

Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2022 30 stp**

Fakultet for landskap og samfunn - Institutt for landskapsarkitektur

# Klimasmart landskapsarkitektur

Strategier for redusert klimafotavtrykk i  
urbane landskapsprosjekter

Sigrid Bjørgen og Kristiane Holter

Master i landskapsarkitektur

# BIBLIOTEKSIDE

**TITTEL**

Klimasmart landskapsarkitektur - Strategier for redusert klimafotavtrykk i urbane landskapsprosjekter

**TITLE**

Climate-smart landscape architecture - Strategies for reduced carbon footprint in urban landscape projects

**FORFATTERE**

Kristiane Holter og Sigrid Bjørgen

**VEILEDER**

Marius Fiskevold

**SIDETALL**

142

**FORMAT**

Stående A4 (21,0 x 29,7 cm)

**FIGURER**

Figurer og fotografier er produsert av forfatterne dersom ikke annet er oppgitt.

**EMNEORD**

biogent opptak, CO<sub>2</sub>, estetikk, landskapsarkitektur, livsløpsvurdering, karbonlagring, klimafotavtrykk, klimagassregnskap, klimagassutslipp, klimasmart landskapsarkitektur, urbane landskapsprosjekter



# FORORD

Denne masteroppgaven markerer slutten på et femårig studium innen landskapsarkitektur ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU).

For oss har en motivasjon gjennom studieløpet vært å finne gode løsninger på klimaendringenes utfordringer. Dette fokuset har vi tatt inn i prosjekter med et ønske om å skape morgendagens grønne samfunn. Etter fem års studieløp har vi fremdeles troen på at vår utdanning er et viktig bidrag i klimakampen, samtidig som vi skal skape gode steder for mennesker. Masteroppgavens tema er derfor basert på et felles engasjement.

Vi tok fatt på denne oppgaven med lite kunnskap om klimafotavtrykket til landskapsprosjekter. Derfor ønsket vi å ta sats og bruke vårt siste semester til å sette oss inn i noe helt nytt. Med oppgaven ønsker vi å fremme det grønne i prosjekter og øke bevisstheten rundt hvordan landskapsarkitekter kan ta klimasmarte valg som reduserer klimafotavtrykket. Vi håper at oppgaven kan være et bidrag inn i diskusjonen om klimagassberegning av landskapsprosjekter og hvordan bransjens praksis bør forbedres.

Vi ønsker å takke vår hovedveileder og førsteamanuensis Marius Fiskevold for gode råd, diskusjoner og hjelp til å se tematikken fra flere vinkler. Takk til Rune Skeie og resten av teamet i Asplan Viak for faglig bidrag til oppgaven og hyggelige, lærerike samtaler. Takk for all støtte og hjelp på veien da vi var usikre på hvilken retning oppgaven skulle ta.

Takk til Pamela Conrad fra Climate Positive Design for inspirasjon og motivasjon til å skrive en slik oppgave. Takk til Jorun Hovind for god faglig input og engasjement for oppgaven. I løpet av arbeidet har vi hatt dialog med en rekke dyktige fagfolk som har inspirert oss og delt av sin kunnskap. Takk for deres bidrag!

Venner og familie har gjort en formidabel jobb med oppmuntring, avbrekk og korrekturlesing. Avslutningsvis vil vi gi en stor takk til alle studievenner på Ås for en fantastisk studietid fylt med latter og sprell! Med en sekk full av gode minner vandrer vi nå fornøyde gjennom perleporten.

Kristiane Holter og Sigrid Bjørgen  
Ås, mai 2022



# SAMMENDRAG

Globale klimagassutslipp fortsetter å øke og det vil kreve en felles, umiddelbar innsats hvis klimaendringene og oppvarmingen av planeten skal begrenses. Landskapsarkitekter har potensial til å bidra i klimakrisen gjennom å ta klimasmarte valg som reduserer bransjens klimafotavtrykk. Det mangler derimot et samlet kunnskapsgrunnlag med tiltak landskapsarkitekter kan bruke for å øke opptak og redusere utslipp av CO<sub>2</sub> i urbane landskapsprosjekter.

Oppgavens litteraturstudie viser at vegetasjon og jord i urbane områder har potensial for å redusere klimafotavtrykket til et prosjekt over tid. Videre vil klimagassregnskap av landskapsprosjekter synliggjøre utslipp og opptak, og gjøre det enklere å jobbe målrettet for å redusere klimafotavtrykket. Likevel trengs det bedre datagrunnlag før vegetasjon og jord kan representere det reelle avtrykket i et klimagassregnskap. Derfor baserer ikke oppgavens hoveddel seg på beregning, men vil belyse hvorvidt beregning kan være et formålstjenlig verktøy i landskapsarkitekturen. Refleksjonene kan gi relevante synspunkter inn i diskusjonen om vegetasjon og jord i urbane landskapsprosjekter kan og bør tallfestes.

Litteraturstudien presenterer tendenser til hvordan vegetasjon og jord kan bidra til å øke opptak av CO<sub>2</sub> via fotosyntesen, lagre karbon lengst mulig og redusere utslipp til atmosfæren. Basert på dette foreslås fem strategier med konkrete tiltak som kan brukes under utforming av urbane landskapsprosjekter. Strategiene handler om å kartlegge og ta vare på eksisterende kvaliteter, øke vegetasjonsvolumet, gjøre jorda til et godt karbonlager, forlenge plantenes livsløp og redusere utslipp knyttet til skjøtsel. Tiltakene kan anvendes av landskapsarkitekter fra tidlig planleggingsfase til detaljprosjektering for å redusere klimafotavtrykket. En utforming basert på strategiene og tiltakene kobler estetikk og økologi sammen der det estetiske uttrykket påvirkes i en mer naturlig retning.

I urbane områder er fortetting og knapphet på arealer en utfordring. Strategiene for klimasmart landskapsarkitektur bidrar til å gi det grønne større plass i byplanleggingen samtidig som gode steder for mennesker skapes.

# ABSTRACT

Global greenhouse gas emissions continue to rise and to mitigate climate change and global warming, an immediate joint effort is needed. Landscape architects have the potential to contribute against the environmental crisis through climate-smart choices that reduce greenhouse gas emissions within the field. However, there is a lack of knowledge related to actions landscape architects can take to increase carbon sequestration and reduce emissions of CO<sub>2</sub> in urban landscape projects.

The literature study related to this thesis show that vegetation and soil in urban areas have the potential to reduce greenhouse gas emissions for a project over time. Furthermore, greenhouse gas assessments of landscape projects will visualize emissions and uptakes of CO<sub>2</sub> to make it easier to target key factors related to the carbon footprint. Still, more data is required before vegetation and soil can represent the real footprint in a greenhouse gas assessments. This is why this thesis is not based upon greenhouse gas emission calculations, but will shed light on whether greenhouse gas calculations can serve as a tool to benefit landscape architecture. The reflections can offer relevant points of view for discussion regarding how the impact of vegetation and soil in urban landscape projects can and should be put into figures.

The literature study present tendencies on how vegetation and soil can contribute to increase uptake of CO<sub>2</sub> via photosynthesis, store carbon for longer amount of time and thereby reduce emissions to the atmosphere. Based on this, five strategies have been proposed with actions that can be utilized during the development of urban landscape projects. The strategies are related to mapping existing qualities, increase vegetation volumes, turn the soil into a good carbon storage, extend the plants' lifespan and reduce emissions related to maintenance. The actions can be used by landscape architects from early planning phase to detailed project development in order to reduce the greenhouse gas emissions for the project. Designing based on the strategies and actions will connect aesthetics and ecology together where the aesthetics are influenced towards a more natural appearance.

In urban areas, key challenges are densification and scarcity of space. The strategies for climate-smart landscape architecture contributes to provide more space for green structures in city planning, in addition to ensuring pleasant places for us humans.

# INNHALDSFORTEGNELSE

Forord	s. 2
Sammendrag	s. 3
Abstract	s. 4
<b>DEL 1   INTRODUKSJON</b>	
Bakgrunn	s. 9
Formål og problemstilling	s. 13
Avgrensning	s. 14
Metode	s. 15
<b>DEL 2   LITTERATURSTUDIE</b>	
Del 2.1: Klimagassberegning av landskapsprosjekter	s. 19
Del 2.2: Karbonbinding i vegetasjon og jord	s. 31
Del 2.3: Beregningsverktøy for landskapsprosjekter	s. 55
Del 2.4: Beregningseksempel	s. 59
<b>DEL 3   STRATEGIER</b>	
Fra beregning til strategier	s. 67
Strategier for klimasmart landskapsarkitektur	s. 69
Strategi 1: Kartlegg og bevar eksisterende kvaliteter	s. 71
Strategi 2: Øk vegetasjonsvolumet	s. 76
Strategi 3: Gjør jorda til et godt karbonlager	s. 81
Strategi 4: Forleng plantenes livsløp	s. 85
Strategi 5: Reduser utslipp knyttet til skjøtsel	s. 88
Oppsummering av alle strategier og tiltak	s. 91
Strategienes aktuelle planfaser	s. 93
Tiltakenes estetiske uttrykk	s. 95
Formiding av estetikken	s. 105
<b>DEL 4   DISKUSJON</b>	s. 111
<b>DEL 5   AVSLUTNING</b>	
Konklusjon	s. 119
Refleksjon	s. 121
Litteraturliste	s. 122
Figurliste	s. 134
Vedlegg 1: Kontaktpersoner	s. 138
Vedlegg 2: Beskrivelse av Pathfinder	s. 139
Vedlegg 3: Climate Positive Design Scorecard	s. 141



Fig. 32



Fig. 28



Fig. 31

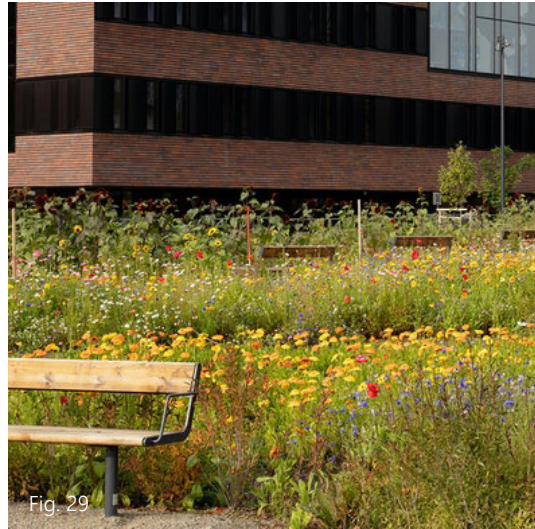


Fig. 29

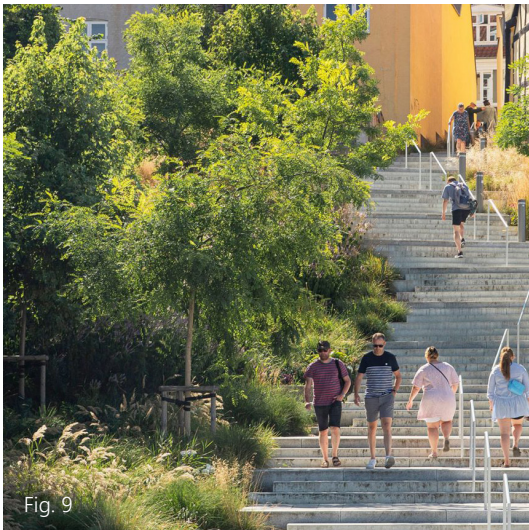


Fig. 9

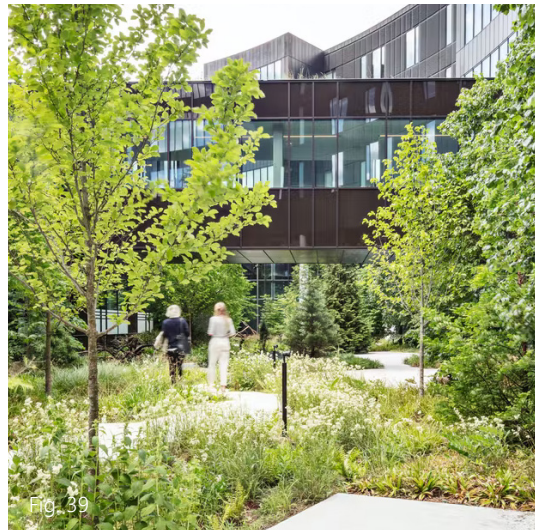


Fig. 39





## DEL 1

# INTRODUKSJON

Introduksjonsdelen gir en innføring i oppgavens bakgrunn og relevans, der temaet blir satt i en større sammenheng. Videre presenteres formål, problemstilling, avgrensning av oppgaven og valgt metode.

# BAKGRUNN

## KLIMA I ENDRING

Planetens klima er i endring, og klimautfordringene er alvorlige og sammensatte. Siden 1850 har gjennomsnittstemperaturen økt med 1,1 grader. Det har ført til mer tørke, ekstrem varme, skogbranner, smelting av isbreer og ekstreme nedbørmengder, som vi allerede er vitne til over hele kloden. I følge FNs klimarapport fra 2021 er noen av trendene irreversible, men handles det nå vil de mest alvorlige konsekvensene av klimaendringene kunne unngås. FNs klimapanel har fastslått at de raske endringene skyldes menneskeskapte utslipp av CO<sub>2</sub> og andre klimagasser (Leigland, 2021). Utfordringen er at det slippes ut mer CO<sub>2</sub> i atmosfæren enn jorda klarer å ta opp (Norsk landbrukssamvirke, 2019), og skal klimaendringene bremses må de menneskede CO<sub>2</sub>-

utslippene reduseres kraftig og umiddelbart. Naturen tar opp så mye som 50 % av de menneskeskapte utslippene. Selv om vi vet at eksempelvis myr og skog er viktige karbonlagre, bygges naturen ned bit for bit (WWF, u.å.).

