet direkte på fasaden er det kun et lag med vegetasjon som kommer i tillegg, mens for systemet hvor klatreplantene ble festet på en bærekonstruksjon er det et ekstra lag med rustfritt stål. Det ene levende veggssystemet f r flere lag, da det har plantebokser i plastikk (PVC) og vekstjord. Filtsystemet omfatter flere lag for rotfeste, membran og støtte.

I studien ble byen Delft (Nederland) brukt som transportdestinasjon og alle materialene som ble benyttet var enten lokale eller innenfor en radius på maks 65 kilometer. Analysen ble basert på en forutsetning om at murveggen og de grønne fasadene hadde en levetid på 50 år. Den forventede levetiden for systemet basert på plantebokser ble estimert til over 50 år og den forventede levetiden til det filtbaserte systemet ble estimert til 10 år. For enkelhets skyld ble det anslått at plantene måtte erstattes hvert 10.  r i systemet med plantebokser og hvert 3,5 år for det filtbaserte systemet. Det ble anslått at vanningsystemet

til de levende veggene måtte byttes ut hvert 7,5 år på grunn av saltkrystallisering.

Mengden vann og næring som behøves i levende veggssystemer ble ikke tatt med i denne analysen, men det ble tatt hensyn til all form for gjenbruk og resirkulering av materialer. Unntak ble gjort dersom lagdelte komponenter ikke kunne skilles fra hverandre og dermed ikke kunne gjenvinnes. I denne studien kom det frem at grunnet levetid og kompleksitet kunne ingen av materialene gjenbrukes.

### RESULTAT

I følge Ottel  et al. (2011) hadde alle systemene som ble analysert lignede dominerende påvirkningskategorier, men omfanget av disse varierte betraktelig. Denne forskjellen var hovedsakelig forårsaket av bærematerialer og hvor ofte materialer og planter måtte erstattes. Hos det filtbaserte systemet må plantene skiftes ut hele fem ganger i løpet av en levetid på 50 år. På bakgrunn av dette så Ottel  et al. (2011) at dette systemet hadde den største innvirkningen på global oppvarming og ferskvannsforgiftning. Vegetasjonen som ble benyttet belastet miljøet kun på grunn av transport, og blastningen varierte på bakgrunn av hvor ofte plantene måtte skiftes ut.

Systemet med klatreplanter festet i en bærekonstruksjon hadde en høy miljø-innvirkningsprofil på grunn av bruken av rustfritt stål. Rustfritt stål har en lang levetid (over 50 år), men det ble i dette tilfelle ikke anbefalt å gjenbruke stålet, fordi plantematerialet hadde snodd seg gjennom st lnettingen. Det anbefales derfor av Ottel  et al. (2011)   bruke andre mer miljøvennlige materialer (massivt tre eller lakkert stål) som vil redusere milj nnvirkningsprofilen betraktelig. I følge Ottel  et al. (2011) kom det frem at det filtbaserte systemet utgjorde den største miljøbelastningen av alle de

OPPSUMMERING		
SYSTEMTYPE	INNVIRKNING P� DEN TOTALE MILJØBELASTNINGEN	BÆREKRAFTIG ALTERNATIV
KLATREPLANTER FESTET DIREKTE P� FASADEN	LITEN	JA
KLATREPLANTER FESTET I BÆREKONSTRUKSJON I RUSTFRITT STÅL	STOR	NEI
LEVENDE VEGGSYSTEM BASERT P� PLANTEBOKSER	LITEN	JA
FILTBASERT LEVENDE VEGGSYSTEM	STOR	NEI

Figur: 2.12 Oppsummerende tabell for livssyklusanalyse av vertikal beplantning

analyserte systemene. Systemet er vanskelig å resirkulere og avfallshåndteringen har derfor omtrent den samme milj nnvirkningsprofil som installasjonen. Milj profilen til de levende veggssystemene kan reduseres ved å øke integreringen mellom systemet og fasaden, for eksempel ved å utelate den utvendige kledningen.

### KONKLUSJON

Ottel  et al. (2011) konkluderte med at:

- Systemet hvor klatreplanter ble festet direkte på fasaden har en svært liten innvirkning på den totale miljøbelastningen, da det ikke krever noen tilleggsmaterialer for å dekke fasaden med vegetasjon. Dette systemet er derfor et bærekraftig alternativ.

- Systemet hvor klatreplanter ble festet i en bærekonstruksjon i rustfritt stål har en stor innvirkning på den totale miljøbelastningen. Ved å bytte ut det rustfrie stålet med et annet mer miljøvennlig materiale, kan denne typen system være et bærekraftig alternativ. Da spesielt for Middelhavsregionen på grunn av systemets kjølende og isolerende egenskaper.

- Det levende veggssystemet basert på plantebokser har liten innvirkning på den totale miljøbelastningen. Dette kommer av at materialene har en positiv effekt på systemets termiske motstand. Milj nnvirkningsprofilen

kan forbedres ytterligere ved å integrere systemet med bygningskroppen (kombinere funksjoner).

- Det filtbaserte levende veggssystemet har på grunn av materialene som ble brukt og systemets korte holdbarhet, en stor innvirkning på den totale miljøbelastningen.

- Dersom man tar i betraktning alle materialene som blir brukt i tillegg til alle fordelene som vertikal beplantning tilbyr, er det å anlegge vegetasjon på en vertikal flate et bærekraftig alternativ.

Det bør imidlertid bemerkes at undersøkelsen som ble utført av Ottel  et al. (2011) er begrenset til studiens valgte fasadetype, klima og beliggenhet, i tillegg til å være avhengig av studiens satte forutsetninger. Ottel  et al. (2011) presiserer at videre forskning er nødvendig for å forbedre analysen og for å be-krefte eller avkrefte at studiens forutsetninger stemmer. I tillegg til dette er det også økonomiske fordeler involvert (holdbarhet, estetisk verdi og sosial faktor) som kan bli estimert i en livskostnadsanalyse. Dessuten er det mange flere systemer med ulik karakteristikk som nå er tilgjengelig på markedet som kan ha en annen milj p virkningsfaktor.

# KONKLUSJON

I denne delen har jeg fått en oversikt over hvilke fordeler vertikal beplantning gir til samfunnet. Resultatene fra livs-syklusanalysen gir en innsikt i hvilke miljø-messige konsekvenser ulike typer systemer for vertikal beplantning kan forårsake.

Fortettningspolitikken som føres i Norge og store deler av verden, har resultert i færre grønne områder i byene våre. Dette har en direkte negativ innvirkning på miljøet, mikroklimaet og økosystemene i urbane områder, samt at dette blir forsterket av miljøendringene som nå foregår (Hopkins & Goodwin 2011).

Parker og grønne lunger blir gjennom fortetting erstattet med boliger og industribygg, som står for mye av verdens energibruk. På verdensbasis er det beregnet at bygninger har et daglig energiforbruk som tilsvarer opp til 19 millioner oljefat (Asimakopoulos et al. 2001) og er ansvarlige for nesten 40 prosent av det totale globale klimagassutslippet (Ottelé 2011). Bare i Norge er det estimert at boliger og yrkesbygg står for 40 prosent av energiforbruket og hele 60 prosent av det totale strømforbruket (Olje- og energi-departementet 2009).

Global oppvarming fører til at jorden blir varmere og bidrar dermed til en høyere energibruk til nedkjøling av bygg, som fører til et økt utslipp av klimagasser og svevestøv (Asimakopoulos et al. 2001).

Grønne vegger gir mange fordeler til samfunnet. De reduserer energibruk, luftforurensning og UHI effekten, de kan isolere mot varmetap og beskytte bygningen mot soloppvarming og støy, de kan øke den visuelle grønnstrukturen og bidra til estetisk

urbant design og øke markedsverdien til omkringliggende bebyggelse. Grønne vegger kan også brukes til lokal overvannshåndtering, rensing av gråvann og lokal matproduksjon. De kan bedre folks helse og velvære, øke det biologiske mangfoldet i byen og beskytte bygningsfasaden mot vær og vind. Men grønne vegger kan også bidra til miljøproblematikken, blant annet ved bruk av lite miljøvennlige materialer.

Ottelé et al. (2011) konkluderte i sin analyse med at dagens teknologi er bærekraftig, men her ble ikke aspekter som vann- og næringstilførsel og skjøtselomfang tatt med. Dette er faktorer som kan være avgjørende for hvorvidt denne teknologien er bærekraftig og må utforskes videre. Det vil også være gunstig å drive videre forskning på ny teknologi og nye materialer som har lengre levetid og kan resirkuleres. Det vil gagne hele samfunnet dersom man kan bruke grønne vegger med et så lavt karbonfotspor som mulig, til å gjøre byene våre til både fysisk og psykisk bedre områder å leve i.

Dersom grønne vegger blir bedre integrert med bygningskroppen og flere funksjoner kan knyttes sammen, vil man oppnå mer effektive bygg, med økte økologiske og miljømessige fordeler. Vertikal beplantning representerer et godt forsøk på å kombinere natur og arkitektur slik at vi kan bringe naturen tilbake til byen og på den måten arbeide for å løse ulike miljøproblemer. Jeg har spesielt tro på at bruk av grønne vegger til reduksjon av luftforurensning, matproduksjon, rensing av gråvann og overvannshåndtering er viktige teknologier. Dette er områder som krever videre forskning, men er noe jeg tror vi vil se mer av i fremtiden.



Bilde: 2.4 (høyre) 'Quai Branly Museum'



# DEL 3

## VERTIKAL BEPLANTNING I NORGE

# STATUS I NORGE

I denne delen fokuserer jeg på levende vegg-systemer og dets utbredelse i Norge. Jeg har valgt å fokusere på levende vegg-systemer til fordel for grønne fasader, eller andre former for levende vegger, fordi denne teknologien er relativt ny og rasktvoksende. Det blir også ansett som spennende og innovativt å bruke levende vegg-systemer til å anlegge vegetasjon på vertikale flater. Dette gjør det ekstra interessant å se hvilke anlegg som finnes av denne typen i Norge.

I flere av verdens storbyer ser man et økende antall nybygg hvor grønne vegger er innarbeidet i designet. I Norge har markedet for levende vegg-systemer økt, men det er først og fremst innendørsvegger som har fått størst oppmerksomhet. Det er først de siste par årene at også utendørs levende vegg-systemer har fått en økt interesse fra ulike faggrupper (arkitekter, landskapsarkitekter, anleggsgartnere, VA-ingeniører, etc).

Den generelle estetiske kvaliteten som grønne vegger gir ser ut til å være en stor motivasjonsfaktor for mange, men bevisstheten omkring de ulike fordelene grønne vegger kan gi til samfunnet (som omtalt i del to), og mulighetene som finnes for å videreutvikle teknologien til ytterligere bruk (overvannshåndtering, gråvannrensing, etc.) har økt. Blant annet ser Arvid Ekle (2014) på grønne vegger som en mulighet til å bruke naturen som mal for å finne løsninger på problemer og presiserer at: «*Naturen har alltid gjort det før*». Ekle (2014) forklarer videre at grønne vegger kan brukes som en del av vannregnskapet og nevner at han den siste tiden har opplevd et økt ønske om samarbeid fra ulike VA-ingeniører.

Arve Heistad (2014) ser også på muligheten for å bruke moderne miljøteknologi til å løse menneskeskapte problemer. Heistad

(2014) anser grønne vegger som en del av fremtidens vannhåndterings- og matproduksjonsløsninger.

Det er per dags dato anlagt få levende vegg-systemer i Norge, og de jeg har funnet informasjon om kommer jeg innpå senere i denne delen.

## STATEN

Ut i fra mitt ståsted og søkene jeg har gjort etter informasjon om norske prosjekter, har det ikke kommet frem noen informasjon som tilsier at staten har fokus på grønne vegger og de fordelene denne teknologien kan tilby.