4. april 2022 la FNs klimapanel fram del tre av sin hovedrapport, der klimatiltak er fokuset. Rapporten trekker fram mindre nedbygging av skog og andre økosystemer som et av tiltakene som vil ha størst effekt, samt å bygge mer kompakte byer. I tillegg trengs det tiltak som ivaretar og umiddelbart øker karbonopptaket og -lagring. Et tiltak som trekkes fram for utforming av byer er økt karbonlagring i bymiljøet, som for eksempel i biobaserte byggematerialer, trær og grøntarealer (IPCC, 2022).

## RELEVANTE BÆREKRAFTSMÅL

For å oppnå en bærekraftig utvikling har FN vedtatt 17 bærekraftsmål som skal nås innen 2030. Disse gir en felles global retning for å stoppe klimaendringene og gjelder på tvers av land, næringsliv og sivilsamfunn. Byggebransjen vil derfor også ha et ansvar i arbeidet med å nå målene. I denne oppgaven er særlig mål 11 og 13 aktuelle.



### NR. 11 Bærekraftige byer og lokalsamfunn

Bærekraftige byer og lokalsamfunn er bærekraftsmål nummer 11. Målet handler blant annet om bærekraftig urbanisering og vern av naturarv. Dagens urbanisering fører til økt arealpress og nedbygging av naturen. I tillegg står byene for 75 % av de totale klimagassutslippene (FN-sambandet, 2022a). For å oppnå bærekraftig utvikling av byer og lokalsamfunn må det stilles krav til hvordan byggebransjen planlegger byutvikling og arealforbruk.



### NR. 13 Stoppe klimaendringene

Mål nummer 13 handler om å stoppe klimaendringene. For å få til dette er det nødvendig å kutte utslipp og binde CO<sub>2</sub>. Klimagassreducerende tiltak må iverksettes umiddelbart. Det forutsetter blant annet at nasjonal politikk, strategier og planlegging må implementere tiltak mot klimaendringer (FN-sambandet, 2022b). For det bygde miljøet øker oppmerksomheten rundt å bruke grønne strukturer som en løsning for å nå klimanøytralitet (Kuittinen et al., 2016).

### **LANDSKAPSARKITEKTER ERKLÆRER KRISE**

I 2019 erklærte styret i Landscape Institute en global klima- og naturmangfoldskrise. Klimaendringene og tapet av biologisk mangfold er grunnlaget for kunngjøringen, og det må iverksettes tiltak som forhindrer eller demper konsekvensene som allerede skjer og venter oss (Landscape Institute, 2021). Samme år erklærte International Federation of Landscape Architects (IFLA) klima- og naturmangfoldskrise under deres verdenskongress i Oslo. Der forpliktet medlemmene seg til å forbedre veiledning og verktøy for klimapositivt design, prioritere tiltak som gir netto gevinst for miljøet, samarbeide for å forbedre bransjens praksis og redusere klimafotavtrykket. Med klimafotavtrykk menes den totale klimapåvirkningen et prosjekt har. Det ble lagt fram at her kan og må landskapsarkitekter gjøre sin del både globalt, nasjonalt og lokalt (IFLA, 2019).

### **KLIMAGASSREDUKSJON: ET GLOBALT MÅL**

For sikre at klimagassutslippene reduseres trengs det strenge krav og regelverk både globalt, nasjonalt og på bransjenivå. I 1988 ble FNs klimapanel etablert som følge av et økt fokus på de globale klimaendringene og trusselen de utgjør. Basert på dette begynte arbeidet med et internasjonalt regelverk for klimagassutslipp (Jakobsen et al., 2021). FNs klimakonvensjon ble vedtatt i 1992 med mål om å redusere klimagassutslipp og begrense menneskeskapte utslipp. Det ble bestemt at alle

land skulle føre regnskap over klimagassutslippene som skjedde innenfor egne landegrenser (Olerud & Lahn, 2022). Konkrete krav og forpliktelser som skulle sikre utslippsreduksjon ble først fastsatt gjennom Kyotoavtalen i 1997. Disse kravene gjaldt kun industriland, men videre på 2000-tallet arbeidet de med å forhandle fram en tilsvarende avtale som skulle gjelde alle land. Forhandlingene resulterte i Parisavtalen og ble vedtatt i 2005. Parisavtalen er juridisk bindende og pålegger landene som har signert avtalen å sette seg mål som vil redusere utslippene innenfor landegrensene (Jakobsen et al., 2021; Olerud & Lahn, 2022).

### **NORGES FORPLIKTELSER**

Norge er via Parisavtalen forpliktet til å bli klimanøytral innen 2050. Det betyr at det ikke kan slippes ut mer klimagasser i atmosfæren enn landet evner å fange opp eller fjerne (FN-sambandet, 2020). I februar 2020 meldte Norge inn et forsterket klimamål, der landet innen 2030 skal redusere klimagassutslippene sine med minst 50 % og opp mot 55 %, sammenlignet med nivået i 1990 (Klima- og miljødepartementet, 2021). Med høye utslippskutt og et mål om å bli klimanøytral innen 2050 har Norge en jobb å gjøre, fordi landet nå har et av de høyeste utslippene av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per innbygger i Europa (Bartlett et al., 2020). Alle sektorer og bransjer bør derfor kartlegge sine utslipp og jobbe målrettet for å redusere dem.

**“JEG (SKAL) BIDRA TIL AT DET NORGE DE (BARNEBARN) SKAL LEVE VIDERE I, BLIR ET GODT LAND. DA MÅ OGSÅ JORDA VÆRE LEVELIG. OG NORGES BIDRAG ER Å KUTTE VÅRE KLIMAGASSUTSLIPP [...]”**

JONAS GAHR STØRE (LARSEN, 2021)

# UTBYGD AREAL FORVENTES Å HA HØYEST UTSLIPP MOT 2100.

(MILJØDIREKTORATET ET AL., 2020)

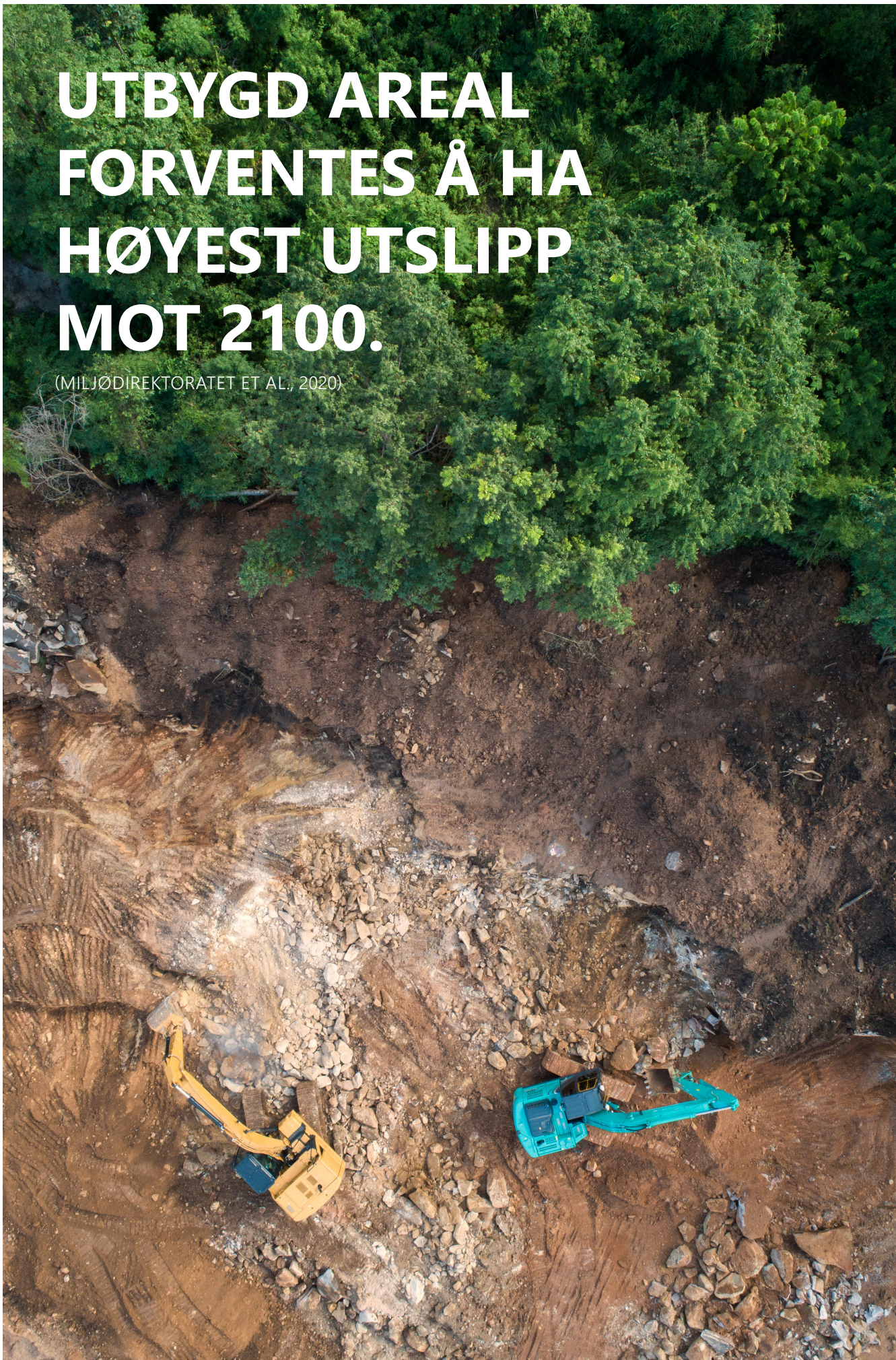


Fig. 1

## **BYGGEBRANSJENS KLIMAFOTAVTRYKK**

For å belyse hvorfor landskapsarkitektur har betydning for klimagassutslippene er det nødvendig å undersøke hvilket klimafotavtrykk byggebransjen har. Byggeindustrien står for 40 % av verdens utslipp og 16 % av Norges totale utslipp (Grønn byggallianse, 2020). For å sette dette tallet i et perspektiv står personbiltrafikken for ca. 8 % av Norges klimagassutslipp (Miljøstatus, 2020).

Flere av prosjektene landskapsarkitekten er involvert i går under arealkategorien "utbygd areal". Det kan defineres som arealer der inngrepet i landskapet er boliger, veier, parkanlegg, parkeringsplasser og lignende (Søgaard & Bjørkelo, 2018). I følge Miljødirektoratet et al. (2020) er utbygd areal den arealbrukskategorien som vil ha høyest økning av utslipp fram mot 2100. Det er derfor nødvendig å være bevisst hvilket klimafotavtrykk byggeprosjekter har og jobbe aktivt med å redusere utslippene (Kuittinen et al., 2021a).

## **BEREGNING AV LANDSKAPSPROSJEKTER**

Med ønske og krav om klimagassreduksjon i bygg- og anleggsbransjen er det en økende etterspørsel etter klimagassberegning av byggeprosjekter (Grønn Byggallianse, 2021). Sertifiseringsordninger, slik som BREEAM, gir poeng dersom et prosjekt utarbeider klimagassregnskap og livsløpsanalyser (Multiconsult, u.å.). Det er tendenser til at klimagassberegning blir en større selvfølgelighet i byggebransjen framover. For eksempel har Statens vegvesen vedtatt at vegprosjekter på over 51 millioner kroner må føre klimagassregnskap (Statens vegvesen, u.å.). Videre fremmet regjeringen et forslag i 2021 om å ha krav om klimagassregnskap for nye bygg (Direktoratet for byggkvalitet, 2021). Selv om klimagassberegningene i bygg- og anleggsbransjen

gjøres primært på bygninger og vei i dag, tyder mye på at landskapsprosjekter bør inkluderes i klimagassregnskapet framover.

I 2021 handlet konferansene til NLA (Norske landskapsarkitekters forening) og FAGUS om utfordringer og løsninger knyttet til klima- og naturmangfoldkrisen. Disse konferansene samlet fagmiljøet i Norge og drøftet hvordan bransjens praksis må endre seg. Fagfolk fortalte blant annet om hvordan trærnes karbonlager kan tallfestes og konsekvensen av hvordan arealene disponeres i et natur- og bærekraftsperspektiv. I tillegg ble klimagassberegning trukket fram som en metode for å redusere klimafotavtrykket til landskapsprosjekter og gi det grønne en målbar verdi (FAGUS, 2021; NLA, 2021).

## **LANDSKAPSARKITEKTENS ROLLE**

Landskapsarkitekten har et ansvar for å forebygge og håndtere konsekvensene av klima- og naturmangfoldkrisen. Derfor handler klimasmart landskapsarkitektur om hvordan landskapsarkitekten kan bidra i sin praksis. Et av tiltakene som må gjøres er å redusere klimafotavtrykket. Samtidig er landskapsarkitektens oppgave å skape gode omgivelser for mennesker. Estetikk, funksjonalitet og miljø må derfor balanseres når byer og tettsteder skal utformes. De siste årene har oppmerksomheten økt rundt hvordan utforming basert på økologiske prinsipper kan være med å løse miljøutfordringene. Med dette som utgangspunkt har landskapsarkitekten gode forutsetninger for å ta klimasmarte valg, samtidig som utformingen ivaretar sosiale og estetiske verdier.

# FORMÅL

Formålet med masteroppgaven er å undersøke hvordan landskapsarkitekter kan bidra til å redusere byggebransjens klimafotavtrykk. Vi ønsker å skape en bevisstgjøring rundt klimafotavtrykket ulike valg i planlegging og design har. I tillegg vil vi undersøke potensialet vegetasjon og jord har til å øke opptak og redusere utslipp av CO<sub>2</sub> i urbane landskapsprosjekter. Hvis klimagassregnskap blir nok et element inn i fagfeltet, er vi nysgjerrig på om det vil innebære en endring i planlegging, utforming og det estetiske uttrykket til landskapsprosjekter.

# PROBLEMSTILLING

Hvordan kan utforming redusere klimafotavtrykket til urbane landskapsprosjekter?

## **UNDERPROBLEMSTILLINGER:**

- Er klimagassberegning et formålstjenlig verktøy i landskapsarkitekturen?
- Vil det estetiske uttrykket til et urbant landskapsprosjekt påvirkes av tiltak som reduserer klimafotavtrykket?

# AVGRENSNING

I oppgaven fokuserer vi på hvordan landskapsarkitekten kan påvirke og redusere klimafotavtrykket til et urbant landskapsprosjekt gjennom planlegging, utforming og beskrivelse. Landskapsarkitekten er involvert i flere planfaser og oppgaven vil derfor ha et helhetlig perspektiv. For å gjøre oppgaven gjennomførbar har vi avgrenset tematikken på følgende måte:

## VEGETASJON OG JORD

Kunnskapen rundt materialenes livsløp og utslipp i landskapsprosjekter er et mer kjent territorium i bransjen, da mye sammenfaller med datagrunnlaget som brukes til beregning av bygg. Tall for livsløpet, utslipp og opptak til vegetasjon og jord er mer komplekst og mangelfullt. Særlig for det urbane miljøet, fordi forskningen som er tilgjengelig er primært på skog- og landbruksområder (Whittinghill et al., 2014). Basert på de kunnskapshullene som finnes for klimagassberegning av landskapsprosjekter avgrenses oppgaven til vegetasjon og jord. Materialenes betydning vil dermed kun adresseres og ikke utdypes. Vi ønsker å undersøke potensialet vegetasjon og jord kan ha for opptak og lagring av CO<sub>2</sub>, og hvilken effekt det kan ha for et prosjekts klimafotavtrykk over tid. I tillegg vil vi vektlegge litteratur og studier som er relevant for et nordisk klima.

## URBANE LANDSKAPSPROSJEKTER

Prosjektene vi tar for oss i oppgaven er landskapsprosjekter der landskapsarkitekten er med på å utforme og ta valg. Videre avgrenses oppgaven til å se på prosjekter i en urban kontekst. Med urban mener vi byer og tettsteder der det fysiske miljøet har gjennomgått arealendringer til fordel for bosetting og næring. Det urbane preges av konsentrert bebyggelse for bolig, arbeid, handel og kultur, i motsetning til landlige områder og aktiviteter som jordbruk og skogbruk. Som nevnt i bakgrunnskapittelet ble karbonlagring i bymiljøet trukket fram som et tiltak for å redusere klimagassutslipp. Derfor ønsker vi å undersøke potensialet urbane områder kan ha for karbonlagring. Estetikken er et viktig aspekt i utformingen av urbane landskapsprosjekter, fordi det designes steder for mennesker. Derfor er slike prosjekter et godt utgangspunkt for å vurdere om det estetiske uttrykket påvirkes av klimagassreduserende tiltak.

## OPPTAK OG UTSLIPP AV CO<sub>2</sub>

For å undersøke hvordan klimafotavtrykket kan reduseres vil vi fokusere på utslipp og opptak av CO<sub>2</sub>, der både biogen og fossil opprinnelse er inkludert. Biogent opptak er CO<sub>2</sub> som tas opp naturlig fra vegetasjon og jord via fotosyntesen. Utslipp fra fossile kilder er knyttet til produksjon, transport, etablering og skjøtsel.

# METODE

Masteroppgaven har en undersøkende tilnærming på tematikken. Kunnskapsinnhenting er gjort gjennom en litteraturstudie, samtaler med fagpersoner og utprøving av et beregningsverktøy. Funnene fra dette danner grunnlaget for oppgavens hoveddel.

## LITTERATURSTUDIE

Litteraturstudien er hovedgrunnlaget for den faglige bakgrunnen og teorien. Vitenskapelige artikler, fagbøker og andre relevante studier har blitt brukt for å kartlegge tilgjengelig kunnskap rundt oppgavens tematikk. Innen fagmiljøet til landskapsarkitektur erfarte vi tidlig at det er lite kunnskap og forskning som går direkte på klimagassberegning av urbane landskapsprosjekter. Der dataen har vært mangelfulle for vårt fag har litteraturstudien lent seg på forskning fra andre fagfelt slik som jordbruk og skogbruk. Litteraturstudien har vært nødvendig for å øke forståelsen og refleksjonen rundt tematikken. I tillegg har den vært essensiell for oppgavens hoveddel og for å kunne svare på problemstillingene.

## SAMTALER MED FAGPERSONER

Et viktig kunnskapsgrunnlag for oppgavens utvikling og valgt tematikk har vært samtaler med relevante fagpersoner i Norge, Sverige og USA. Samtalene har vært viktig for retningen oppgaven har tatt for å kunne være et nyttig bidrag til fagfeltet. Samtalene har også gitt en bedre forståelse av hvordan klimagassberegning fungerer i praksis og hvilke utfordringer som bør undersøkes. Videre har de gitt gode innspill til hvordan utforming kan bidra til å redusere klimafotavtrykket til landskapsprosjekter. Vedlagt i masteroppgaven finnes en oversikt over de fagpersonene vi har vært i kontakt med (se Vedlegg 1).

## BEREGNINGSEKSEMPEL

I oppgaven testet vi et beregningsverktøy prinsipielt på vegetasjon og jord. Beregningsverktøyet Pathfinder ble valgt fordi det egner seg for landskapsarkitekter og er offentlig tilgjengelig for bruk. Tidlig i prosessen brukte vi verktøyet for å gjøre flere beregninger på ulike prosjekter i Oslo. Vi erfarte tidlig at Pathfinder var vanskelig å koble til et realistisk prosjekt uten at det ble for omfattende. På grunnlag av dette gikk vi bort fra å velge et reelt caseområde i masteroppgaven. Et fiktivt eksempel ble derfor utgangspunktet for å teste Pathfinder prinsipielt for å vurdere om klimagassberegning kan være formålstjenlig for landskapsarkitekter.



# OPPBYGGING AV OPPGAVEN

**DEL 1** | Innledningsvis i oppgaven gis det en innføring i oppgavens bakgrunn, der temaets kontekst og relevans blir satt i en større sammenheng. Dette knyttes til oppgavens problemstillinger og formål.

**DEL 2** | Litteraturstudien er en samling av kunnskap som er relevant for tematikken. Den baserer seg også på samtaler med fagpersoner og utprøving av et beregningsverktøy.

**DEL 3** | Del tre er oppgavens hoveddel med strategier og tiltak for redusert klimafotavtrykk i urbane landskapsprosjekter. Den bygger på funn fra litteraturstudien. Hvordan det estetiske uttrykket påvirkes av strategiene vil drøftes og eksemplifiseres.

**DEL 4** | Videre diskuteres funnene fra oppgaven opp mot spørsmål som er relevante å stille før en konklusjon på problemstillingene trekkes.

**DEL 5** | Avslutningsvis oppsummeres oppgaven, og avrundes gjennom en konklusjon og refleksjon.

**DEL 1**  
INTRODUKSJON



**DEL 2**  
LITTERATURSTUDIE



**DEL 3**  
STRATEGIER OG TILTAK



**DEL 4**  
DISKUSJON



**DEL 5**  
KONKLUSJON



## DEL 2

# LITTERATUR- STUDIE

I denne delen presenteres funn fra litteraturstudien som danner et kunnskapsgrunnlag for å kunne svare på oppgavens problemstillinger. Kapitlet har fire deler: Del 2.1 tar for seg klimagassberegning og hvordan dette kan knyttes til vegetasjon og jord. Del 2.2 går dypere inn på karbonbinding i vegetasjon og jord, som knyttes til urban kontekst og nordisk klima. Del 2.3 presenterer et utvalg av verktøy for å beregne klimafotavtrykket til landskapsprosjekter. Et av disse verktøyene testes i et beregningseksempel i del 2.4.

# 2.1

## **KLIMAGASSBEREGNING AV LANDSKAPS- PROSJEKTER**

Delkapittelet tar for seg hva klimagassberegning er og hva det inkluderer. Videre ser vi på mulighetene for å inkludere planter og jord i et klimagassregnskap. Avslutningsvis vil vi adressere styrker og svakheter ved klimagassberegning. Dette danner grunnlaget for å kunne vurdere om klimagassberegning er et formålstjenlig verktøy i landskapsarkitekturen.

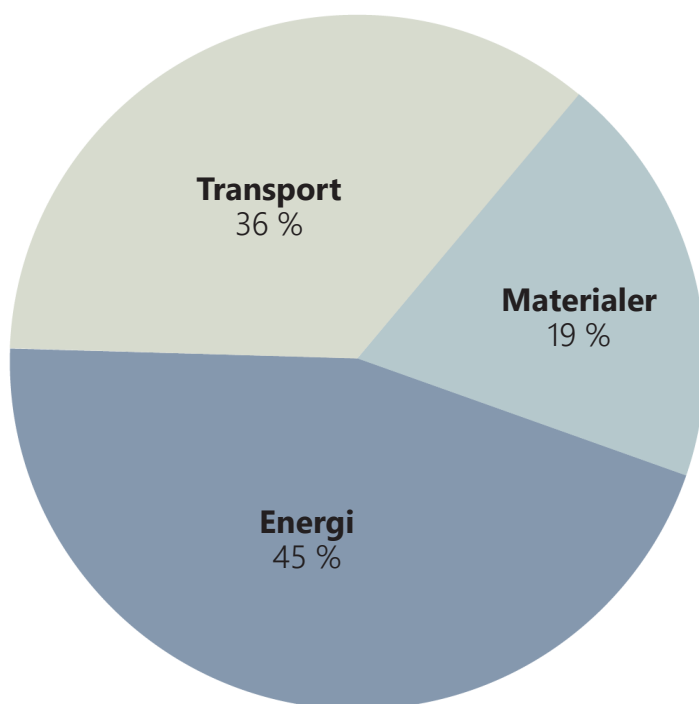
# KLIMAGASSREGNSKAP

Klimagassregnskap kan defineres på ulike måter. Denne oppgaven tar utgangspunkt i FutureBuilt sin definisjon. Et klimagassregnskap summerer de direkte og indirekte utslippene til et prosjekt for en periode på 60 år. De utslippene som skjer innenfor byggeområdet vil være de direkte utslippene. Indirekte utslipp er forbundet med produktene eller tjenestene som forbrukes og importeres til byggeområdet der utslippene opprinnelig skjer andre steder.

For å summere alle utslipp trengs det livsløpsanalyser (LCA) av prosjektets komponenter (Selvig et al., 2018). Her inngår utslipp knyttet til produksjon, transport og etablering (Selvig et al., 2018). Nærmere forklaring av hva LCA innebærer følger på neste side. Resultatet til et klimagassregnskap indikerer hva klimafotavtrykket til prosjektet kan være i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Klimagassregnskap gjøres vanligvis

på bygninger og infrastruktur, men metoder for å beregne klimafotavtrykket for landskapsprosjekter er under utvikling (Asplan Viak, 2021; FutureBuilt, 2022).

Klimagassberegninger kan gjøres på forskjellige nivåer og skalaer. For landskapsarkitektens bransje kan dette være alt fra prosjekter for områdeutvikling til nedskalerte byggeprosjekter. Detaljeringsgraden til regnskapet avhenger ofte av hvilken fase prosjektet er i når klimagassberegningen gjennomføres. Et typisk klimagassregnskap vurderer materialbruk, energibruk og transportbehov, og multipliserer dette med utslippsfaktoren til hver kategori. Dette gir da det totale klimagassutslippet i kilo CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (Fuglseth, 2020). Fordelen ved å klimagassberegne er at ulike løsninger kan sammenlignes. Det gjør det enklere å velge produkter eller tjenester med lavere klimafotavtrykk.



Et klimagassregnskap summerer alle komponentenes utslipp i et prosjekt. Dette kan videre kategoriseres for å illustrere klimafotavtrykket ulike kilder har. Figuren til venstre er et fiktivt eksempel på hvordan klimagassutslippene til et byggeprosjekt kan oppsummeres grovt.



Fig. 2

### MILJØDEKLARASJON (EPD)

Produkter, tjenester eller komponenter kan få en miljødeklarasjon, også kalt EPD. Det er et verifisert og registrert dokument med transparent informasjon om hvilken miljøbelastning et produkt har gjennom hele livsløpet. Dokumentet gjør det mulig å sammenligne miljøprestasjonen til produkter innenfor samme kategori. Da blir det også enklere å velge produkter som er mest optimale i et prosjekt. EPD er basert på en internasjonal standardisert metode og er verifisert av en uavhengig tredjepart (EPD-Norge, u.å.).