Når grønne vegger nevnes er det i hovedsak i sammenheng med grønne tak og bruk av vegetasjon til overvannshåndtering (Lindhjem & Sørheim 2012; Miljøverndepartementet 2013). Grønne vegger blir også omtalt i sammenheng med urbant landbruk i rapporten 'Urbant landbruk – Bærekraftig, synlig og verdsatt', hvor fylkesmannens landbruksavdeling i Oslo og Akershus har utredet det urbane landbruket i Oslo. I denne rapporten blir det nevnt at fasader blir brukt til dyrking av urter og salater i større byer som New York og London, og at det eventuelt kan være en mulighet å bruke fasader til dette formålet også i Norge (Forsberg et al. 2014).

Dette viser at offentlige instanser er klar over at grønne vegger kan brukes som virkemiddel til å løse ulike problemstillinger. Men det kan være en mangel på kapital og kompetanse som gjør det utfordrende å videreutvikle teknologien og gi den et større fokus.



Bilde: 3.2 Vinter i Oslo

## UTFORDRINGER

Utfordringene rundt levende vegg-systemer dreier seg ofte om mangel på kunnskap og erfaring. Det finnes svært få norske referanseprosjekter og derav liten praktisk fagkunnskap på feltet.

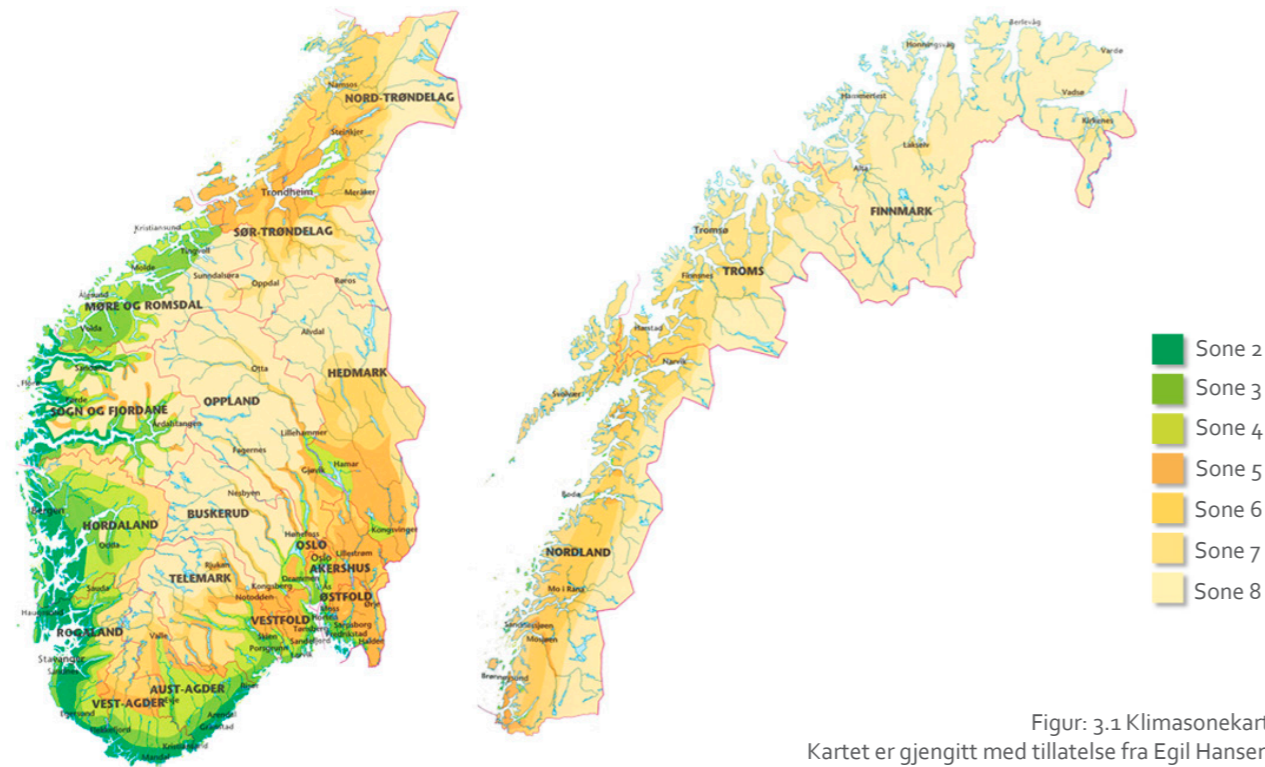
Norge har i tillegg et utfordrende klima som gjør at vi har et smalere planteutvalg enn i varmere strøk. Som tidligere nevnt er levende vegg-systemer også relativt dyre teknologier og dette er en faktor som kan skremme bort utbyggere til å satse på denne formen for grønne vegger.

## KLIMA

Norge blir sett på som et kaldt og nedbørrikt land og ligger på samme breddegrad som Alaska, Grønland og Sibir. Men på tross

av breddegraden og på grunn av luft- og havstrømmene, har Norge et relativt varmt og gunstig klima.

Norge strekker seg over mer enn 13 breddegrader, fra Lindesnes i sør til Nordkapp i nord, som fører til store lokale variasjoner i det norske klimaet. Det er også stor forskjell i mottatt solenergi gjennom sesongene. Det norske terrenget medvirker også til variasjoner i strømningsforholdene, noe som skaper store lokale klimaforskjeller over korte avstander (Norsk klimasenter 2009). Denne variasjonen i lokalklima fører til at man må velge planter ettersom hvilke forutsetninger de har for å overleve i de ulike klimasonene.



## KLIMASONER

Et klimasonekart er et verktøy for å vise hvilke planter som kan vokse i de ulike delene av landet. Systemet ble først utviklet i Sverige, mens sonekartet for Norge (Figur 3.1) ble utarbeidet gjennom et samarbeid mellom Egil Hansen og det norske hageselskap fra 1963 til 2000 (Hansen 2000).

Norge er i utgangspunktet delt inn i 7 soner, fra 2 til 8. Innenfor sone 2 kan det likevel i ekstra lune og varme hager, være områder som tilsvarer sone 1. En plante må ikke kun plantes innenfor sin egen klimasone, eksempelvis kan en plante med hardførhetstall H8 (sone 8) som regel plantes i alle de åtte sonene, mens en plante med hardførhetstall H4 kan plantes i sonene en til fire. Noen planteslag trives bedre i kystklima enn i innlandsklima eller motsatt. Dersom bokstaven 'i' kommer etter hardførhetstallet (f.eks. H3i) betyr det at planten trives best i innlandet, mens bokstaven 'k' betyr at planten trives best ved kysten (Hansen 2000).

Sonene er svært grovt inndelt og lokalklimaet vil variere innenfor hver sone. Det kan finnes spesielt vindutsatte og kalde områder, eller varme og lune områder innenfor samme sone, som muliggjør etablering av mindre eller mer herdige planter enn det sonen tilsier (Hansen 2000).

### SONEINDELING

SONE 1 (H1): *Fins i ekstra lune og varme hager.*

SONE 2 (H2): *Ligger nær kysten, men innenfor skjærgården fra Risør til Sognefjorden.*

SONE 3 (H3): *Ligger nær kysten i Oslofjorden, videre i et belte innenfor og utenfor sone 2 fra Risør til Sogn, og så igjen i et belte innenfor den værharde kysten nordover til Kristiansund*

SONE 4 (H4): *Dekker de beste områdene i lavlandet på Østlandet, et bredt belte innenfor sone 3 fra Telemark til Nord-Hordaland, små områder i de indre fjordene fra Sogn til Nord-Trøndelag og små ytre kystområder i Møre og Romsdal.*

SONE 5 (H5): *Dekker det meste av lavlandet på Østlandet, nedre del av dalføra på Østlandet og Sørlandet, små lommer i indre fjordstrøk på Vestlandet og ytre kyst av Sogn og Fjordane, det meste av lavlandet i Trøndelag og ekstra lune steder i Nordland.*

SONE 6 (H6): *Dekker midtre del av dalføra på Østlandet, små områder i midtre til øvre del på Sørlandet og Vestlandet, et breiere felt i lavlandet i Trøndelag og områder innenfor den harde kyststripa i Nordland og nordover til Tromsø.*

SONE 7 (H7): *Dekker øvre del av dalføra i Sør-Norge, ytre kystområder og nedre del av dalføra i Nordland, en større del av indre kyststrøk og lavere områder i innlandet i Troms, samt lune bygder i det sørlige og østlige Finnmark.*

SONE 8 (H8): *Dekker fjellbygdene i hele Norge, ytre kyststrøk i Troms og det meste av Finnmark.* (Hansen 2000)

## KLIMAENDRINGER

Sonegrensene på klimasonekartet har ikke blitt oppdatert med hensyn til klimaendringene og den økende temperaturen dette fører med seg. En temperaturstigning kan gi grunnlag for å prøve ut planteslag med lavere hardførhetstall enn det sonen på kartet indikerer. Man må samtidig være oppmerksom på at planter kan reagere negativt på ekstremvær (eplante.no 2014).

## PLANTEVALG

På grunn av det kalde og varierende klimaet i Norge er det utfordrende å velge planter til en levende vegg. Daniel Bell er opprinnelig fra England men flyttet til Sør-Sverige i 2007. Han designer og bygger hager over hele London, Stockholm og Skåne og er en ledende skikkelse innen vertikal beplantning. Bell har tidligere jobbet sammen med Patrick Blanc og bruker Blancs filtbaserte system til sine levende vegger. Bell (2014) arbeider nå med å introdusere levende vegger i Sverige og har gjennom de siste fem årene testet ut ulike planter som kan benyttes i svensk klima. Han mener at levende vegger i Skandinavia aldri vil ha det samme frodige uttrykket som levende vegger i sørligere strøk. Dette er ikke noe som behøver å være negativt, men heller en faktor man må være klar over slik at man har korrekte forventninger til en nordisk levende vegg.

Ifølge Bell (2014) er hardføre planter nøkkelen til å skape vellykkede levende vegger i Skandinavia. I sine planteforsøk har Bell testet ut ulike stedeagne svenske planter og svært hardføre planter fra Nord-Amerika og Kina, og har på denne måten kommet frem til flere plantearter som kan benyttes i levende vegger i Skandinavia. Planteartene er:

*Hemerocalis*  
*Buxus*  
*Hydrangea*  
*Vaccinium* (tranebær, tyttebær og blåbær)  
*Empetrum*  
*Juniperus*

*Pinus*  
*Euonymus*  
*Pachysandra*  
*Ophiopogon*  
*Weigela*  
*Geranium*  
*Symphoricarpus*  
*Polypodium*  
*Heuchera*  
*Luzula*  
*Microbiota*  
*Lavender*  
*Lonicera*  
*Berberis*  
*Chamaecyparis*  
*Bergenia*  
*Potentilla*  
*Liriope*  
*Stipa*  
*Silene*  
*Stephenandra*  
*Deutsia*  
*Philadelphus*  
*Aronia*  
*Vinca*  
*Buddlea*  
 (Bell 2013)

Disse plantene er testet ut i Sør-Sverige, et område som har mange likhetstrekk med det norske klimaet, men som er betydelig mildere enn store deler av Norge. Planteartene i denne listen er derfor ingen fasit på planter som kan benyttes i levende vegger her til lands, men heller et forslag til planter man kan bruke til videre tester i Norge.

I Norge er det lite kunnskap og erfaring omkring plantebruken i utendørs levende vegger. Arvid Ekle (2014) har brukt forskjellige varianter av *Bergenia*, *Hauchera* og *Geranium* og mener disse er trygge valg som kan benyttes i Norge. Men han presiserer også at vi per dags dato har for lite erfaring med utvendige plantevegger i Norge til å kunne konkludere med noe sikkert.