### CO<sub>2</sub>-EKVIVALENTER

CO<sub>2</sub>-ekvivalenter er en samlet måleenhet for klimagassutslipp. Klimagassene karbondioksid, metan, lystgass og fluorgasser inngår med ulik styrke. Enheten tilsvarer effekten av en gitt mengde karbondioksid (CO<sub>2</sub>). For eksempel vil en kilo metan (CH<sub>4</sub>) bidra 25 ganger mer til global oppvarming enn en kilo CO<sub>2</sub> over en hundreårsperiode. Metan er altså en drivhusgass som er 25 ganger sterkere enn karbondioksid. I beregningene av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter inngår kun utslipp av CO<sub>2</sub> fra fossil opprinnelse. Mengden CO<sub>2</sub> som frigjøres fra biomasse ved nedbrytning vil tilsvare den samme mengden som ble bundet via fotosyntesen og inngår derfor ikke (Miljødirektoratet, 2019; 2021).

## LIVSLØPSANALYSE

Et økt fokus på miljøvern og produkters miljøpåvirkning har ført til utvikling av metoder for å forstå og systematisere miljøpåvirkningene. En av metodene er livsløpsanalyse (LCA) som vurderer miljøbelastningen til produkter og tjenester. LCA ble brukt allerede på 1960-tallet og kom i en periode der miljøproblemene, slik som forurensing, avfall og energibruk, var en del av den offentlige bekymringen. Hensikten med livsløpsanalyser var å analysere produksjonsprosessen til et produkt og velge de minst miljøbelastende løsningene. Interessen for LCA vokste raskt og arbeidet med å lage standardiserte metoder startet på 1990-tallet. Fra 2000 fikk LCA som metode fotfeste (Guinée et al., 2011) og er fremdeles en viktig metode for å vurdere alternativer som reduserer miljøbelastningen.

I dag er LCA er en grunnleggende metodikk for de fleste typer miljøvurderinger (Standard Norge, 2006). Verktøyet er mye brukt på bygg og byggematerialer for å kunne ta klimavennlige valg (Fuglseth, 2020). Resultatene en LCA-beregning får kan uttrykkes gjennom en miljødeklarasjon (EPD).

En LCA viser et produkts totale utslipp fra vugge til grav i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Standard beregningsperiode er 60 år, ihht. NS 3720. Både direkte og indirekte utslipp blir tatt med i vurderingen. En direkte utslippskilde på en byggeplass kan for eksempel være fossilt drivstoff fra anleggsmaskiner. Et eksempel på en indirekte kilde er utslipp som skjer i forbindelse med produksjon av en granitthelle før den kommer inn på byggeplassen. Metoden ser på forbruk av ressurser og utslipp av klimagasser i hver livsløpsfase. Hvor detaljert et produktsystem studeres avhenger av systemgrensene. Systemgrensene definerer hvilke utslipp som skal evalueres og inngå i hver livsløpsfase. LCA er et godt hjelpemiddel for å kunne identifisere miljøforbedringer for produkter på ulike steder i livsløpet (Standard Norge, 2006; Fuglseth, 2020).

# LIVSLØPSANALYSE AV PLANTER OG JORD

Foreløpig finnes det ingen standardisert metode for beregning av klimagassutslipp fra vegetasjon og jord i landskapsprosjekter. For eksempel er LCA av planter særlig komplisert å gjøre sammenlignet med materialer. Når en byggevarer forlater fabrikkporten er den klar til å brukes. En plante forlater derimot fabrikkporten som et frø eller liten plante, og vil fortsette å vokse etter den har blitt plantet. Derfor kan ikke LCA-metoden som vurderer materialer anvendes på samme måte for planter og jord. Produksjonen av frøet eller planten kan inngå i dagens LCA-metode, men ikke det videre livsløpet til en fullvoksen plante (Kuittinen et al., 2021b).

Kuittinen et al. (2021b) foreslår derfor å utvikle en egen LCA-metode for planter. I motsetning til konvensjonelle byggematerialer påvirkes klimafotavtrykket til planter og jord av vekstforhold, skjøtsel og andre varierende faktorer. Det gir stor variasjon mellom ulike planter og jordblandinger, selv om de karakteristiske egenskapene og vekstforholdene er kjent. Derfor foreslår de å lage en egen vekstmodell for planter. Figuren under illustrerer hvordan en slik vekstmodell kan utformes. Den viser blant annet "C som produsert" for å beskrive karbonavtrykket etter produksjon. Vekstmodellen viser også hvordan karboninnholdet vil variere basert på vekstforhold og størrelsen til planten i bruksfasen.

Ved å inkludere en slik vekstmodell for ulike planter i livsløpsvurderingen vil det potensielle karbonlageret for planten kunne kvantifiseres og inkluderes i en livsløpsvurdering. Hvis total nedbrytning av planten etter endt levetid inkluderes i LCA-beregningen kan det i følge Kuittinen et al. gi et feil bilde av plantens klimabelastning. Grunnen til dette er at karbonet som frigis under nedbrytning vil tilsvare det totale opptaket gjennom bruksfasen, i tillegg til utslippene fra produksjon. Da vil den totale klimabelastningen til en plante bli netto negativ og indikere at en plante er et negativt bidrag i et landskapsprosjekt (Kuittinen et al., 2021b). Et annet argument for å ikke inkludere nedbrytningen etter endt levetid er at standard beregningsmetode for LCA er 60 år. Et tre antas å leve lenger enn dette.

I denne oppgaven vil ikke alle livsløpsfasene til planter og jord beskrives detaljert. Det er fordi en landskapsarkitekt tradisjonelt ikke beregner og forholder seg til komponentenes livsløp i et landskapsprosjekt, i motsetning til ingeniører som gjør LCA-beregninger. Likevel er det nyttig for en landskapsarkitekt å ha innsikt i hvilke prosesser som påvirker klimafotavtrykket til planter og jordblandinger, og hvorfor det er utfordrende å inkludere i klimagassregnskapet.

## VEKSTMODELL

Akkumulering av biomasse og karbon (C) gjennom plantens vekst

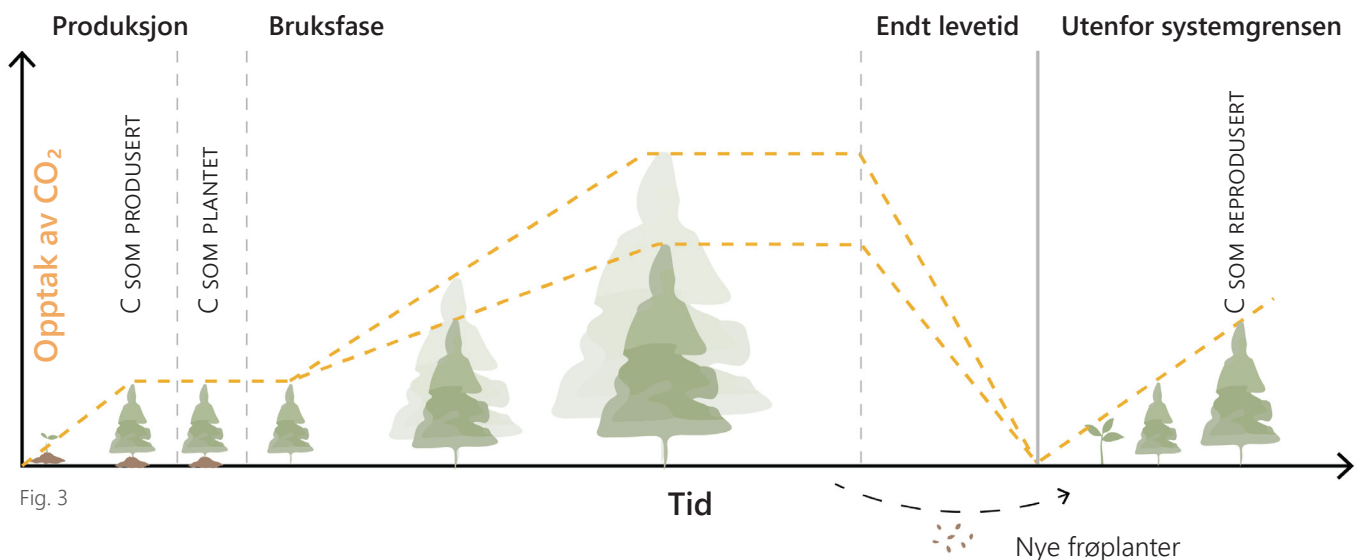
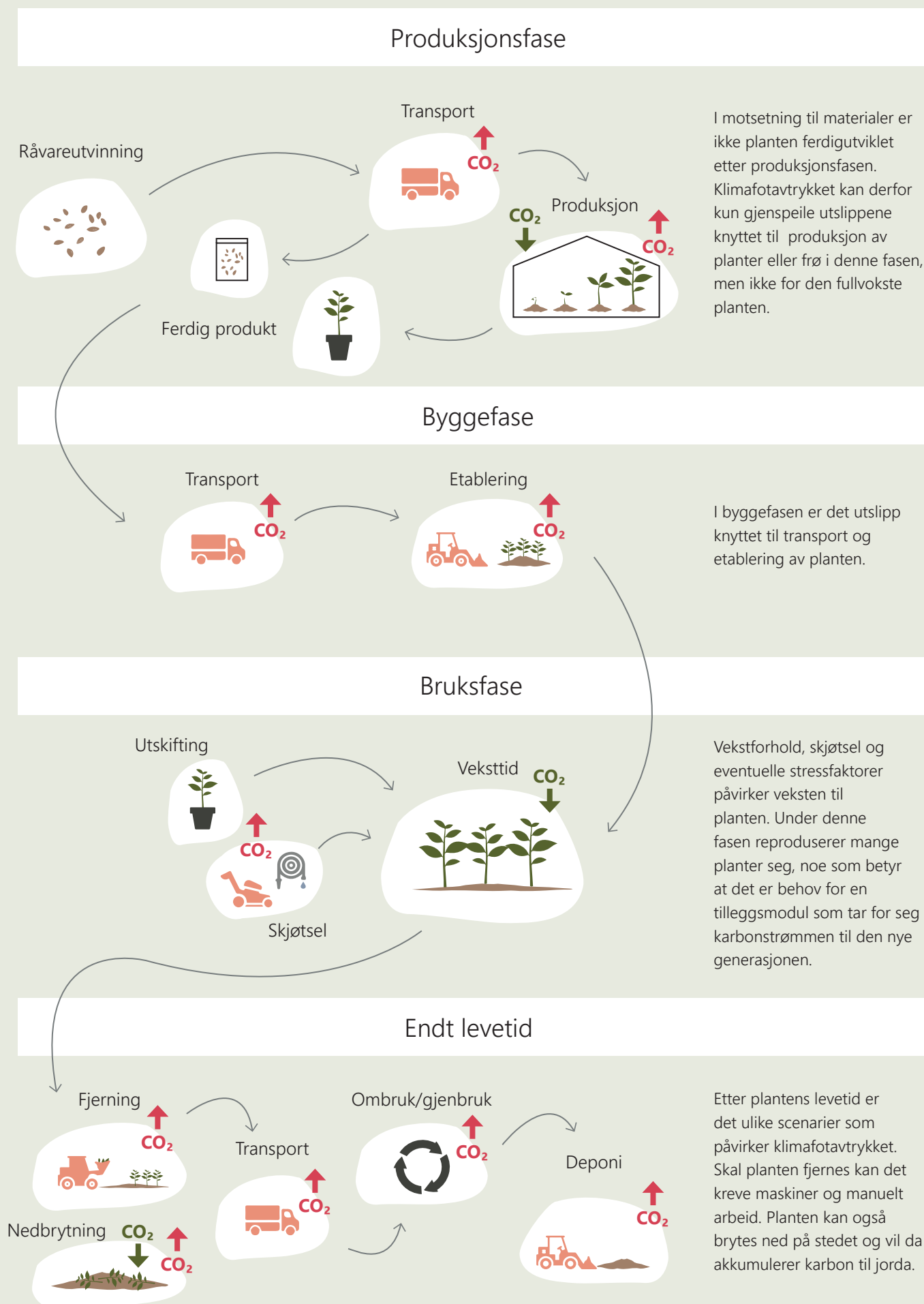


Fig. 3

Fig. 4

# PLANTENS LIVSLØPSFASER

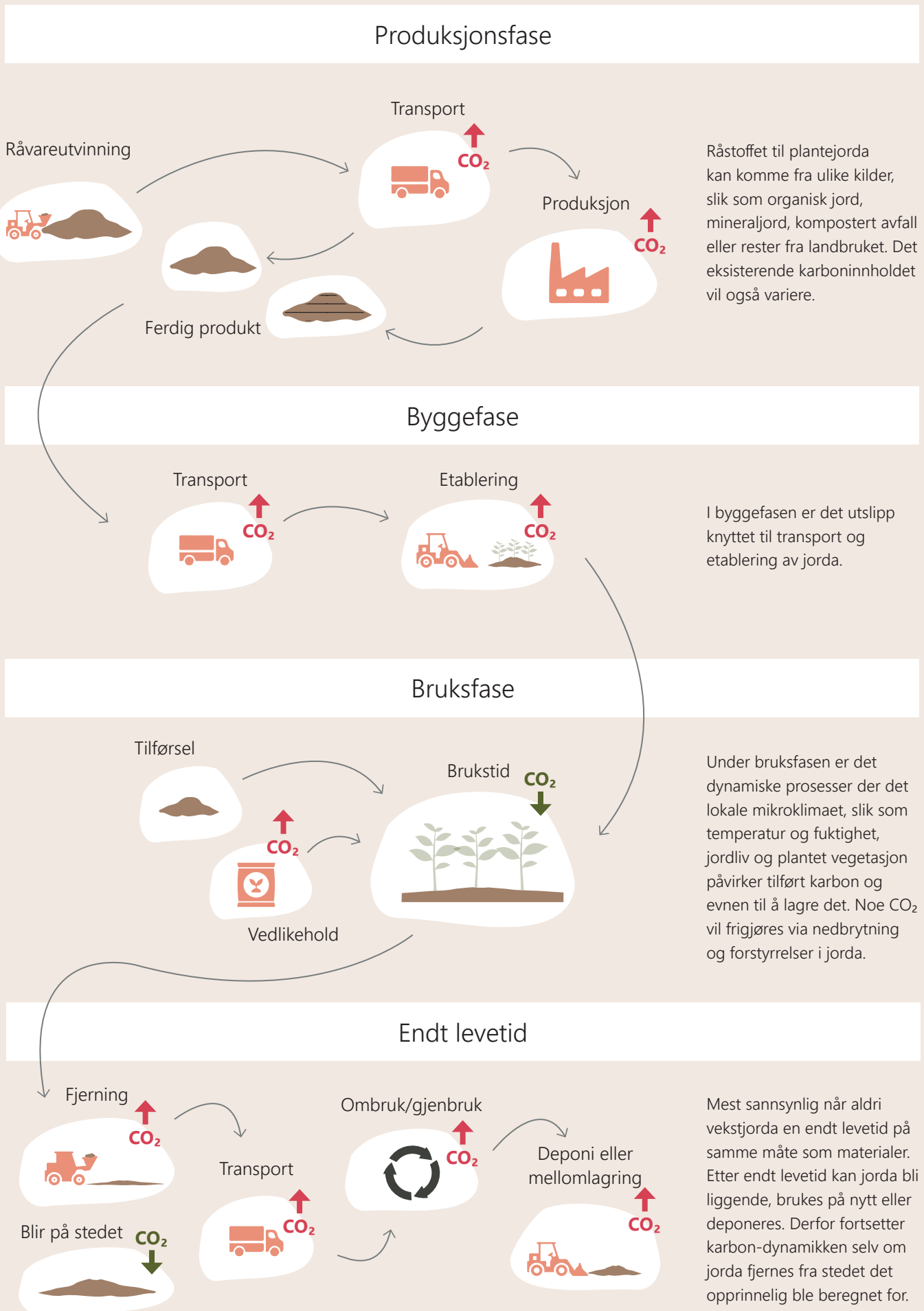
Forenklet LCA-analyse basert på Kuittinen et al. (2021b).





# JORDAS LIVSLØPSFASER

Forenklet LCA-analyse basert på Kuittinen et al. (2021b).



# KAN OPPTAK AV CO<sub>2</sub> KOMPENSERE FOR UTSLIPP VED ETABLERING?

I følge landskapsarkitekt Pamela Conrad er det nødvendig for et prosjekt å inkludere vegetasjon for å kompensere for utslippene. Grunnen til dette er at biogent opptak av CO<sub>2</sub> over tid vil kunne gjøre opp for utslippene ved etablering. Vegetasjon og jord bærer dermed taks med i klimagassregnskapet (Conrad, 2022). Inkluderes vegetasjon og jord i klimagassregnskapet kan et landskapsprosjekt på sikt bli klimanøytralt eller i beste tilfelle klimapositivt.

Klimanøytralitet handler om å få kontroll over klimafotavtrykket og skape en balanse mellom utslipp og opptak av klimagasser. For å oppnå klimanøytralitet må aktøren redusere eller unngå klimagassutslipp knyttet til sitt virke. De utslippene som likevel skjer må kompenseres for. Et prosjekt er klimanøytralt når mengden klimagasser fra utslipp og opptak er lik (UNFCCC, 2021).



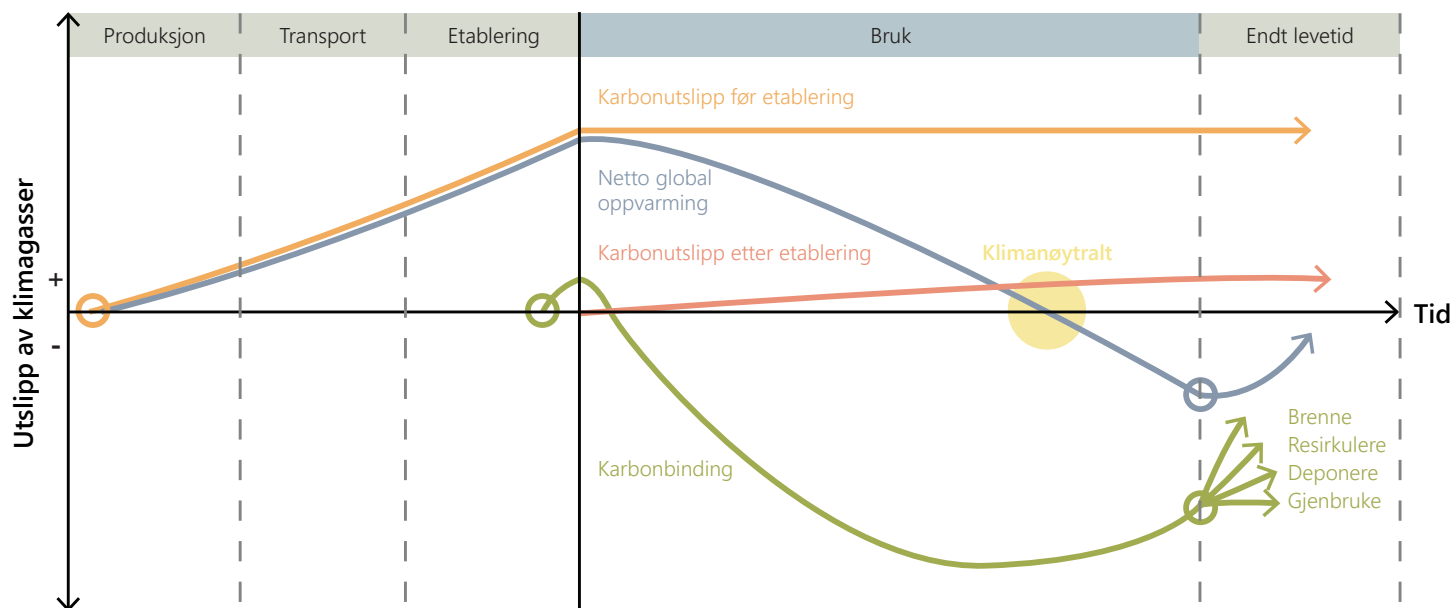


Fig. 6

### FORHOLDET MELLOM UTSLIPP OG OPPTAK

Grafen over er utviklet i et samarbeid mellom Climate Positive Design, CMG Landscape Architecture og Atelier Ten (2020). Den viser forholdet mellom utslipp og opptak gjennom levetiden til et landskapsprosjekt. Ved å summere verdiene fra karbonutslipp og trekke fra verdien for karbonbinding får vi **netto potensial for global oppvarming** (netto GWP, Global Warming Potential). Verdien til alle funksjonene beregnes år for år. Grafen tar ikke hensyn til fjerning av vegetasjon og materialer hvis prosjektet endres eller erstattes.

**Karbonutslipp før etablering** baseres på utslipp knyttet til produksjon, transport og etablering av vegetasjon og jord på tomten, samt materialer. Som grafen viser vil utslippene øke utover byggefasen. Det totale utslippet vil ha en konstant verdi etter etablering.

**Karbonutslipp etter etablering** er utslipp som forekommer etter etablering av et landskapsprosjekt. Utslippene stammer fra vedlikehold og skjøtsel. I de første årene av vedlikeholdsfasen vil utslippene være noe høyere enn ellers, men karbonutslippene vil generelt være ganske like for hvert år.

**Karbonbindingen** består av CO<sub>2</sub> som vegetasjonen i prosjektet tar opp. Jord vil ha stor betydning for evnen til å lagre karbonet. På sikt vil plantene binde mer CO<sub>2</sub> ved at de vokser raskere, blir større og utvikler rotsystemet. Det resulterer i økt karbonbinding for hvert år. Det maksimale potensialet for karbonbinding vil toppe seg ved plantenes klimaksfase, for så å synke gradvis mot slutten av levetiden. Hvis netto-verdien for potensial global oppvarming (netto GWP) er negativ indikerer det at landskapsprosjektet har tatt opp mer CO<sub>2</sub> enn det som frigjørt ved etablering. I starten vil de aller fleste prosjekter ha en positiv netto GWP. Når netto GWP treffer nullpunktet for klimagassutslipp har prosjektet nådd **klimanøytralitet**.

Dersom det finnes beregninger for forventet utslipp og opptak kan det estimeres hvor mange år det teoretisk vil ta før prosjektet blir klimanøytralt. Hvis prosjektet har større karbonbinding enn utslipp etter netto GWP vil prosjektets påvirkning være klimapositiv. Det er derfor tidsaspektet er vesentlig for at effekten av opptak i vegetasjon og jord kan komme fram i klimagassregnskapet. For mange prosjekter kan det ta flere tiår før klimanøytralitet kan realiseres. Likevel kan antall år til klimanøytralitet bli kortere ved å redusere utslipp og øke opptak av CO<sub>2</sub> (Climate Positive Design et al., 2020).

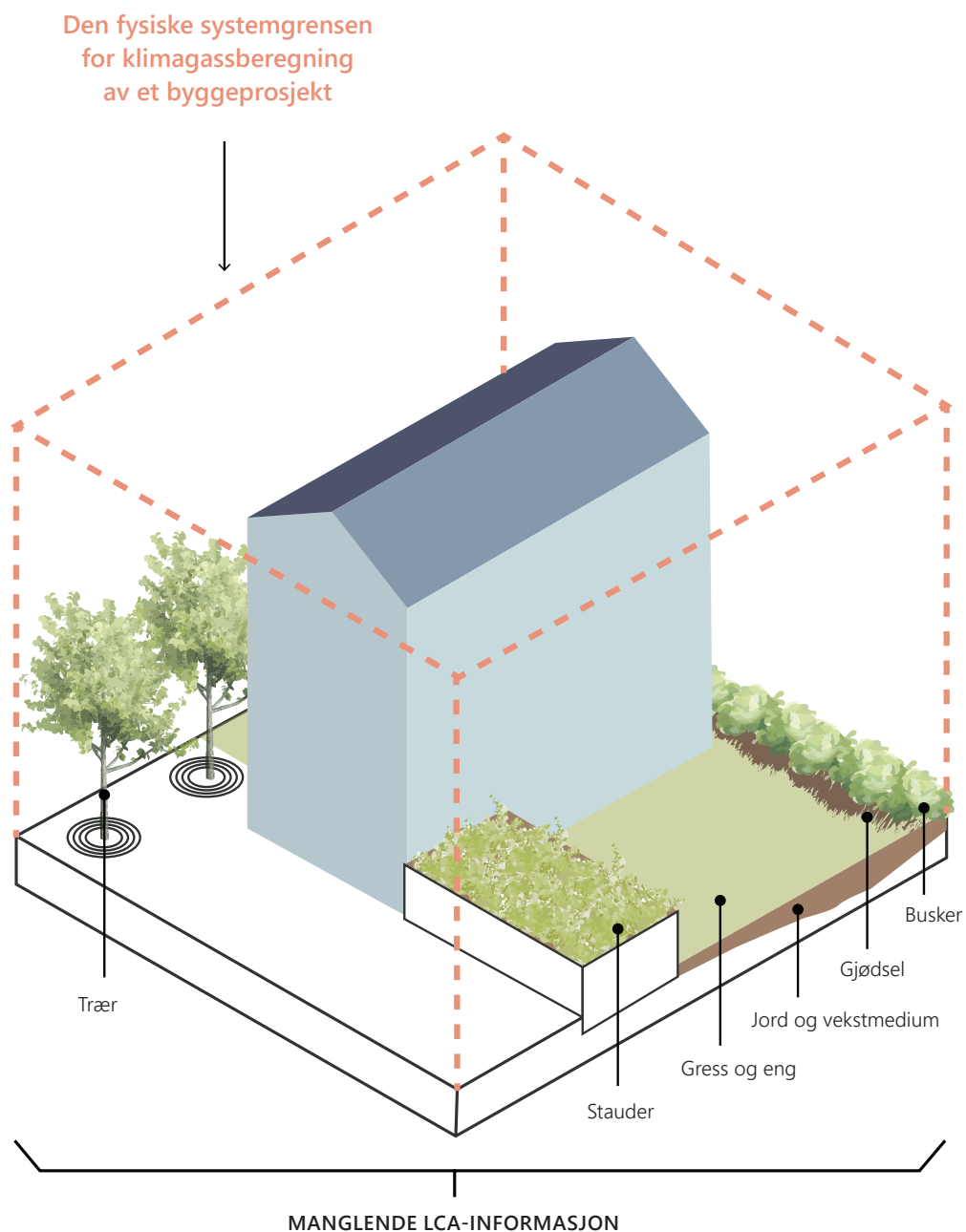


Fig. 7

Klimagassberegning brukes for å sammenligne produkters klimafotavtrykket. Likevel kan de kun sammenlignes dersom systemgrensene (geografisk og metodiske avgrensninger) for aktiviteter og utslippsfaktorer er tydelig definert og samsvarer (Selvig et al., 2018). Figuren illustrerer hvordan systemgrensen for å livsløpsevurdere et bygg ekskluderer vegetasjon og jord.