Bilde: 3.3 Levende vegg dekket av snø, testvegg, Trondheim (Foto Arvid Ekle)

## VINTERSITUASJON

### VEKSTSESONG

På grunn av klimaet i Norge er det en varierende lengde på plantenes vekstsesong i de ulike landsdelene. En av de begrensende faktorene for vekstsesongen er lufttemperaturen. Carter (1998) hevder at sesongen for aktiv plantevekst i Norden bør defineres som perioden der døgnmiddeltemperaturen er over 5 °C. I tillegg kommer faktorer som nedbør, stråling, jordsmonn, eksposisjon, snødekke (mindre vesentlig hos levende vegger) etc. Kysten av Vestlandet er den delen av landet som har lengst vekstsesong (opptil 225 døgn). I indre strøk på Østlandet er vekstsesongen noe kortere (ca. 165 døgn), på Finnmarksvidda er det vekstsesong mellom 90 og 120 døgn, mens i høyfjellet er den på under 70 døgn (Norsk klimasenter 2009).

### VEGETASJON

Om vinteren er det ikke vekstsesong og på denne tiden går plantene igjennom en periode med hvile. Voksende planter tåler ikke minusgrader over lengre perioder og forbereder seg derfor til vintersesongen ved å avslutte veksten og gå i vinterdvale frem til vekstforholdene er gode igjen (National

Gardening Association 1999). Om vinteren vil det være perioder med plussgrader og da vil røttene (på et mikroskopisk nivå) søke etter vann (Irwin 2011). Ekle (2014), Bell (2014) og Irwin (2011) presiserer at det er svært viktig at plantene får vann i disse periodene slik at plantene ikke tørker ut og dør. Vintre med vekselvis høy temperatur og frost kan gi frostskaider og dersom vinteren har mye vind kombinert med barfrost kan omfanget av sviskader på alltidgrønne og andre sarte planter øke (eplante.no 2014).

I Norge er det en begrenset vekstsesong og lange perioder med minusgrader. Når man skal velge planter til en levende vegg er det viktig at man tenker over hvordan vegetasjonens vintersituasjon er, slik at veggen også har et spennende uttrykk i denne perioden. Dette kan oppnås ved å velge vintergrønne planter med bladverk som endrer farge eller form i løpet av sesongen. Et viktig aspekt å tenke på er om det er lengre perioder hvor plantene ser døde ut, da dette kan skape et forsømt og ustelt uttrykk.



## NORSKE REFERANSEPROSJEKTER

For å få en bredere forståelse av hva som har fungert og hva som ikke har fungert ved anleggelse av levende veggssystemer i Norge, har jeg valgt å gå nærmere inn på eksisterende norske prosjekter.

Per dags dato er det oppført få levende veggssystemer i Norge og jeg har kun funnet informasjon om fire ulike anlegg; en testvegg på Arvid Ekle sitt private hjem i Trondheim, en som er installert på nybygget til Landskapsentreprenørene AS i Rigidalen i Kristiansand, en firesidet «planteboks» på kontorene til Bark Arkitekter AS i Stavanger og en som er anlagt på trappevengen ved hovedinngangen til Kronstad distriktpsikiatriske senter (DPS) på Danmarks plass i Bergen.

De to eldste veggene ble anlagt i 2012 og de yngste i 2013, og alle veggene har dermed kort fartstid.

Jeg går igjennom hvorfor de ulike aktørene valgte å anlegge en levende vegg, hvordan lokalklimaet er på stedet, hvilket levende veggssystem og vanningsystem som er benyttet, plantevalg, vintersituasjon og skjøtsel. I sammendraget vil jeg så gå igjennom hva man har lært av disse prosjektene.

Bilde: 3.4 (øverst til venstre) Danmarks plass, Bergen (Foto Pål Hoff)

Bilde: 3.5 (nede til venstre) Oransjeriet, Stavanger (Foto Frode Brurberg)

Bilde: 3.6 (øverst til høyre) Rigidalen, Kristiansand

Bilde: 3.7 (nede til høyre) Testvegg, Trondheim (Foto Arvid Ekle)



Bilde: 3.8 Testvegg, sommer  
(Foto Arvid Ekle)



Bilde: 3.9 Testvegg, sensommer  
(Foto Arvid Ekle)



Bilde: 3.10 Testvegg, vinter  
(Foto Arvid Ekle)

## PRIVAT TESTVEGG, TRONDHEIM ARVID EKLE

BYGGÅR:	2012
LEVERANDØR:	BioWall AS
AREAL:	9 m <sup>2</sup>
PLANTEANTALL:	675
KOSTNAD:	9000 kr/m <sup>2</sup> ved normalpris
INFORMANT:	Arvid Ekle



TRONDHEIM

Figur: 3.2 Norgeskart

Veggen er anlagt til nettoppris på Arvid Ekle sitt privathus i Trondheim for å teste hvilke planter som kan benyttes i 'Biowall' sitt levende veggssystem. Ekle (2014) mener denne teknologien har en fremtid i det urbane rom på grunn av dens evne til å rense luften, kjøle ned bygg, øke det biologiske mangfoldet og ikke minst fordi det er vakkert.

### LOKALKLIMA

Den grønne veggen er vestvendt og er svært sol-, vind- og værutsatt.

### SYSTEMTYPE

Biowall bruker levende veggssystemet utviklet av Biotecture, med Grodan som vekstmedium. Den grønne veggen er festet

slik at det er et luftsjikt mellom planteveggen og bygningskroppen. Nærmest veggen er det en 18 mm tykk vanntett plastplate av gjenbruksplast, foran denne er det festet en vanntett duk med et filslag i front. Modulene er festet utenpå dette igjen og vannledningene er festet i et mellomrom mellom modulene.

### VANNINGSSYSTEM

Veggen tilføres vann og næring gjennom et dryppvanningssystem med ventilstyrte vannledninger som er delt opp i ulike soner. Systemet har automatisk vannstyring som er programmert slik at plantene får den vannmengden de har behov for og justeres i løpet av sesongen. Dette vanningsystemet må ikke slås av analogt dersom det er fare for

frost. Ved minusgrader utvider vannet seg inne i vannledningene, dette skaper et trykk som gjør at ventilene åpnes og slipper ut vannet. Ved plussgrader er det et digitalt system som starter opp vanningen automatisk.

### PLANTEVALG

Ekle (2014) har frem til nå kun plantet stauder i denne grønne veggen.

Plantesortene som er benyttet er:

*Deschampsia cespitosa* 'Bronze veil'  
*Bergenia cordifolia* 'Winter cut'  
*Molina caerulea* 'Variegata'  
*Dianthus deltoides* 'Alba'  
*Geranium karmina*  
*Heuchera* (to typer)  
*Lavandula*  
*Meum athamanticum*  
*Waldsteinia ternata*

### VINTERSITUASJON

Det er benyttet vintergrønne stauder med bladverk som har varierende farger, størrelser og former. Dette gjør at den grønne veggen også har et spennende og estetisk vakkert uttrykk om vinteren. I denne veggen er strukturen til prydgresset og rød- og

burgunderfargene i bladverket til *Heuchera*, *Geranium* og *Bergenia* spesielt fremtredende.

Våren 2013 opplevde Ekle (2014) at 40 prosent av plantene i veggen ikke overlevde vinteren og måtte byttes ut. Han forklarer at vinteren 2012/2013 var en sjeldent hard vinter for planter i hele landet, og er derfor usikker på hvor mye av tilbakefallet som skyldes vinteren, den tekniske løsningen eller plantevalget.

Plantene som gikk ut var:  
*Dianthus deltoides* 'Alba'  
*Lavandula*  
*Meum athamanticum*  
*Waldsteinia ternata*

Flere av disse artene ble byttet ut og det gjenstår å se hvilke av de nye artene som har overlevd denne vinteren (2013/2014).

### SKJØTSEL

Veggen må sjekkes fire ganger i året og hoveddelen av skjøtselsarbeidet utføres på våren. På denne veggen vil dette arbeidet bestå av vanlig staudeskjøtsel og utskiftning av planter som ikke har overlevd vinteren.



Bilde: 3.11 Rigatedalen, innendørs og utendørs vegg  
(Foto Arvid Ekle)



Bilde: 3.12 Rigatedalen vinter  
(Foto Arvid Ekle)



Bilde: 3.13 Rigatedalen, sommer  
(Foto Arvid Ekle)

## RIGEDALEN, KRISTIANSAND LANDSKAPSENTREPENØRENE

BYGGÅR:	2012
LEVERANDØR:	Biowall AS i samarbeid med Biotecture
ANLEGGSGARTNER:	Landskapsentrepene AS og Anlegg & Utemiljø AS
AREAL:	40 m <sup>2</sup>
PLANTEANTALL:	2900
KOSTNAD:	9000 kr/m <sup>2</sup> ved normalpris
INFORMANT:	Arvid Ekle



KRISTIANSAND

Veggen er anlagt på det nye kontor- og lagerbygget til Landskapsentrepene AS, i Rigatedalen i Kristiansand. Denne veggen er også bygget til nettoppris av BioWall AS, slik at firmaet kan lære av den til senere prosjekter. Her er det i tillegg anlagt en innendørs vegg med 1175 planter som blir avskilt fra utendørsveggen av en fasade av glass. Dette skaper en illusjon av at det er en sammenhengende grønn vegg som strekker deg fra inne- til uterom.

### LOKALKLIMA

Den grønne veggen er vendt mot sørvest og har svært varme vilkår om sommeren. Dette gjør at plantene krever mer vann og må passes ekstra godt på. Den første sommeren holdt veggen på å tørke ut, men ble «reddet» før det var for sent.

### LEVENDE VEGG- OG VANNINGSSYSTEM

Både levende vegg- og vanningsystemet er bygget opp på samme måte som Arvid Ekle sin private vegg i Trondheim.

### PLANTEVALG

Også i denne veggen er det kun benyttet stauder. Plantesortene som er benyttet er:  
*Deschampsia cespitosa* 'Bronze veil'  
*Deschampsia flexuosa*  
*Eoonymus* 'Dart's blanket'  
*Bergenia purpurascens*  
*Geranium* 'Max Frei'  
*Heuchera* 'Palace purple'  
*Heuchera* 'Stormy seas'  
*Heuchera* 'Molly bush'  
*Carex morrowii* 'Ice Dance'  
*Pachysandra terminalis*  
*Waldsteinia terrata*  
*Veronica umbrosa* 'Georgia blue'

### VINTERSITUASJON

Som man ser på bilde 3.12 har den grønne veggen i Rigatedalen et spennende vinteruttrykk. Her er også fargen til *Heuchera* spesielt fremtredende, sammen med prydgressets arkitektoniske uttrykk.

Denne veggen opplevde også mye tilbakefall vinteren 2012/2013, men noe mindre enn veggen i Trondheim. Også her har *Bergenia*, *Hauchera* og *Geranium* fungert bra gjennom sesongene.

### SKJØTSEL

BioWall besøker veggene sine hver åttende uke for å forsikre seg om at alt av systemer fungerer. Også her blir det meste av skjøtselsarbeidet fortatt på våren.



Bilde: 3.14 Oransjeriet om sommeren  
(Foto Frode Brurberg)



Bilde: 3.15 (over) Oransjeriet om vinteren  
(Foto Frode Brurberg)

## ORANSJERIET, STAVANGER

### BARK ARKITEKTER AS

BYGGÅR:	2013
LEVERANDØR:	BergknappAS/Sempergreen®
ANLEGGSGARTNER:	Bergknapp AS
AREAL:	92 m <sup>2</sup>
KOSTNAD:	7 000 kr/m <sup>2</sup> eks.mva
INFORMANT:	Frode Brurberg



Prosjektet består av fire grønne vegger som er anlagt på kontoret til Bark Arkitekter AS, på Oransjeriet på Storhaug i Stavanger. Bark Arkitekter valgte å anlegge grønne vegger på sitt kontor fordi de hadde et arkitektonisk ønske om at nybygget skulle ha et «felleskap» med parken som ligger på andre siden av gaten.

#### LOKALKLIMA

De fire veggene er vendt mot alle de fire himmelretningene, nord, sør, øst og vest. Frode Brurberg som var ansvarlig arkitekt på dette prosjektet, forteller at det ser ut som om den sydvendte veggen har klart seg litt dårligere enn de andre, men han presiserer at det fortsatt er for tidlig å uttale seg om dette.

Det er noe vind på området og to av sidene kan være utsatt for en viss tunnelvirkning. To av sidene har det også betydelig mer skyggefullt enn de to andre, noe som kan være utslagsgivende for plantevekst og trivsel.

#### LEVENDE VEGG- OG VANNINGSSYSTEM

Systemet består av 50x50 cm store moduler som er festet til en underliggende stålprofil. Modulene inneholder et vekstmedium av komprimerte vattputer og har en vanntett bakplate som hindrer vann og fuktighet i å nå bygningsfasaden. Vann og næring tilføres de grønne veggene gjennom perforerte vannledninger som legges i sløyfe horisontalt mellom modulrekkene. Plantene ble også her plantet i modulene på forhånd og stod

en periode i veksthus, slik at plantene fikk et godt rotfeste i vekstmediet.

#### PLANTEVALG

I dette anlegget er det valgt å bruke en blanding av stauder, vintergrønne busker og klatreplanter. Plantesortene som er benyttet er:

*Heuchera micrantha* 'Palace Purple'  
*Lonicera nitida* 'Maigrun'  
*Achillea millefolium*  
*Carex comans* 'Bronze foam'  
*Iris*  
*Euonymus fortunei* 'Emerald 'n Gaiety'  
*Euonymus fortunei* 'Emerald 'n Gold'  
*Euonymus fortunei* 'Minimus'  
*Alchemilla Mollis*  
*Festuca glauca*  
*Asplenium scolopendrium*  
*Pachisandra terminalis*  
*Waldsteinia ternata*  
*Fragaria vesca*  
*Bergenia cordifolia*  
*Geranium*  
*Spiraea*  
*Pinus mugo mugo*  
*Carex morrowii*  
*Lavandula anustifolia* 'Hidcote'  
*Vinca major*  
*Hedera hibernica*

Brurberg (2014) forklarer at det må det flere sesonger til for å kunne ha et godt svar på hvilke planter som har fungert bra og hvilke som har fungert dårlig.

#### VINTERSITUASJON

Brurberg (2014) har sett at noen av plantene ikke har klart seg godt gjennom vinteren. Leverandøren Sempergreen® opplyste om at det var forventet at ca. 20 prosent av plantene måtte erstattes etter ett år. I følge Brurberg (2014) ser dette ut til å stemme overens med hvor stort tilbakefall disse veggene har hatt i løpet av det første året. Brurberg (2014) forteller videre at årets vinter i Stavanger har vært mild. Så langt ser det ut til at flesteparten av plantene har klart seg bra gjennom vinteren og startet å spire og gro i april.

Ut i fra bilde 3.15 som er tatt vinteren 2013/2014, ser det ut til at veggene har et frodig uttrykk også om vinteren. Det ser ut til at dette i hovedsak skyldes de vintergrønne plantene og teksturen i bladverket.

#### SKJØTSEL

Hvor mye skjøtsel som kreves på disse veggene har ikke anleggsgartneren gjennomgått enda, men i følge Brurberg skal dette komme i orden snarest.



Bilde: 3.16 (venstre) Danmarks plass om sommeren  
(Foto Pål Hoff)



Bilde: 3.17 (over) Danmarks plass i Mars  
(Foto Ingrid Taraldsen)

## DANMARKSPASS, BERGEN SMEDSVIG LANDSKAPSARKITEKTER AS

BYGGÅR:	2013
LEVERANDØR:	GrowTek ApS
ANLEGGSGARTNER:	Anleggsgartnermester Wikholm AS
AREAL:	50 m <sup>2</sup>
PLANTEANTALL:	3500
KOSTNAD:	8-10 000 kr/m <sup>2</sup>
INFORMANT:	Arne Smedsvig & Stein Wikholm



Den grønne veggen er anlagt på en trappevange på inngangspartiet til Kronstad distriktpsykiatriske senter (DPS) på Danmarks plass i Bergen. Det ble valgt å anlegge en grønn vegg her for å skape et friskt og frodig inntrykk som kan bedre Danmarks plass sitt negative uttrykk som trafikkmaskin. Det var også et ønske at den grønne veggen kan bedre lokalklimaet ved å binde svevestøvet som forårsakes av vegtrafikken. Den grønne veggen skulle egentlig ha et større areal, men på grunn av kostnadsspørsmål ble størrelsen redusert. For å kompensere for dette ble noen av de søvendte veggene kledd i vaiernett, som etterhvert skal dekkes med klatreplanter av sorten *Lonicera henryi*.

### LOKALKLIMA

Den grønne veggen er vendt mot vest og er på grunn av gateløpets utforming noe vindusatt.

### SYSTEMTYPE

GrowTek sitt levende veggssystem består av en serie moduler som inneholder vekstmediet GrowTek VM 20. Den grønne veggen er festet til fasaden ved hjelp av en opphengskonstruksjon som er dekket med et vanntett lag. Over det vanntette laget er det plassert et stålgitter som modulene er festet på. Plantene ble plantet i modulene på forhånd og fikk tilført vann og næring i ca fire uker. På denne måten fikk plantene tid til å få rotfeste i vekstmediet før modulene ble festet i stålgitteret. I følge Smedsvig (2014) så

manglet det en avsluttende kant i overkant og på sidene av veggen, noe som kunne føre til at veggen ble lettere utsatt for vandalisme. På grunn av dette måtte en blikkenslager lage en ramme til systemet, noe som økte kostnaden på veggen betraktelig. Dette mener Smedsvig (2014) er noe som leverandøren burde stått for.

### VANNINGSSYSTEM

Den grønne veggen får vann gjennom et dryppvanningssystem som styres automatisk. Vannet som blir til overs renner ned i et grusfelt rett under veggen og videre til et rabattbed. Plantene skulle egentlig få tilført næring gjennom vanningsystemet, men dette måtte endres fordi VA i Bergen var redd for tilbakeslag i vannledningene. Det ble derfor valgt å bruke kun rent vann i vanningsstanken og heller tilføre næring ved bruk av langtidsgjødsel (Osmocote) som må fylles på én gang i året.

### PLANTEVALG

I denne veggen er det valgt å bruke en blanding av stauder og vintergrønne busker. Plantesortene som ble benyttet er:  
*Vinca minor*  
*Pachysandra terminalis*  
*Bergenia*  
*Euonymus fortunei 'Emerald Gaiety'*  
*Euonymus fortunei 'Emerald Gold'*

### VINTERSITUASJON

Denne veggen ble installert sommeren 2013 og det er derfor lite informasjon om hvordan plantene har klart seg gjennom vinteren. I Bergen har det i år vært en svært mild vinter med få dager under frysepunktet, og Smedsvig (2014) forteller at det ser ut til at veggen har klart seg bra.

Ut ifra bilde 3.17 tatt i mars i år (2014), ser man at plantene er vintergrønne og har et bladverk med ulike farger og teksturer. Men man ser også at deler av veggen er noe glissen. Dette kan endre seg etterhvert som plantene får flere sesonger å vokse på og veggen vil dermed få et frodigere uttrykk gjennom sesongene.

### SKJØTSEL

Det har ikke enda vært nødvendig å utføre et større skjøtselsarbeid på veggen. I løpet av vinteren ble vanningsystemet skrudd av i frykt for frost, noe som har ført til at Wikholm AS to ganger måtte vanne veggen med slanger for å unngå uttørking. I mai har ikke lenger Wikholm AS ansvar for vedlikehold og tilsyn. Slik det ser ut nå blir denne jobben tatt over av byggets vaktmester, og Wikholm (2014) er spent på å se hva som skjer med veggen etter dette.

## OPPSUMMERING

De ulike referanseprosjektene har i hovedsak blitt anlagt fordi de blir ansett som vakre bidrag til det urbane miljøet. Men det viser seg at også at veggens evne til å rense luft har vært en motivasjonsfaktor for noen av anleggene. De grønne veggene i Trondheim og Kristiansand brukes til å utforske hvilke planter som kan brukes i levende vegger og gir på denne måten leverandøren (BioWall AS) verdifull informasjon og kompetanse til nye prosjekter.

### LOKALKLIMA

Det viser seg at himmelretningen vegg er vendt mot og hvordan lokalklimaet er på stedet, er vesentlig i forhold til hvor mye vann vegg krever og hvilken vegetasjon som kan brukes.

### LEVENDE VEGG- OG VANNINGSSYSTEM

Ut i fra dette studiet er det vanskelig å si noe om hvorvidt systemtypene har gitt ulike resultater, da veggene fortsatt er unge og ikke alle plantene er fullvokste. Vanningssystemet kan man derimot se at har fungert bedre i Trondheim og Kristiansand enn det det har i Bergen, da dette systemet er designet slik at man ikke trenger å frykte frostskafer. Det ble ikke nevnt om noen problemer med vanningssystemet i Stavanger, og det virker som om det så langt har prestert godt. Det er også for tidlig å si noe hvorvidt bruken av Osmocote gjødsling i Bergen har ført til at plantene ikke har fått nok eller riktig næring. Det ser også ut til at bruken av uorganiske vekstmedier har fungert bra i disse veggene og at plantene trives og får godt rotfeste.

### PLANTEVALG

Plantevalget i Bergen ser så langt ut til å ha fungert bra. Ut i fra bilder som har blitt tatt rett etter installasjon sommeren 2013 og mars i år (2014) kan deler av vegg se glissen ut, men dette kan være at endrer seg etterhvert som plantene får flere sesonger å vokse på.

I Stavanger er det fire vegger vendt mot fire ulike himmelretninger, som er beplantet med tilsynelatende lik vegetasjon på alle sidene. Dette ser så langt ut til å fungere bra, men

det kan bli spennende å se om det blir tydelig at noen av plantene trives bedre på én vegg enn en annen, ettersom hvilke krav de har til lokalklimaet.

På anlegget i Stavanger var det forventet fra leverandøren sin side at omtrent 20 prosent av plantene måtte erstattes etter det første året, noe som ser ut til å stemme. Også i Trondheim og Kristiansand er det noen planter som har gått ut. Det er noe usikkert om dette skyldes systemtypen, vanning, næringstilførsel, plantevalg eller rett og slett at vinteren det året var svært hard. Sannsynligheten for at vi får flere lignende vintre i årene som kommer, med store svingninger mellom pluss- og minusgrader, er nok stor. Det å bruke forsøksvegger til å teste ut ulike vegetasjon i ulike klimasoner, vil føre til fagpersonenes kunnskap om plantevalg og systemtype blir styrket.