# HVORFOR ER IKKE PLANTER OG JORD INKLUDERT I KLIMAGASSBEREGNINGEN?

Et svar på dette er at det mangler metoder for hvordan organiske komponenter skal beregnes. For de landskapsprosjektene som har blitt beregnet er materialer inkludert, mens planter, jord og toppdekke (slik som bark) stort sett blitt utelatt. Til tross for usikkerhet og kompleksiteten ved LCA-beregning av planter og jord blir det likevel ikke riktig å utelate det helt fra klimagassregnskapet. En studie fra Finland konkluderer med at vegetasjon og jord bør inkluderes, men at det trengs mer forskning for å få det til. Hvis naturlig karbonlagring ikke inkluderes i livsløpsanalysen, vil det være vanskelig å kvantifisere det potensielle klimafotavtrykket til et landskapsprosjekt (Kuittinen et al., 2021b).

Kuittinen et al. (2021b) påstår at miljødeklarasjoner (EPDer) for planter og jord vil gjøre det enklere å forstå hvor klimavennlige ulike designløsninger er. På denne måten kan landskapsarkitekter ta bevisste valg og utforme landskapsprosjekter med lavere klimafotavtrykk. Dersom EPDer etterspørres bidrar det også til at produsenter oppmuntres til å lage produkter med mindre miljøbelastning. Avslutningsvis mener Kuittinen et al. at et større fokus på EPDer i landskapsprosjekter vil bidra til å løfte landskapsarkitekturen opp til det samme nivået som sektoren for bygg og arkitektur.

## BEREGNING SOM BESLUTNINGSGRUNNLAG

Med en økende bekymring for klimaendringenes negative effekt stilles det i større grad politiske krav for å bremse den globale oppvarmingen. Basert på dette kan både stat og kommune stille krav til utslipp knyttet til byggeprosjekter. Bruken av klimagassregnskap for å kartlegge utslipp til ulike sektorer har økt i politisk sammenheng (Wardenaar et al., 2012). Det samme gjelder for individuelle prosjekter, der det er en økende etterspørsel etter klimagassregnskap til byggeprosjekter (Multiconsult, u.å.). Selv om LCA og klimagassregnskap er et nyttig verktøy for å få oversikt over klimafotavtrykket er det likevel svakheter ved å bruke slike beregninger som grunnlag for beslutninger.

En svakhet hviler på at det varierer hvilke poster som inkluderes i et klimagassregnskap. Et prosjekt kan med andre ord få forskjellige klimafotavtrykk basert på hvilke poster som er inkludert i beregningen (Muhl et al., 2021). En årsak til dette er at det ikke alltid er en standardisert metode for hvordan prosjekter skal beregne klimafotavtrykket. Det gir i praksis bedrifter mulighet til å utelukke ledd og poster i en LCA-analyse som det ikke er et krav om å inkludere. Det kan resultere i at regnskapet har et lavere klimafotavtrykk enn realiteten. Kravene til beregningene har derfor betydning, fordi klimagassregnskapene som rapportes inneholder ofte det som er pålagt.

# REPRESENTERER KLIMAGASSREGNSKAP DET REELLE UTSLIPPET?

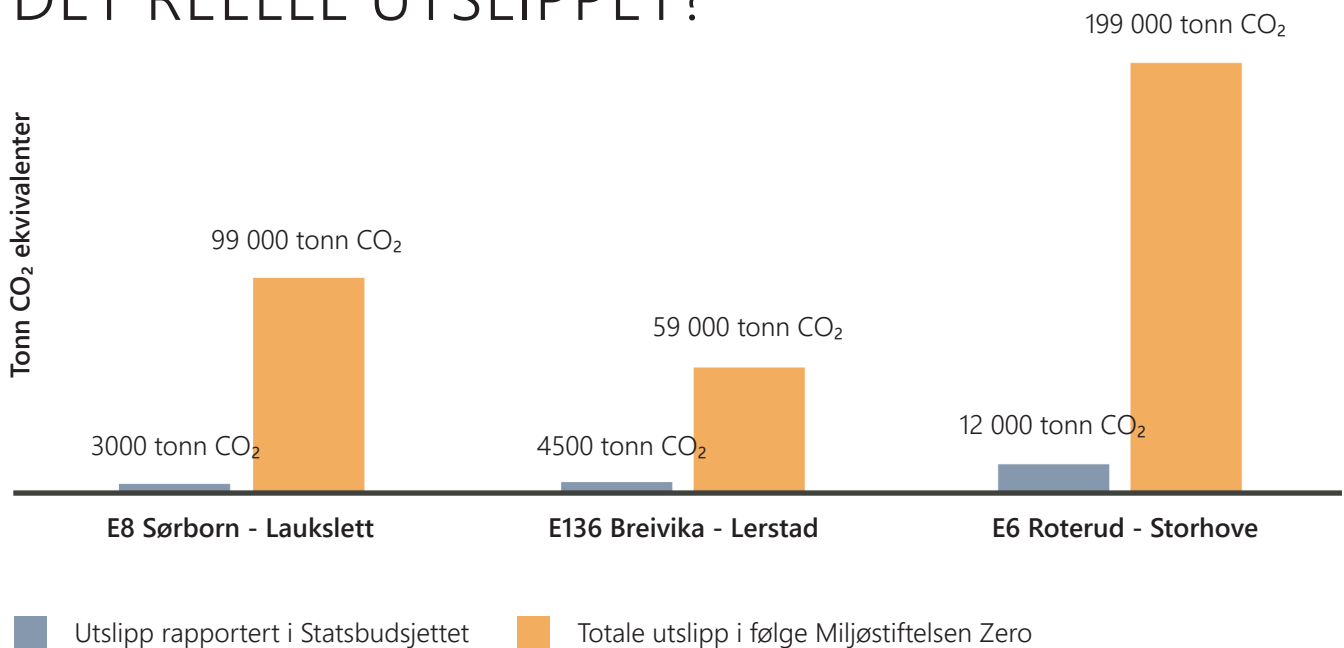


Fig. 8

Kravene til hva som skal rapporteres fra et klimagassregnskap har betydning for om de indirekte utslippene tas med eller ikke. Når Norge rapporterer utslipp til FN via Parisavtalen inkluderes ikke de indirekte utslippene. Det er for å unngå dobbelttelling av utslipp, da Norges indirekte utslipp vil være direkte utslipp i et annet land (Aasrud, 2019).

NRK publiserte 10. februar 2022 en sak der Miljøstiftelsen Zero hadde sett gjennom klimabudsjettene til Norge og sammenlignet verdiene med de reelle, totale klimagassutslippene. Resultatene fra tre ulike veiprojekter viste et stort gap mellom utslippene Statsbudsjettet rapporterte og det totale klimagassutslippet Miljøstiftelsen Zero beregnet. Statsbudsjettets rapport for veiprojektene inkluderte kun direkte utslipp fra maskinene som var på byggeplassen. Miljøstiftelsen Zero inkluderte flere poster fra byggeprosessen og tok også med de indirekte utslippene. Det var utslipp knyttet til

produksjon av materialer som kreves for å bygge veiene og transporten av disse fra utlandet eller andre steder i Norge.

Verken Statsbudsjettets rapport eller Miljøstiftelsen Zero inkluderte utslippene knyttet til nedbygging av natur som myr og skog (Nord, 2022). Hvorvidt beregningene fra veiprojektene er korrekte er ikke poenget med dette eksempelet. Eksempelet illustrerer at det samme prosjektet kan få vesentlig ulike resultater basert på hva som kreves å rapportere. For Statsbudsjettet ligger FN sine retningslinjer til grunn (Nord, 2022). Det blir vanskeligere for politikerne og andre beslutningstakere å få et fullstendig bilde av klimafotavtrykket hvis ikke alle utslipp er inkludert (Mugl et al., 2021). Det blir også utfordrende å forstå konsekvensene av byggeprosjektene inngrep som kan være avgjørende for å ta gunstige valg for å redusere utslipp og verne verdifulle, naturlige karbonlagre.

## TIDEN FOR ENDRING ER NÅ

I forbindelse med klimakrisen er tidsaspektet avgjørende. FNs nyeste rapport fra april i år slår fast at det haster å gjøre drastiske tiltak i alle sektorer for å redusere utslipp og unngå de verste konsekvensene av global oppvarming (IPCC, 2022). Slik situasjonen er nå kan det ikke planlegges på en konvensjonell måte med høye utslipp og tenke at vegetasjon alene vil gjøre opp for utslippene på sikt. Jo høyere utslippene er, desto mer avhenger prosjektet av kompenserende tiltak. Det kan ta flere tiår, om ikke opp mot hundre år, å nå klimanøytralitet hvis utslippene er betydelig store. For at et prosjekt kan bidra positivt i en klimasammenheng må klimafotavtrykket til hvert prosjekt være lavt. Derfor er det avgjørende at arbeidet starter med å redusere utslippene til materialer, for så å planlegge tiltak som øker karbonbinding effektivt (Climate Positive Design et al., 2020). Det finnes teknologi som kan binde CO<sub>2</sub> i materialer, slik som CO<sub>2</sub>-opptak i betong og CO<sub>2</sub>-basert plastikk. Likevel er teknologien fortsatt begrenset og under utvikling. Tidsrommet for endring er for kort til at vi kan belage oss på nye teknologiske løsninger, og det er nødvendig at endringer skjer raskt. En løsning er naturlige økosystemer og grønne strukturer. I følge Kuittinen et al. (2021b) er dette et rimelig alternativ som fremdeles ikke har utnyttet sitt fulle potensial i det urbane miljøet (Kuittinen et al., 2021b).

# 2.2

## KARBONBINDING I VEGETASJON OG JORD

Vegetasjon og jord henger tett sammen og danner økosystemer med komplekse nettverk (Kuittinen et al., 2021b). Dette er sentrale elementer i utformingen av landskapsprosjekter. For å forstå hvorfor det er utfordrende å måle og tallfeste vegetasjon og jord må prosessene som inngår i karbonkretsløpet redegjøres for. I tillegg må det undersøkes hvilke faktorer som påvirker evnen jord og vegetasjon har til å ta opp og lagre karbon, særlig i urbane områder. Til slutt tar vi for oss de karbonrike arealene i Norge og hvorfor nedbygging av disse bør inkluderes i et klimagassregnskap.



# KARBONBINDING I URBANE OMRÅDER

Karbonbinding i naturlandskap og landbruksområder blitt forsket mye på. I urbane områder er det derimot større kunnskapshull. Det er først i nyere tid at fokuset på vegetasjon og jord i urbane områder har økt og om det har betydning for karbonbinding i byer og tettsteder (Whittinghill et al., 2014). En vesentlig forskjell mellom urbant og landlig landskap er at det urbane i større grad endres gjennom menneskelig påvirkning, noe som påvirker karbondynamikken

(Awal et al., 2010). I følge Park og Jo (2021) er et klimagassreducerende tiltak å verne og etablere urbane grøntarealer. Klimagassutslippene skjer særlig i byene, noe som gjør at grøntarealene blir viktige for å ta opp CO<sub>2</sub> og lagre det, både på kort og lang sikt. For å finne ut hvordan grøntarealene har potensialet for karbonbinding, må prosessene som inngår i karbonkretsløpet redegjøres.