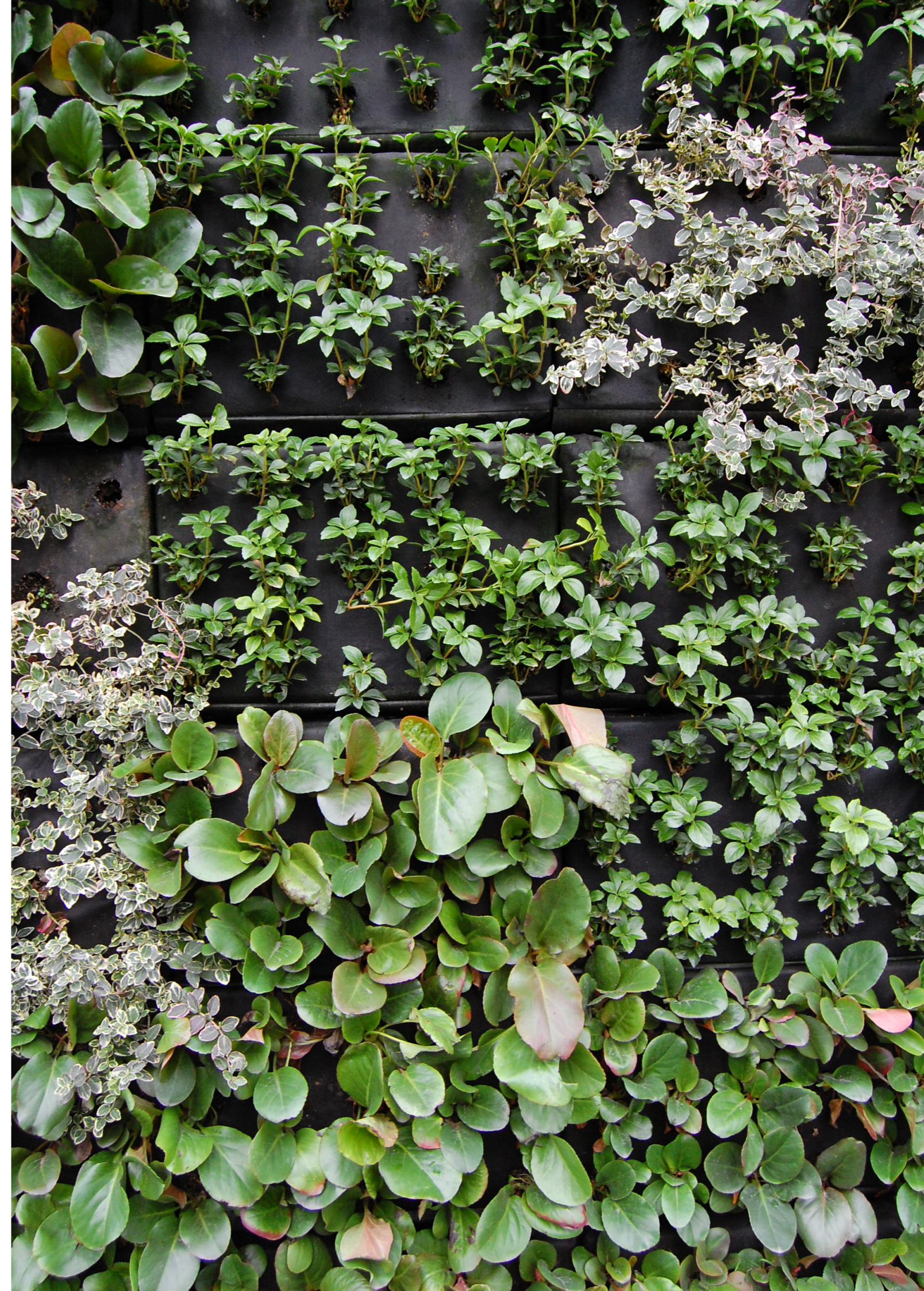
Generelt ser det ut til at plantene som har blitt benyttet i de ulike veggene gjør at vegg har et frodig og spennende uttrykk også på vinteren.

### SKJØTSEL

Levende vegger krever skjøtsel akkurat som alle andre grøntanlegg og krever derfor fagpersonell til å gjøre jobben. Her kreves det fagpersoner med kompetanse innen både teknikk og vegetasjon, da det innebærer kompliserte systemer og utradisjonelt plantehold. Disse systemene vil også etterhvert kreve vedlikehold av selve konstruksjonen og vanningssystemet og tiden vil vise hvor lang levetid de ulike komponentene har.

### PRØVING OG FEILING

Alle informantene var svært klare på at det er mange aspekter omkring bruken av levende veggssystemer i Norge som enda ikke er avklart, og at dette kan føre til noe prøving og feiling gjennom spesielt plantevalg og vann- og næringstilførsel. Det er dermed ingen som påstår at de nødvendigvis har funnet den beste løsningen, men at de løsningene de har kommet frem til har fungert til sitt behov.



Bilde: 3.18 Rigidalen om vinteren  
(Foto Ingrid Taraldsen)



# DEL 4

## DISKUSJON & ANBEFALINGER

Bilde: 4.1 Privat testvegg, Trondheim  
(Foto Arvid Ekle)



Bilde: 3.2 Oransjeriet (Foto Frode Brurberg)

## GRØNNE VEGGER I NORGE

### EN DISKUSJON RUNDT HOVEDPROBLEMSTILLINGEN

I denne delen vil jeg, ved hjelp av funn i litteraturstudiet, intervjuene og referanseprosjektene, diskutere den overordnede problemstillingen jeg har valgt for denne oppgaven.

**BØR MAN ANLEGGE VERTIKAL BEPLANTNING/GRØNNE VEGGER I NORGE, OG HVORDAN KAN DENNE TEKNOLOGIEN TILFELLE IMPLEMENTERES I NORSKE BYER?**

Ut ifra litteraturen ser det ut til at det å anlegge flere grønne vegger i norske byer vil føre med seg mange fordeler som vil gagne det urbane miljøet samt samfunnet i sin helhet. Det kommer frem at grønne vegger bidrar med mange private og offentlige fordeler som bedrer miljøet, folks helse og velvære, samt gjør byene våre til bedre og sunnere områder å bo og leve i. Disse fordelene kan, kombinert med veggens estetiske kvaliteter, danne vakre byer som befolkningen er stolte av. Dersom man er stolt av plassen

man kommer fra får man en økt følelse av tilhørighet og identitet. Dette tror jeg vil øke sannsynligheten for at befolkningen ønsker å bidra til å ta vare på og videreutvikle disse områdene i fremtiden.

#### VIDERE FORSKNING

For at grønne vegger skal kunne benyttes til å bedre bymiljøet i Norge må man først ta stilling til om dette er teknologi det lønner seg å satse på i norsk klima. For å svare på dette må det forskes videre på hvorvidt ulike systemer for vertikal beplantning er bærekraftige. Det bør utføres helhetlige livssyklusanalyser, hvor vann- og næringstilførselen og skjøtselbehovet også er en del av beregningene. Det bør også utvikles systemer som benytter seg av mer miljøvennlige materialer og har et lavere vannforbruk (mindre avrenning).

Referanseprosjektene som finnes i Norge er fortsatt svært nye og det vil ta flere år før man med sikkerhet kan si at veggene har prester

etter forventningene. I Norge vil det kreve ytterligere praktisk utprøving av systemtyper og vegetasjon før man kan anbefale hvilke systemer og planter som egner seg best i norsk klima. Alle de fire referanseprosjektene som jeg har funnet informasjon om er anlagt i kystnære strøk, hvor vintrene er mildere enn de er i innlandet. For å se hvordan ulik vegetasjon takler dette klimaet med et vertikalt rotsystem, vil det være nødvendig å gjennomføre tester av grønne vegger også i innlandet.

Det vil også være naturlig (spesielt til hydroponiske systemer) å gå i fotsporene til personer som Roberto Burle Marx og Patrick Blanc, og gå ut i norsk natur for å se hvilke planter som vokser uten eller med liten tilgang til vekstjord i sitt naturlige habitat. Gjennom en kombinasjon av praktiske tester og observasjoner i skog og mark, vil man kunne danne et bredere kunnskapsgrunnlag for fremtidige retningslinjer og prosjekter.

#### KOSTNAD

Den moderne formen for grønne vegger består av kompliserte systemer og er dyre å installere. Denne teknologien er relativt ny og det er kjent at etterhvert som teknologier blir eldre og får økt popularitet, synker prisene. Dette kan føre til at flere kan benytte seg av grønne vegger etterhvert som de eksisterende systemene blir billigere, eller nye og billigere systemer utvikles. En økt popularitet kan på den andre siden føre til at useriøse aktører utvikler billige systemer av dårlig kvalitet, noe som krever kvalitetskontroller og grundige undersøkelser ved valg av leverandør.

**LAVT FOKUS I OFFENTLIG SAMMENHENG**  
I Norge er det som nevnt i del tre, lite kunnskap omkring grønne vegger, og temaet blir viet lite oppmerksomhet i offentlig sammenheng. Bakgrunnen for dette kan være at det finnes få i Norge med faglig kompetanse og usikkerhet rundt hvilke fordeler grønne vegger tilbyr samfunnet. Det at moderne grønne vegger er relativt dyre teknologier kan også være en faktor som spiller inn på hvorvidt videreutvikling av denne teknologien blir prioritert i det offentlige. Det kan også være en lav vilje innenfor ulike offentlige instanser

til å bruke utradisjonelle metoder til å møte den økende urbaniseringen.

#### MOTIVASJON

Mange av de offentlige, miljømessige fordelene grønne vegger kan gi til samfunnet, slik som redusert UHI effekt og luftforurensning, krever store veggarealer og vegetasjonsvolum for å kunne utgjøre en forskjell. De «store» miljømessige fordelene vil være viktige motivasjonsfaktorer for instanser som ønsker å bedre det urbane miljøet, men for entreprenører og byggherrer vil fordeler som skaper økonomisk gevinst være den viktigste motivasjonen. Det kan derfor være viktig å se ytterligere på de «små» private fordelene grønne vegger kan gi, slik som å bidra til å senke energikostnadene, beskytte bygningsfasaden og øke markedsverdien, og promotere disse.

Ved å videreutvikle teknologier som integrerer grønne vegger ytterligere med bygningskroppen (grønne vegger til bruk som kledning, fordrøyning og rensing av overvann og gråvann) og samtidig gjøre entreprenører oppmerksomme på hvordan grønne vegger kan være lønnsomt for ulike byggeprosjekter, kan man oppnå en økt bruk av vertikal beplantning. Ved å promotere de «små» private fordelene kan man, etterhvert som anleggelsen av grønne vegger øker, kunne oppnå de «store» offentlige og miljømessige fordelene.

#### STATLIG OPPMUNTRING OG KRAV

En annen pådriver for å øke det grønne volumet i byene våre er å innføre statlige retningslinjer som oppmuntrer til en økt anleggelse av grøntareal, eller har krav om anleggelse av et visst grøntareal ved oppføring av ny bebyggelse eller industri.

Blant annet i Tyskland har anleggelsen av grønne fasader og annen grønn infrastruktur blitt støttet av ulike former for oppmuntring og/eller krav fra myndighetene. Her krever myndighetene kompensasjon ved nedbygging av eksisterende grøntområder i form av ny grønnstruktur (Döveling 2009). Også i Japan har man sett hvordan en oppmuntring til anleggelse av grønne vegger har ført til en økt





Bilde: 4.3 Bregner som vokser i bergsprekker ved Ljan stasjon i Oslo

interesse for vertikal beplantning (Dunnett & Kingsbury 2008).

Dersom entreprenører og utbyggere sparer penger (ved skattelette, lavere avgifter, energiforbruk, etc.) eller er lovpålagt til å anlegge grønne vegger, vil dette føre til større grøntareal og vegetasjonsvolum. Dette vil igjen bidra til de større miljømessige fordelene som grønne vegger tilbyr, noe som vil gagne hele det urbane miljøet og samfunnet generelt.

#### GRØNN AREALFAKTOR

En måte å sette krav til utbyggere på er ved bruk av Grønn arealfaktor (GAF). GAF ble utviklet i Berlin og er et planleggingsverktøy som er utviklet for å kunne beregne graden av grønne overflater/grønn teknikk i byggeprosjekter. GAF betyr i praksis at utbygger må kompensere for tomtens bebygde og harde overflater med «grønne»

areal. Verktøyet bygger på et poengsystem der asfalterte/harde flater gir 0,0 poeng (lavest), mens vegeterte-/gressflater gir 1,0 poeng (høyest). Det gis i tillegg ekstra poeng for beplantning av trær, busker og planter (Trondheim kommune 2010). Grønne vegger vil ikke ha de samme kvalitetene som parker og annen «horisontal» grønnstruktur og kan derfor ikke tildeles full poengsum (1,0).

#### SUPPLERE IKKE ERSTATTE

Ved bruk av krav og oppmuntring som virkemiddel er det viktig at grønne vegger ikke ender opp med å erstatte eksisterende grønnstruktur, men heller brukes som et tilskudd som binder de større grøntområdene i byen sammen. Vertikal beplantning vil aldri kunne tilby de samme fysiske mulighetene til rekreasjon og lek slik som tradisjonelle parker og grønne lunger, men vil styrke grønnstrukturen visuelt og gi byene våre et frodigere uttrykk.

GRØNN AREALFAKTOR BEREGNES ETTER FØLGENDE FORMEL:

$$GAF = \frac{\sum (\text{AREAL PR. OVERFLATE ELLER TILLEGGSELEMENT} * \text{DELFAKTOR})}{\text{TOTALT AREAL}}$$

Figur: 4.1 Grønn arealfaktor

## ANBEFALINGER

Som en avslutning velger jeg å presentere noen anbefalinger til hvilke områder som jeg mener det må settes fokus på, både for at man skal kunne svare på om man bør eller ikke bør anlegge flere grønne vegger i Norge, samt hvordan denne teknologien i tilfelle kan implementeres i norske byer.

### OMRÅDER SOM DET MÅ FOKUSERES PÅ ER:

#### ØKT BÆREKRAFT

- Det bør forskes videre på hvor bærekraftig de ulike systemene for vertikal beplantning er. Det bør også utføres helhetlige livssyklusanalyser hvor skjøtselsbehov, vann- og næringstilførsel er en del av beregningene.

- Ved å utvikle systemer med mer miljøvennlige materialer og et lavere vannforbruk, og ved å kombinere dette med en økt interaksjon med bygningskroppen, vil systemene bli mer bærekraftige.

#### STEDEGEN VEGETASJON

- For å finne passende stedegen vegetasjon til bruk i levende vegger kan det være nødvendig å observere norsk flora og se hvilke plantearter som vokser på en lignende måte naturlig. Dette gjelder spesielt planter til bruk i hydroponiske levende veggssystemer.

#### PRAKTISK UTPRØVNING

- Teori er ikke nok. For at vi skal kunne anlegge grønne vegger som skal kunne vokse og trives i norsk klima må det utføres praktiske tester i ulike klimasoner. Ved bruk av testvegger til utprøving av ulike systemtyper, plantearter, vekstmedium, vann- og næringstilførsel vil man få et mye bredere kunnskapsgrunnlag til nye prosjekter.

### GRØNNE VEGGER KAN IMPLEMENTERES VED:

#### FOKUS PÅ DE «SMÅ» PRIVATE FORDELENE FOR Å OPPNÅ DE «STORE» MILJØMESSIGE OG OFFENTLIGE FORDELENE

- Ved å gjøre utbyggere oppmerksomme på de «små» private fordelene grønne vegger gir kan antallet grønne vegger som anlegges på nye byggeprosjekt øke. En slik økning kan dermed bidra til de «store» offentlige og miljømessige fordelene grønne vegger kan tilby.

- Utvikling av teknologi som øker den grønne veggens interaksjon med bygningskroppen vil skape flere bruksområder, noe som vil gjøre det mer lønnsomt for entreprenører å anlegge grønne vegger.

#### STATLIGE KRAV OG OPPMUNTRING

- Entreprenører og byggherrer må «dyttes» i riktig retning dersom vi ønsker å gjøre byene våre grønnere. Det offentlige kan bidra til dette ved å oppmuntre til eller kreve anleggelse av grøntarealer ved nybygg.



## AVSLUTNING

# REFLEKSJON

Vertikal beplantning/grønne vegger var et tema jeg hadde lite kunnskap om før jeg satte i gang med oppgaven. Jeg brukte derfor god tid i startfasen på å sette meg inn i ulik litteratur og teori og snakke med fagpersoner rundt temaet. Gjennom denne prosessen fant jeg fort ut at jeg måtte innom mange ulike emner for å kunne svare på problemstillingene på en god måte.

Etterhvert som jeg fikk en bredere forståelse for temaet og hvilken status grønne vegger har i Norge, ble det klart at denne oppgaven kanskje ble skrevet noen år for tidlig i forhold til hvor mye praktisk erfaring det finnes her til lands. Dette gjorde det naturlig for meg å fremme noen anbefalinger til hva som kan eller bør gjøres videre, til fordel for å konkludere i et ja eller nei med to streker under svaret.

Jeg ser på denne oppgaven som en kunnskapsbank for videre arbeid og håper den vil inspirere til videre utforskning av grønne vegger i Norge, samt til bruk av stedegen vegetasjon i fremtidige grønne vegger.

Jeg føler jeg har lært veldig mye i løpet av dette semesteret. Både omkring selve tematikken for oppgaven, hvordan man skal strukturere og skrive en oppgave, og ikke minst har jeg lært mye om min egen arbeidskapasitet. Jeg føler også at jeg har gjennomført det jeg satt meg som mål for oppgaven; å tilegne og videreformidle kunnskap om vertikal beplantning i urbane miljø, med fokus på utviklingen i Norge.