Fig. 9

# KARBONKRETSLØPET

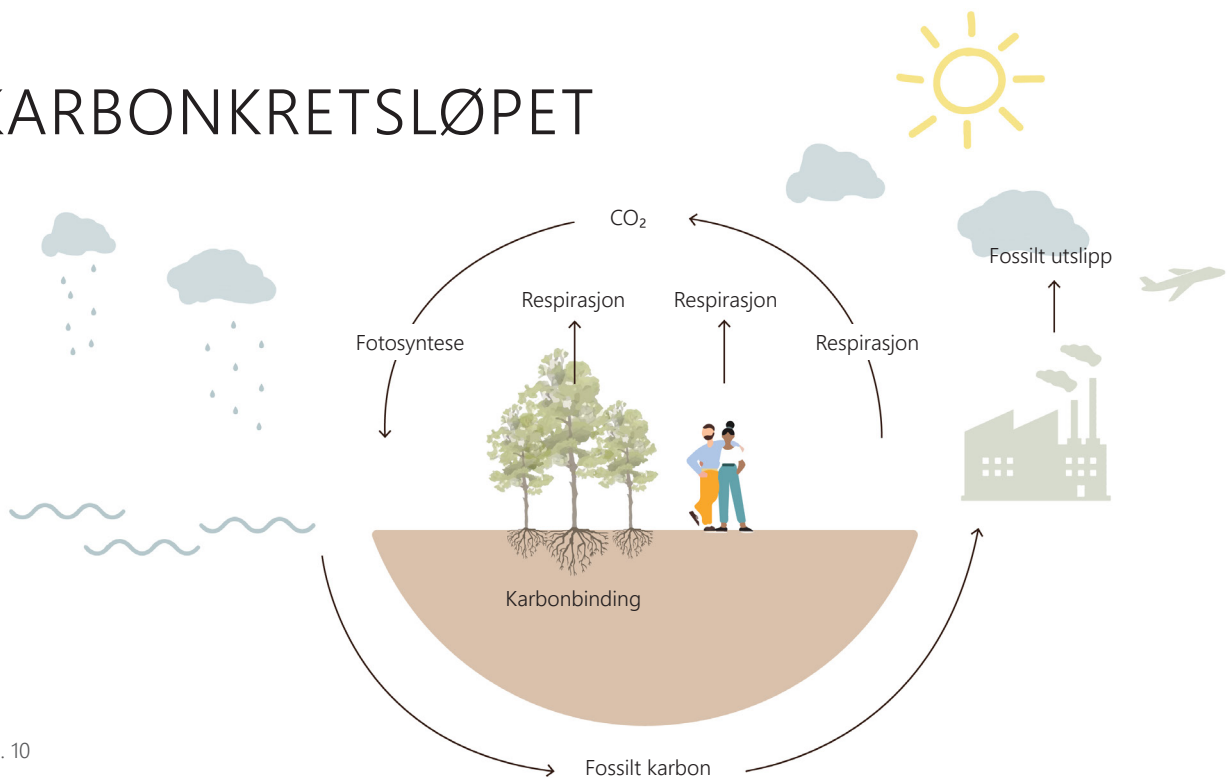


Fig. 10

Et av de viktigste grunnstoffene er karbon. Det er grunnlaget for alt liv på jorda og har et kretsløp gjennom luft, vann, levende organismer, jord og berggrunn. Gjennom fotosyntesen tar plantene opp vann via røttene og  $\text{CO}_2$  fra luften. Dette omdannes til karbohydrater (sukker), som plantene bygges opp av, og oksygen. Det organiske karbonet blir lagret i vegetasjon og jordsmonn hvis plantene blir stående, og tas på denne måten ut av karbonkretsløpet midlertidig (Sandvik, 2008). Karbonet slippes ut via respirasjon, den motsatte prosessen av fotosyntesen, der organisk karbon omdannes tilbake til karbondioksid. Frigjøringen av karbon skjer også i nedbrytningsprosessen av organisk materiale. For eksempel vil mengden  $\text{CO}_2$  et tre tar opp gjennom livsløpet slippes ut når treet dør og brytes ned. Hastigheten til utslippet avhenger av nedbrytningsprosessen, men mengden vil være den samme uavhengig av om treet faller ned og råtner eller brennes (Sandvik, 2008; Norsk landbrukssamvirke, 2019). Etter at  $\text{CO}_2$  slippes ut i atmosfæren, vil det på nytt bli tatt opp via fotosyntesen av organismer med klorofyll. Hele den beskrevne prosessen er det korte karbonkretsløpet, som er relevant for oppgavens tematikk. Det lange karbonkretsløpet tar for seg olje, gass og kull der

planter og alger har blitt omdannet over lang tid ved høyt trykk og temperatur (Bjerknessenteret for klimaforskning, 2020).

Kretsløpet til karbon skjer både på land og i havet. I havet vil det være tang, tare og alger med klorofyll som står for omdanningen av  $\text{CO}_2$  til organisk karbon. De utslippene som ble beskrevet over er de naturlige utslippene som vil komme fra planter, jord, dyr, mennesker og havet. I tillegg til dette blir det via forbrenning av fossile karbonkilder sluppet ut store mengder  $\text{CO}_2$  til atmosfæren. Dette, i kombinasjon med nedbygging av natur, bidrar til at det slippes ut mye mer karbondioksid enn det jorda klarer å ta opp og lagre via fotosyntesen. Det blir med andre ord en ubalanse i  $\text{CO}_2$ -kretsløpet som er forårsaket av mennesker (Norsk landbrukssamvirke, 2019). Resultatet av den økte konsentrasjonen av  $\text{CO}_2$  i atmosfæren er global oppvarming og menneskeskapte klimaendringer (Kjeldsen & Bedin, 2020).

## Karbonkretsløpet før den industrielle revolusjon (1700)

Flyt av karbon i gigatonn per år.

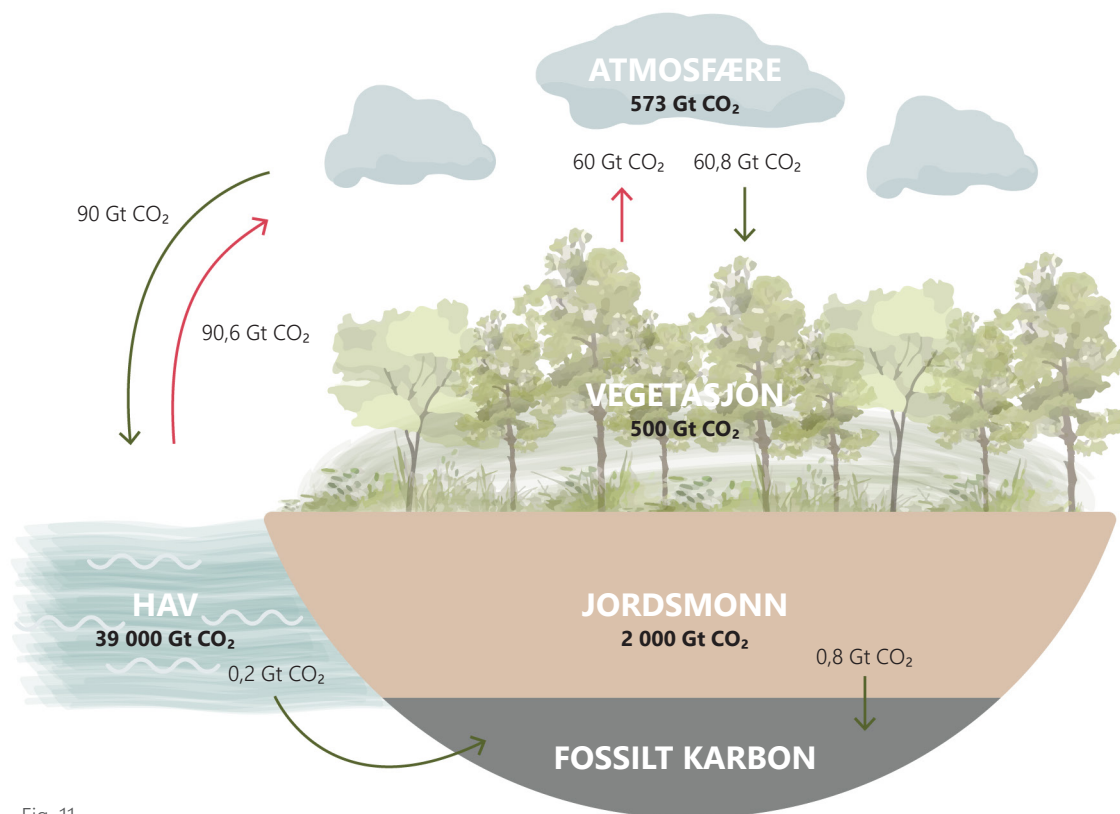


Fig. 11

## Karbonkretsløpet i 2008

Flyt av karbon i gigatonn per år.

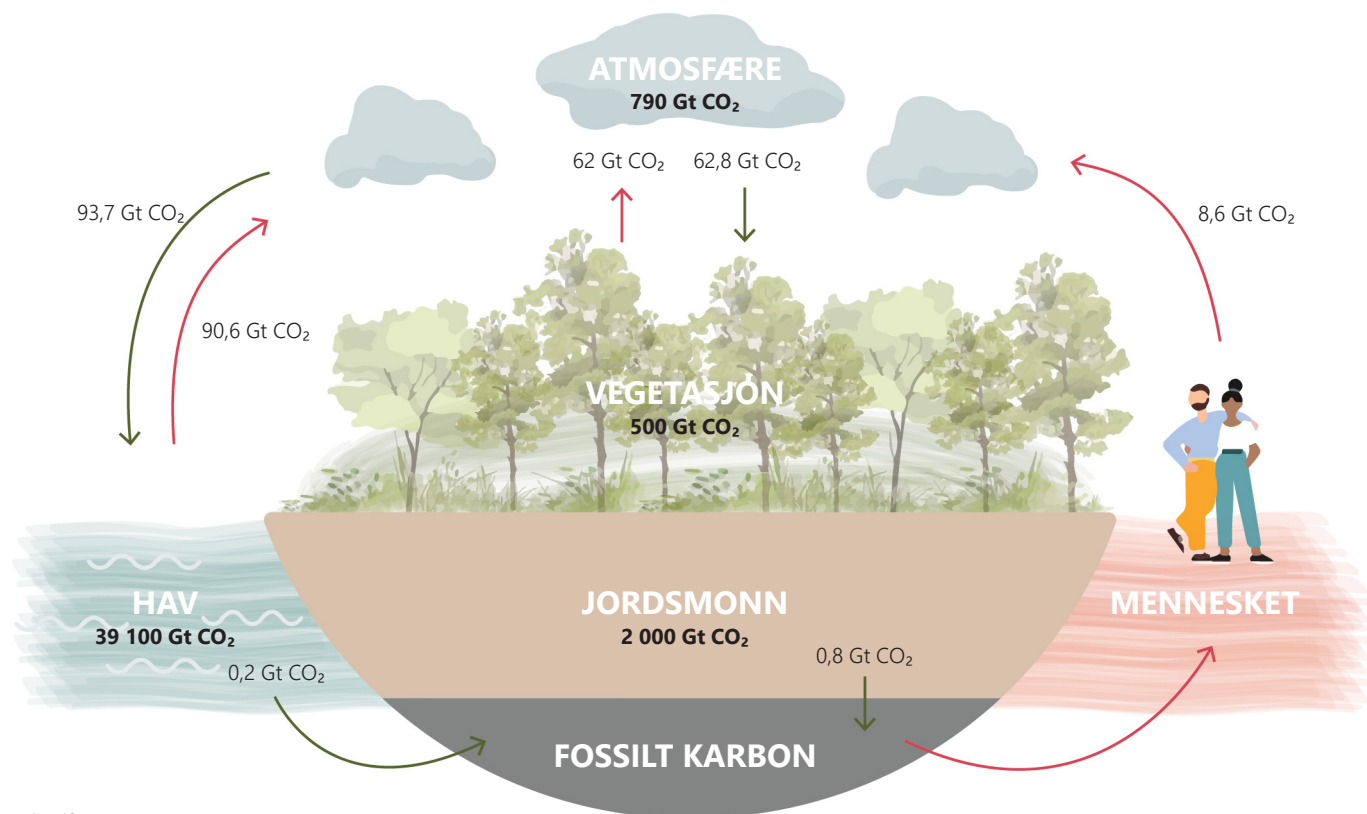
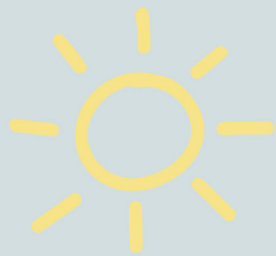


Fig. 12

Karbonkretsløpet fra 2008 viser at systemet ikke er i likevekt, fordi det ikke er et karbonlager som fanger opp de menneskeskaptene utslippene. Dette fører til at mengden karbon i atmosfæren øker fra år til år.



Sollys

## KARBONLAGRING

Gjennom fotosyntesen omdanner planter uorganisk  $\text{CO}_2$  fra atmosfæren til organiske forbindelser (Berner jr. & Aarnes, 2021). På denne måten tas karbonet midlertidig ut av karbonsyklusen og lagres i plantens biomasse eller jord. Prosessen der karbon tas opp og lagres kan også kalles karbonfangst (Kyrkjeeide et al., 2020). Selv om vegetasjon og jord henger tett sammen, skal karbonbinding i vegetasjon og jord undersøkes separat for å se hvilket potensial de har.