# BIBLIOGRAFI

- Akbari, H., Pomerantz, M. & Taha, H. (2001). *Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas*. Solar Energy, 70 (3): 295-310.
- Asimakopoulos, D. N., Santamouris, M., Assimakopoulos, V. D., Chrisomallidou, N., Klitsikas, N., Mangold, D., Michel, P. & Tsangrassoulis, A. (2001). *Energy and climate in the urban built environment*. London: James & James. 402 s.
- Bartfelder, F. & Köhler, M. (1987). *Experimentelle Untersuchungen zur Funktion von Fassadenbegrünungen*. Universität Berlin. (sitert etter Köhler 2008).
- Beatley, T. (2011). *Biophilic cities: integrating nature into urban design and planning*. Washington, D.C.: Island Press. 191 s.
- Bell, D. (2013). *Living walls in Scandinavia*. Tilgjengelig fra: [http://www.danielbell.se/documents/living\\_walls\\_in\\_scandinavia.pdf](http://www.danielbell.se/documents/living_walls_in_scandinavia.pdf).
- Biotecture. (2014a). *Transforming urban architecture*. Tilgjengelig fra: <http://www.biotecture.uk.com/about/> (lest 28.03.2014).
- Biotecture. (2014b). *New Street Square, Holborn*. Tilgjengelig fra: <http://www.biotecture.uk.com/portfolio/new-street-square-holborn/> (lest 28.03.2014).
- Biotecture. (2014c). *Edgware Road Tube Station, Marylebone*. Tilgjengelig fra: <http://www.biotecture.uk.com/portfolio/edgware-road-tube-station-marylebone/> (lest 06.04.2014).
- Blanc, P. (2012). *The vertical garden: from nature to the city*. New York: Norton. 205 s.
- Cameron, R. W. F., Taylor, J. E. & Emmett, M. R. (2014). *What's 'cool' in the world of green façades? How plant choice influences the cooling properties of green walls*. Building and Environment, 73: 198-207.
- Carter, T. R. (1998). *Changes in the thermal growing season in Nordic countries during the past century and prospects for the future*. Agricultural and Food Science, 7 (2): 161-179.
- Cleaner Air for London (2014) *Latest research*. Tilgjengelig fra: <http://www.cleanerairforlondon.org.uk/further-info/latest-research> (lest 06.04.2014).
- Delrapport til Nettplan Stor-Oslo (2011) *Energi og effektprognoser for Oslo og Akershus mot 2050*. Statnett, Hafslund. 76 s.
- Dowgert, M. F. (2011). *Rockwool as a Substrate for Hydroponic Growing Systems*. Tilgjengelig fra: <http://www.hydroponics101.com/sw63706.php> (lest 17.03.2014).
- Dunnett, N. & Kingsbury, N. (2008). *Planting green roofs and living walls*. Portland, Or.: Timber Press. 328 s.
- Döveling, J. (2009). *Two Decades of Green Roof Policies in Stuttgart - a Field Report*. International Green Roof Association (red.) *Green roofs: bringing nature back to town. International Green Roof Congress 2009*, s. 145-148. Berlin: IGRA.
- eplante.no. (2014). *Klimasonkart*. Tilgjengelig fra: <http://www.eplante.no/klimasonkart-o> (lest 13.04.2014).
- ESA (2014) EFTA Surveillance Authority. *Internal Market: Norway must tackle air pollution*. Tilgjengelig fra: <http://www.eftasurv.int/press-publications/press-releases/internal-market/nr/2226> (lest 06.04.2014).
- Finansdepartementet. (2009). NOU 2009:16. *Globale miljøutfordringer – norsk politikk. Hvordan bærekraftig utvikling og klima bedre kan ivaretas i offentlige beslutningsprosesser*. Oslo. 167 s.
- Folkhelseinstituttet (2013) Rapport 2013:9. *Luftkvalitetskriterier - Virkninger av luftforurensning på helse*. N. Nydalen. 168 s.
- Forsberg, E. M., Leisner, M., Leivestad, P. & Tollefsen, K. R. (2014). *Urbant landbruk – bærekraftig, synlig og verdsatt*. Fylkesmannen i Oslo og Akershus. Oslo: Landbruksavdelingen. 56 s.
- Fyhri, A. & Aasvang, G. M. (2012). *Støy i bomiljø - «The silent killer»? I: Norsk Miljøpsykologi*, s. 258-279. Oslo: SINTEF akademisk forlag.
- General hydroponics (2014). *What Is Hydroponics?*. Tilgjengelig fra: [http://generalhydroponics.com/site/index.php/about\\_us/what\\_is\\_hydroponics/](http://generalhydroponics.com/site/index.php/about_us/what_is_hydroponics/) (lest 28.03.2014).
- GLTi. (2014a). *Green Living™ Technologies International GLTi. The Global Leader in Green Walls and Roofs* Tilgjengelig fra: <http://agreenroof.com/> (lest 28.03.2014).
- GLTi. (2014b). *Green Living™ Technologies International GLTi. WHAT IS GLTi bioSoil?* Tilgjengelig fra: <http://agreenroof.com/biosoil/> (lest 03.04.2014).
- Grinde, B. & Patil, G. G. (2009). *Biophilia: Does Visual Contact with Nature Impact on Health and Well-Being?* International Journal of Environmental Research and Public Health, 6 (9): 2332-2343.
- Halvorsen Thorén, A.-K. & Nyhuus, S. (1994). *Planlegging av grønnstruktur i byer og tettsteder*. Trondheim: Direktoratet for naturforvaltning. 68 s.
- Hansen, E. (2000). *Prydbusker og trær for norske hager*. Oslo: Landbruksforl. 3. utg. 340 s.
- Hopkins, G. & Goodwin, C. (2011). *Living architecture: green roofs and walls*. Collingwood, Vic.: CSIRO Publ. 288 s.
- Hånes, H. & Låg, M. (2013). *Nasjonalt folkehelseinstitutt. Fakta om svevestøv og helse*. Tilgjengelig fra: <http://www.fhi.no/artikler/?id=52980> (lest 18.03.2014).
- Irwin, G. (2008a). *Vegetation support system*. US 2010083571 A1.
- Irwin, G. (2008b). *Successful Maintenance on Green Walls*. Tilgjengelig fra: [http://www.greenroofs.com/archives/green\\_walls.htm](http://www.greenroofs.com/archives/green_walls.htm) (lest 28.03.2014).
- Irwin, G. (2010). *The Original Green Living Wall: Basis for Great Design*. Tilgjengelig fra: [http://www.greenroofs.com/archives/green\\_walls.htm](http://www.greenroofs.com/archives/green_walls.htm) (lest 25.03.2014).
- Irwin, G. (2011). *Green Walls and Winter Interest*. Tilgjengelig fra: [http://www.greenroofs.com/archives/green\\_walls.htm](http://www.greenroofs.com/archives/green_walls.htm) (lest 26.03.2014).
- Irwin, G. (2012). *Hydroponic Living Walls – DIY – Really?* Tilgjengelig fra: [http://www.greenroofs.com/archives/green\\_walls.htm](http://www.greenroofs.com/archives/green_walls.htm) (lest 26.03.2014).
- Irwin, G. (2013). *Hydroponic Living Walls – Irrigation*. Tilgjengelig fra: [http://www.greenroofs.com/archives/green\\_walls.htm](http://www.greenroofs.com/archives/green_walls.htm) (lest 26.03.2014).
- Johnston, J. & Newton, J. (2004). *Building Green: A guide to using plants on roofs, walls and pavements*. London: Greater London Authority City Hall. 121 s.
- Kießl, K., Gertis, K. A. & Rath, J. (1989). *Auswirkungen von Fassadenbegrünungen auf den Wärme- und Feuchtehaushalt von Außenwänden und Schadensrisiko*: Contract B-I-6-800185-207. Stuttgart: IRB-Verl. (sitert etter Ottelø 2011).
- Klöppfer, W. (1997). *Life cycle assessment*. Environmental Science and Pollution Research, 4 (4): 223-228.
- Krinner, C. & Ropeid, T. J. (2000). *Grønne og blomstrende vegger med klatreplanter: vakre planter for fasader, espalierer og gjerder, slik trives de best, ekspertråd om planting, stell og klatrestativ*. Oslo: Cappelen. 63 s.
- Krusche, P., Krusche, M., Althaus, D. & Gabriel, I. (1982). *Ökologisches bauen*. Bauverlag: Umweltbundesamt. (sitert etter Ottelø 2011)
- Köhler, M. (2008). *Green facades - a view back and some visions*. Urban Ecosystems, 11 (4): 423-436.
- Lambertini, A. & Ciampi, M. (2007). *Vertical gardens: bringing the city to life*. London: Thames & Hudson. 239 s.
- Laurence, M. (2009). *Hydroponics - the future of urban food production?* Tilgjengelig fra: <http://www.marklaurence.com/articles/hydroponics.html> (lest 28.03.2014).
- Laurence, M. & Sabin, R. A. (2010). *Plant Wall and Modules For Growing Plants*. US 20110107667 A1.
- Laurence, M. (2012). *Vertical hydroponics*. Tilgjengelig fra: [http://www.marklaurence.com/articles/vertical\\_hydroponics.html](http://www.marklaurence.com/articles/vertical_hydroponics.html) (lest 28.03.2014).
- Lindhjem, H. & Sørheim, M. D. (2012). *Urbane økosystemtjenester i Norge: Status, utvikling, verdi og kunnskapshull* Oslo: Miljøverndepartementet. 77 s.
- Lindholm, O. e. a. (2008). *Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering*, b. 162, 2008. Hamar: Norsk Vann BA. 79 s.
- Lock, T. (2013). *UK Guide to green walls: An introductory guide to designing and constructing green walls in the UK*. 18. Tilgjengelig fra: [http://media.wix.com/ugd/coa820\\_877fc49e779472c53296c58fd8d20.pdf](http://media.wix.com/ugd/coa820_877fc49e779472c53296c58fd8d20.pdf) (lest 11.03.2014).
- Maas, J., Verheij, R. A., Groenewegen, P. P., de Vries, S. & Spreeuwenberg, P. (2006). *Evidence based public health policy and practice - Green space, urbanity, and health: how strong is the relation?* Journal of Epidemiol Community Health, 60 (7): 587-592.
- Meinhold, B. (2009). *North America's Largest Living Wall Installation by PNC*. Tilgjengelig fra: <http://linhabitat.com/north-americas-largest-living-wall-installation-by-pnc/> (lest 28.03.2014).
- Miljødirektoratet (2010) *Høy luftforurensning i flere byer*. Tilgjengelig fra: [http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/Old-klif/2010/Januar\\_2010/Hoy\\_luftforurensning\\_i\\_flere\\_byer/](http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/Old-klif/2010/Januar_2010/Hoy_luftforurensning_i_flere_byer/) (lest 07.04.2014).
- Miljødirektoratet (2013) *Lokal luftforurensning*. Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/Tema/Luftforurensning/Lokal-luftforurensning/> (lest 07.04.2014).
- Miljødirektoratet (2014) *Karbondioksid CO2, utslipp*. Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/Tema/Klima/Klimanorge/Utslipp-av-klimagasser/Karbondioksid-CO2-utslipp/> (lest 06.04.2014).
- Miljostatus.no (2014) *Støy*. Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/Tema/Stoy/>.
- Miljøverndepartementet. (2001). St.meld. nr. 42 (2000-2001). *Biologisk mangfold - Sektoransvar og samordning*.
- Miljøverndepartementet. (2004). NOU 2004:28 *Lov om bevaring av natur, landskap og biologisk mangfold (Naturmangfoldloven)*. Oslo. 839 s.
- Miljøverndepartementet. (2013). Meld. St. 33 (2012-2013) *Klimatilpassning i Norge*. 99 s.
- National Gardening Association (1999) *NGA's Learning Garden - Do Plants Hibernate?* Tilgjengelig fra: <http://assoc.garden.org/courseweb/course1/week4/page20.htm> (lest 14.04.2014).
- Nordh, H. & Thorén, K. H. (2012). *Utemiljø i byen. I: Norsk Miljøpsykologi*, s. 237-257. Oslo: SINTEF akademisk forlag.
- Norsk klimasenter (2009). *Klima i Norge 2100*. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassning. 148 s.
- Olje- og energidepartementet (2009) *Energieffektive bygger fremtiden*. Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nb/dokumentarkiv/stoltenberg-ii/oed/Nyheter-og-pressemeldinger/nyheter/2009/energieffektive-bygg-er-fremtiden.html?id=549441> (lest 20.03.2014).
- Ormestad, Helmut. (2009) *Store Norske Leksikon. Osmose*. Tilgjengelig fra: <http://snl.no/osmose> (lest 03.04.2014).
- Ottelø, M. (2011). *Proefschrift Verticaal groen PhD*: Delft University of Technology, Materials & Environment. 258 s.
- Ottelø, M., Perinia, K., Fraaij, A. L. A., Haasb, E. M. & Raiteria, R. (2011). *Comparative life cycle analysis for green facades and living wall systems*. Energy and Buildings, 43: 3419-3429.

Peck, S. W., Callaghan, C., Kuhn, M. E. & Brass, B. (1999). *Greenbacks from green roofs: Forging a new industry in Canada. Status report on benefits, barriers and opportunities for green roof and vertical garden technology diffusion*. Canada: Canada Mortgage and Housing Corporation. 78 s.

Pedersen, Bjørn (2014). Store Norske Leksikon. *Ion*. Tilgjengelig fra: <http://snl.no/ion> (lest 03.04.2014).

Perinia, K., Ottelé, M., Fraaij, A. L. A., Haasb, E. M. & Raiteria, R. (2011). *Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope*. Building and Environment, 46 (11): 2287-2294.

Rogers, E. B. (2001). *Landscape design: a cultural and architectural history*. New York: Harry N. Abrams. 544 s.

SNL. (2014). Store Norske Leksikon. *Frostskade – botanikk*. Tilgjengelig fra: <http://snl.no/frostskade/botanikk> (lest 03.04.2014).

SSB (2009) Statistisk Sentralbyrå. *Energibruk i husholdningene, 2009*. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/husenergi/> (lest 05.04.2014).

SSB (2013) Statistisk sentralbyrå: *Boforhold, levekårsundersøkelsen, 2012*. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/statistikker/bo> (lest 04.04.2014).

Strumse, E. (2012). *Psykologisk forskning om miljøestetikk: Bare om smak og behag? I: Norsk Miljøpsykologi*, s. 283-307. Oslo: SINTEF akademisk forlag.

Svete, L. (2012). *Vegetated greywater treatment walls : design modifications for intermittent media filters*. Master: Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi. 46 s.

Sæbø, A., Popek, R., Nawrot, B., Hanslin, H. M. & Gawronska, H. G., S.W. (2012). *Plant species differences in particulate matter accumulation on leaf surfaces*. Science of The Total Environment, 427-428: 347-354.

Thorén, K. H. (2010). *Grønnstruktur i by - hvordan takle endringene?* plan, Nr. 3-4: 30-35.

Trondheim kommune (2010). Byplankontoret. *Notat - Hva er grønn overflatefaktor? .* Tilgjengelig fra: [http://www.regjeringen.no/upload/subnettsteder/framtidens\\_byer/gronnarealfaktor\\_2012/Gronnoverflatefaktorbeskrivelse.pdf](http://www.regjeringen.no/upload/subnettsteder/framtidens_byer/gronnarealfaktor_2012/Gronnoverflatefaktorbeskrivelse.pdf) (lest 28.04.2014).

Turf Design Studio (2014) *Salad Bar*. Tilgjengelig fra: <http://www.turfdesign.com/work/Living/SaladBar/01.htm> (lest 08.04.2014).

Uffelen, C. v. (2011). *Façade greenery: contemporary landscaping*. Berlin: Braun. 174 s.

Ulrich, R. S. (1984). *View through a window may influence recovery from surgery*. Science 224: 420-421.

Ulrich, R. S., Simons, R. F., Lositi, B. D., Fiorito, E., Miles, M. A. & Zelson, M. (1991). *Stress recovery during exposure to natural and urban environments*. Journal of Environmental Psychology, 11: 201-230

University of California (2014) Division of Agriculture and Natural Resources: *How are salts harmful to plants?* Tilgjengelig fra: <http://ucanr.org/sites/uccesc/files/51474.pdf> (lest 03.04.2014).

UPC. (2012). Universitat Politècnica de Catalunya. *Researchers at the UPC develop a biological concrete for constructing «living» façades with lichens, mosses and other microorganisms*. Tilgjengelig fra: [http://www.upc.edu/saladeprensa/al-dia/mes-noticies/researchers-at-the-upc-develop-a-biological-concrete-for-constructing-2012living2012-facades-with-lichens-mosses-and-other-microorganisms?set\\_language=en](http://www.upc.edu/saladeprensa/al-dia/mes-noticies/researchers-at-the-upc-develop-a-biological-concrete-for-constructing-2012living2012-facades-with-lichens-mosses-and-other-microorganisms?set_language=en) (lest 20.03.2014).

White, S. H. (1938). *Vegetation-bearing architectonic structure and system*. US 2113523 A.

WHO (2003) World Health Organization. *Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide*. Report on a WHO Working Group. (2003). Bonn, Germany. 94 s.

Wilson, E. O. (2011). *Foreword*. I: Beatley, T. (red.) *Biophilic cities: integrating nature into urban design and planning*, s. 191. Washington, D.C.: Island Press.

Wong, N. H., Tan, A. Y. K., Tan, P. Y., Chiang, K. & Wong, N. C. (2010). *Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls*. Building and Environment, 45: 411-420.

World Commission on Environment and Development (1987) *Vår felles framtid*. Oslo: Tiden norsk forlag. 257 s.

Yeang, K. (2006). *Ecodesign: [a manual for ecological design]*. Chichester: Wiley-Academy. 499 s.

## REFERANSEPERSONER

Arvid Ekle  
Daglig leder, Anlegg & utemiljø as og biowall as

Frode Brurberg  
Sivilarkitekt MNAL, Bark Arkitekter AS

Arne Smedsvig  
Daglig leder / Landskapsarkitekt MNLA, Smedsvig Landskapsarkitekter AS

Stein Wikholm  
Daglig leder, Anleggsgartnermester Wikholm AS

Arve Heistad  
Førsteamanuensis, Institutt for Matematiske realfag og Teknologi, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Daniel Bell  
Hagedesigner, Studio Daniel Bell

Mark Laurence  
Mark Laurence Design Ltd, grønn vegg designer, rådgivende arborist

## BILDELISTE

Bilde 1.1: Tilgjengelig fra <http://ocracokenauticalhouse.com/how-to-make-a-living-wall/how-make-pallet-living-wall-home-46102/> (lokalisert 30.03.2014)

Bilde 1.2: Tilgjengelig fra <http://news.nationalgeographic.com/news/2013/13/130531-babylon-hanging-gardens-nineveh-seven-wonders/> (lokalisert 25.02.2014)

Bilde 1.3: Tilgjengelig fra <http://outofmyshed.files.wordpress.com/2012/09/espalier-pear-tree1.jpg> (lokalisert 24.03.2014)

Bilde 1.4: Tilgjengelig fra <http://www.inspirationgreen.com/hundertwasser-architecture.html> (lokalisert 04.02.2014)

Bilde 1.5: Tilgjengelig fra <http://en.wikipedia.org/wiki/MFO-Park> (lokalisert 28.03.2014)

Bilde 1.6: Tilgjengelig fra [http://anthropogen.com/2011/09/11/mfo-park-zurich-switzerland/img\\_8741/](http://anthropogen.com/2011/09/11/mfo-park-zurich-switzerland/img_8741/) (lokalisert 30.03.2014)

Bilde 1.7: Tilgjengelig fra <http://www.pinterest.com/pin/113223378104375060/> (lokalisert 04.03.2014)

Bilde 1.8: Tilgjengelig fra <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/node/1386> (lokalisert 30.03.2014)

Bilde 1.9: Tilgjengelig fra <http://www.flickr.com/photos/hibino/37625885/sizes//> (lokalisert 12.03.2014)

Bilde 1.10: Tilgjengelig fra [http://www.skyrisegreenery.com/index.php/home/skyrise/vertical\\_greenery\\_8211\\_the\\_vertical\\_dimension/](http://www.skyrisegreenery.com/index.php/home/skyrise/vertical_greenery_8211_the_vertical_dimension/) (lokalisert 31.03.2014)

Bilde 1.11: Tilgjengelig fra <http://www.intechopen.com/books/advances-in-landscape-architecture/vertical-gardens> (lokalisert 24.03.2014)

Bilde 1.12: Tilgjengelig fra <http://www.e-architect.co.uk/chile/consorcio-santiago-buildin> (lokalisert 31.03.2014)

Bilde 1.13, 1.14: Tilgjengelig fra <http://www.intechopen.com/books/advances-in-landscape-architecture/vertical-gardens> (lokalisert 24.03.2014)

Bilde 1.15: Tilgjengelig fra <http://klikhear.palmbeachpost.com/2013/life-style/travel/autumn-colors-every-leaf-is-a-flower/> (lokalisert 30.03.2014)

Bilde 1.16: Tilgjengelig fra <http://www.panoramio.com/photo/55235234> (lokalisert 30.03.2014)

Bilde 1.17: Tilgjengelig fra [http://www.genealogyintime.com/GenealogyResources/Wallpaper/Vintage\\_Stone\\_Wall\\_Series\\_1/images/ivy\\_growing\\_on\\_stone\\_wall.jpg](http://www.genealogyintime.com/GenealogyResources/Wallpaper/Vintage_Stone_Wall_Series_1/images/ivy_growing_on_stone_wall.jpg) (lokalisert 30.03.2014)

Bilde 1.18: Tilgjengelig fra <http://gronglede.blogspot.no/2010/10/humle-ein-gamal-kulturvekst.html> (lokalisert 30.03.2014)

Bilde 1.19: Tilgjengelig fra <http://ifjera.blogspot.no/search/label/Klatrerose> (lokalisert 30.03.2014)

Bilde 1.20: Tilgjengelig fra [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:-\\_Parthenocissus\\_quinquefolia\\_01\\_-\\_jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:-_Parthenocissus_quinquefolia_01_-_jpg) (lokalisert 30.03.2014)

Bilde 1.21: Tilgjengelig fra [http://www.hageland.no/Planter\\_ute/Klatreplanter/KLEMATIS\\_VILLE\\_DE\\_LYON.aspx](http://www.hageland.no/Planter_ute/Klatreplanter/KLEMATIS_VILLE_DE_LYON.aspx) (lokalisert 30.03.2014)

Bilde 1.22: Tilgjengelig fra Hopkins, G. & Goodwin, C. (2011).

Bilde 1.23: Tilgjengelig fra [http://www.upc.edu/saladeprensa/al-dia/mes-noticies/researchers-at-the-upc-develop-a-biological-concrete-for-constructing-2012living2012-facades-with-lichens-mosses-and-other-microorganisms/noticia\\_gallery\\_view](http://www.upc.edu/saladeprensa/al-dia/mes-noticies/researchers-at-the-upc-develop-a-biological-concrete-for-constructing-2012living2012-facades-with-lichens-mosses-and-other-microorganisms/noticia_gallery_view) (lokalisert 20.03.2014)

Bilde 1.24: Tilgjengelig fra <http://www.vertical-earth.com/services/view/6> (lokalisert 30.03.2014)

Bilde 1.25: Tilgjengelig fra <http://agreenroof.com/wp-content/uploads/2010/05/PNC-Bank-Hi-Res1.jpg> (lokalisert 28.03.2014)

Bilde 1.26: Tilgjengelig fra <http://www.examiner.com/article/from-rust-to-green-a-city-s-transformation> (lokalisert 30.03.2014)

Bilde 1.27: Tilgjengelig fra <http://www.biotecture.uk.com/portfolio/minories-tower-bridge> (lokalisert 30.03.2014)

Bilde 1.28: Tilgjengelig fra [http://www.greenroofs.com/archives/green\\_walls.htm](http://www.greenroofs.com/archives/green_walls.htm) (lokalisert 25.03.2014)

Bilde 1.29: Tilgjengelig fra <http://www.biotope.uk.com/portfolio/new-street-square-holborn/> (lokalisert 29.03.2014)

Bilde 1.30: Tilgjengelig fra <http://www.alicesgardentravelbuzz.com/patrick-blanc-designs-a-vertical-garden-of-native-plants-in-san-francisco/> (lokalisert 08.04.2014)

Bilde 1.31, 1.32: Tilgjengelig fra <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/quai-branly-museum> (lokalisert 29.03.2014)

Bilde 1.33: Tilgjengelig fra <http://www.greenology.sg/2011/11/maintenance-of-greenwalls/> (lokalisert 03.04.2014)

Bilde 1.34: Tilgjengelig fra <https://greenroofsaustralia.com.au/projects/1-bligh-street-sydney> (lokalisert 03.04.2014)

Bilde 1.35: Tilgjengelig fra <http://www.biotope.uk.com/portfolio/edgware-road-tube-station-marylebone/> (lokalisert 01.04.2014)

Bilde 2.1: Tilgjengelig fra <http://ngeja.co.za/construction-industry/green-lease-toolkit-launched-by-gbcsa/> (lokalisert 01.04.2014)

Bilde 2.2: Tilgjengelig fra <http://www.biotope.uk.com/portfolio/edgware-road-tube-station-marylebone/> (lokalisert 06.04.2014)

Bilde 2.3: Tilgjengelig fra <https://greenroofsaustralia.com.au/nsw-australia> (photo Simon Wood) (lokalisert 24.03.2014)

Bilde 2.4: Tilgjengelig fra <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/quai-branly-museum> (lokalisert 29.03.2014)

Bilde 3.1: Bark Arkitekter AS  
Foto: Frode Brudberg

Bilde 3.2: Tilgjengelig fra <http://gaavegnal.blogspot.no/2012/02/oslo-vinter-2012.html> (lokalisert 18.04.2014)

Bilde 3.3: Foto: Arvid Ekle

Bilde 3.4: Smedsvig Landskapsarkitekter AS  
Foto: Pål Hoff

Bilde 3.5: Bark Arkitekter AS  
Foto: Frode Brudberg

Bilde 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.12 3.13: Foto: Arvid Ekle

Bilde 3.11: Tilgjengelig fra <http://biowall.no/galleri/rigedalen-innvendig-og-utvendig-vegg/> (lokalisert 23.02.2014)

Bilde 3.14, 3.15: Bark Arkitekter AS  
Foto: Frode Brudberg

Bilde 3.16: Smedsvig Landskapsarkitekter AS  
Foto: Pål Hoff

Bilde 3.17, 3.18: Foto: Ingrid Taraldsen

Bilde 4.1: Foto: Arvid Ekle

Bilde 4.2: Foto: Frode Brudberg

Bilde 5.1 Tilgjengelig fra <http://www.biotope.uk.com/portfolio/new-street-square-holborn/> (lokalisert 29.03.2014)

## FIGURLISTE

Figurer som ikke er med i denne listen er selvlaget.

Figur 1.1, 1.2, 1.3: White, S. H. (1938).

Figur 1.6: Videreutviklet fra Ottel , M. (2011).

Figur 1.7: Videreutviklet fra Ottel , M. (2011) og Krinner, C. & Ropeid, T. J. (2000).

Figur 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 1.13 : Videreutviklet fra Krinner, C. & Ropeid, T. J. (2000).

Figur 1.14: Videreutviklet fra Ottel , M. (2011) og Hopkins, G. & Goodwin, C. (2011).

Figur 1.16: Videreutviklet fra Ottel , M. (2011).

Figur 1.17: Videreutviklet fra Hopkins, G. & Goodwin, C. (2011)

Figur 1.18, 1.19: Irwin, G. (2008a).

Figur 1.20, 1.21: Laurence, M. & Sabin, R. A. (2010).

Figur 1.22, 1.23, 1.24: Videreutviklet fra Hopkins, G. & Goodwin, C. (2011)

Figur 1.25: Videreutviklet fra Hopkins, G. & Goodwin, C. (2011) og [www.timeanddate.no](http://www.timeanddate.no)

Figur 1.26: Videreutviklet fra Ottel , M. (2011)

Figur 2.1 Videreutviklet fra World Commission on Environment and Development (1987)

Figur 2.2: [miljostatus.no](http://miljostatus.no) (2014)

Figur 2.3: Videreutviklet fra Krusche et al. (1982)

Figur 2.4 : Videreutviklet fra Asimakopoulos et al. (2001)

Figur 2.5: Videreutviklet fra Akbari et al. (2001) og Ottel  (2011)

Figur 2.6: Videreutviklet fra Ottel , M. (2011).

Figur 2.7: Videreutviklet fra (Lindholm (2008)

Figur 2.8: Videreutviklet fra Svete (2012)

Figur 2.9: Videreutviklet fra Hopkins & Goodwin (2011)

Figur 2.10, 2.11: Videreutviklet fra Klöpffer (1997)

Figur 3.1 Hansen (2000)

Figur 3.2 Hentet fra: <http://www.yachtpaint.com/nor/diy/kontakt-oss/default.aspx> (lokalisert 09.04.2014)

Figur 4.1 Trondheim kommune 2010



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
67 23 00 00  
[www.nmbu.no](http://www.nmbu.no)