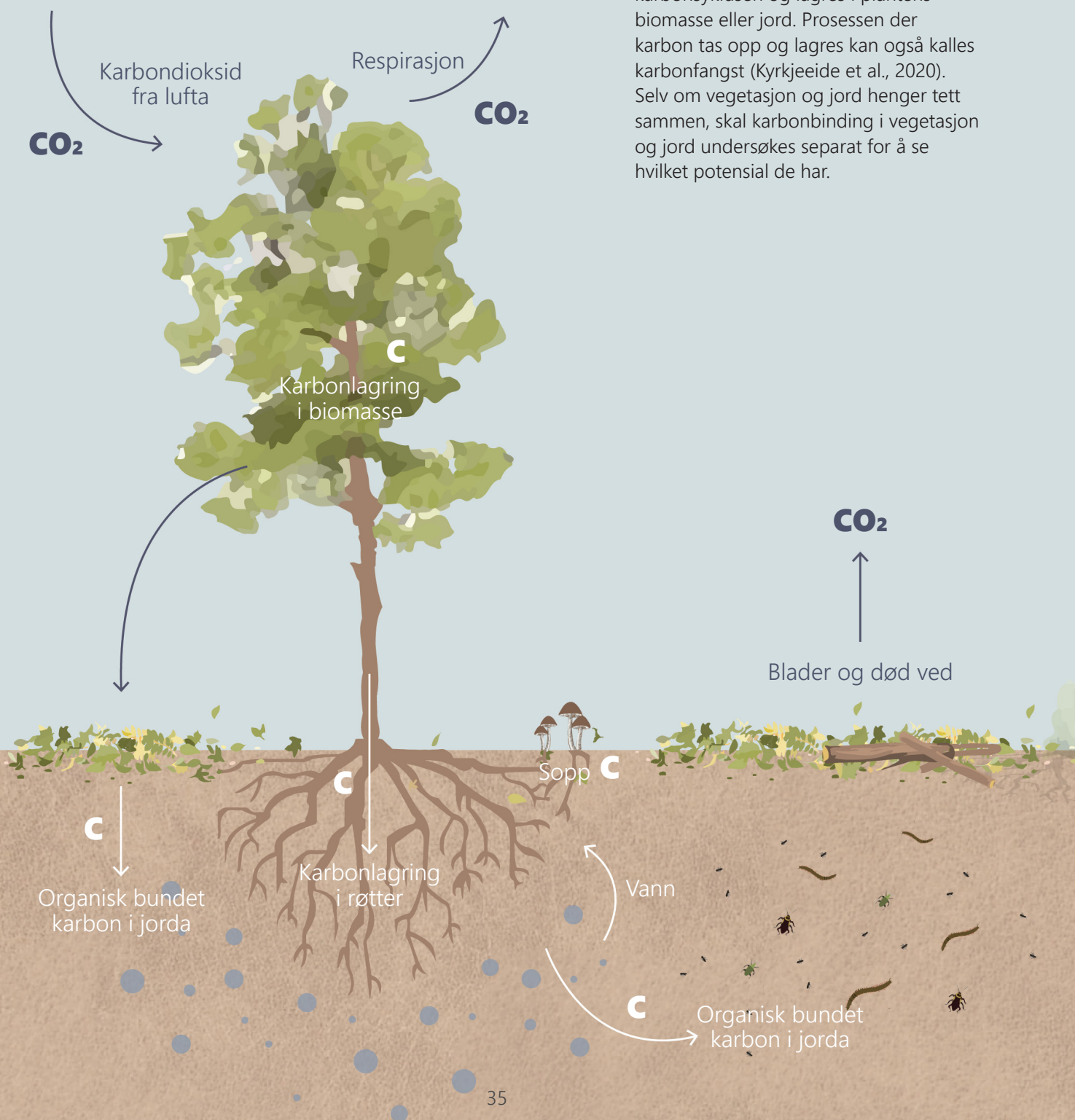






Fig. 13

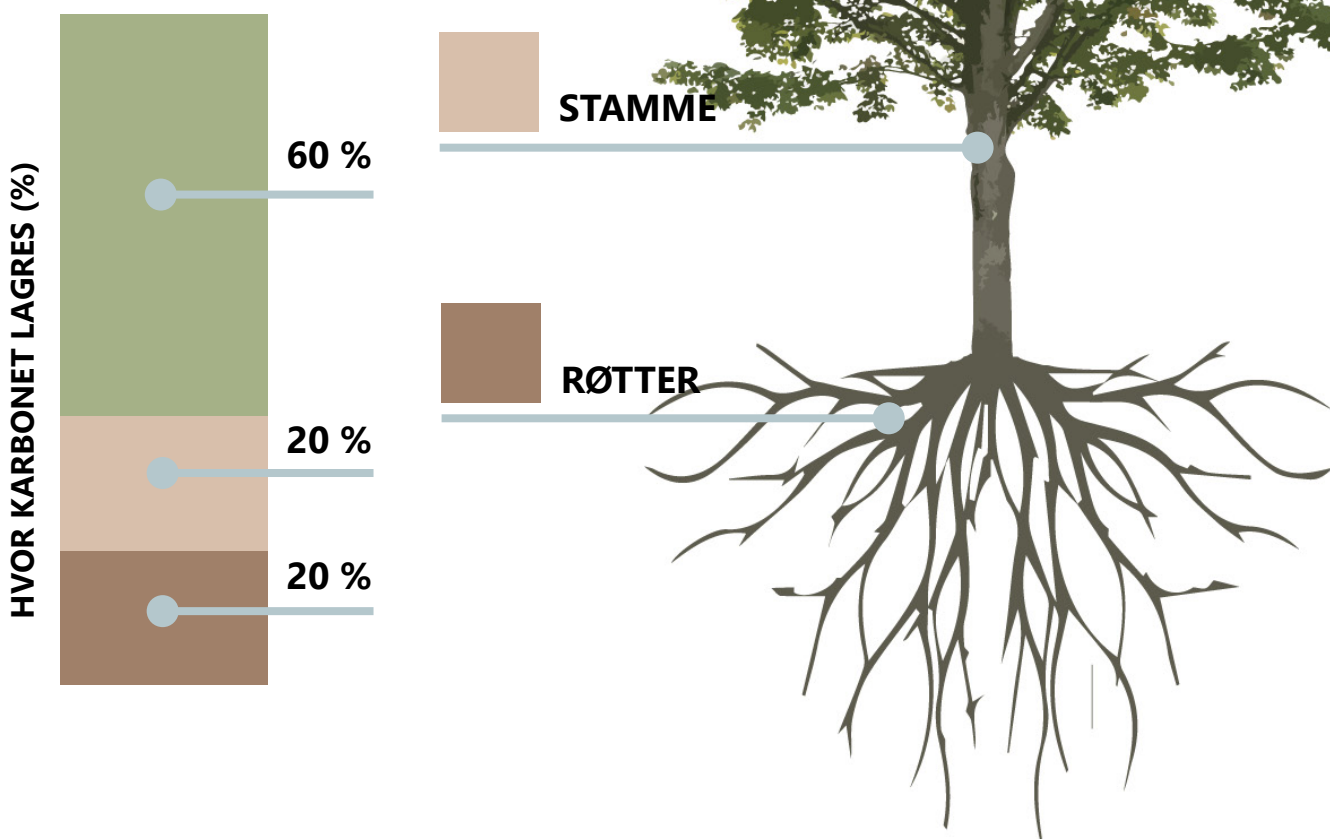
# KARBONBINDING I VEGETASJON

Planter binder karbon i biomassen. Innenfor økologien defineres biomasse som mengden biologisk materiale som stammer fra levende eller nylig levende organismer (Forestry Commission, 2022). I treaktige planter med lignin, slik som trær og busker, lagres karbonet i blader, stamme, greiner, og røtter. Lignin er et stoff som fungerer som et bindemiddel i planten og gjør at vedstruktur dannes (Manum, 2017; Norsk landbrukssamvirke, 2019; Kuittinen et al., 2021b). Hvorvidt en plante har et negativt eller positivt karbonopptak avhenger av differansen mellom bundet og frigitt karbon. Plantenes evne til å ta opp og lagre karbon påvirkes blant annet av art, vekstforhold, tilstand, alder og skjøtsel (Whittinghill et al., 2014). Vegetasjonstypene trær, busker og planter uten ved vil derfor undersøkes separat.

# TRÆR

KRONE

Gjennom treets vekstprosess bindes atmosfærisk karbon (Nowak, 1993). Karbonet blir lagret som organiske stoffer i veden (slik som cellulose og lignin) og i bladverket. Biomassen til et tre deles ofte inn i to hoveddeler: over og under bakken. Anslagsvis vil ca. 20 % av biomassen være i trekronen, 60 % er i stammen og 20 % er i rotsystemet (Nowak et al., 1993). Biomassen til et tre oppgis ofte i tonn tørrvekt der komponenter som stamme, stubber, blader, greiner, bark og røtter inngår (West, 2004). Biomassen er derfor nyttig for å kunne si noe om hvor mye karbon et tre tar opp. Den høyeste konsentrasjonen av karbon finnes i trestammen, mens det laveste karboninnholdet er i blader (Fang & Tang, 2017). Det er lettere å måle biomasse og karboninnhold for plantedeler over bakken enn under bakken. En av årsakene til dette er at det er vanskelig å skille mellom levende røtter og annet organisk materiale i jorda (Kuittinen et al., 2021b).





## FAKTORER SOM PÅVIRKER KARBONBINDING

Mengden karbon et tre lagrer i biomassen avhenger av treets alder, forventet levetid og veksthastighet. De trærne som binder mest karbon over tid kjennetegnes ved å være både store, langlevende og hurtigvoksende (Nowak et al., 2002). Det skilles mellom årlig brutto karbonopptak og årlig netto karbonopptak. Ved brutto karbonopptak beregnes den årlige veksthastigheten. Her tas det hensyn til treets plassering, frostfri periode, treets tilstand og tilgang til lys. Ved netto karbonopptak trekkes den estimerte frigjøringen av karbon fra brutto karbonopptak, slik som respirasjon, håndtering av felt eller dødt plantemateriale og nedbrytning (Nowak & Crane, 2002; Nowak, 2020). Å forsinke frigjøringsprosessene vil forlenge karbonlagringstiden.

## KARBONOPPTAK I ULIKE TREARTER

Erik Lind har i sin masteroppgave undersøkt hvordan ulike treslag binder CO<sub>2</sub> i et urbant parklandskap. Blant annet viser oppgaven hvor mye karbon *Salix alba*, *Quercus rubra* og *Pinus sylvestris* binder etter 50 år i Helsingborg, Stockholm og Umeå. Resultatene viser en stor forskjell mellom de ulike artenes evne til å binde karbon. I Stockholm binder *Salix rubra* nesten seks ganger så mye karbon som en *Pinus sylvestris*. Det tyder på at type treslag har noe å si for evnen til karbonbinding og at store treslag som vokser raskt kan ha den største karbonbindingen. I tillegg vil klimasonen ha vesentlig betydning for hvor mye karbon treslaget binder (Lind, 2020). Karbonbinding i et nordisk klima vil undersøkes nærmere på side 52.

## KARBONMENGDE ULIKE PARKTRÆR I SVERIGE HAR BUNDET ETTER 50 ÅR (KG CO<sub>2</sub>/PER TRE)

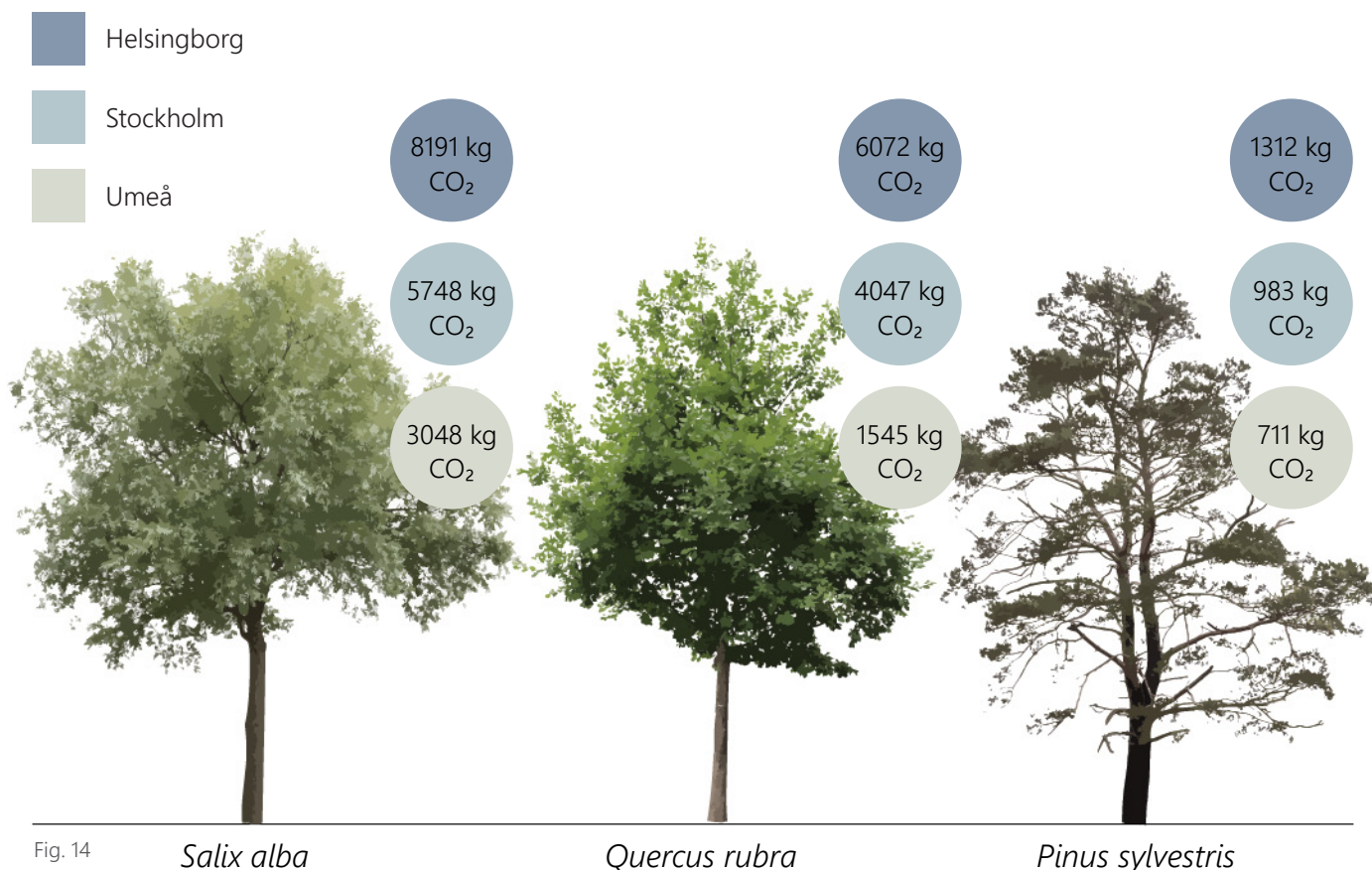


Fig. 14

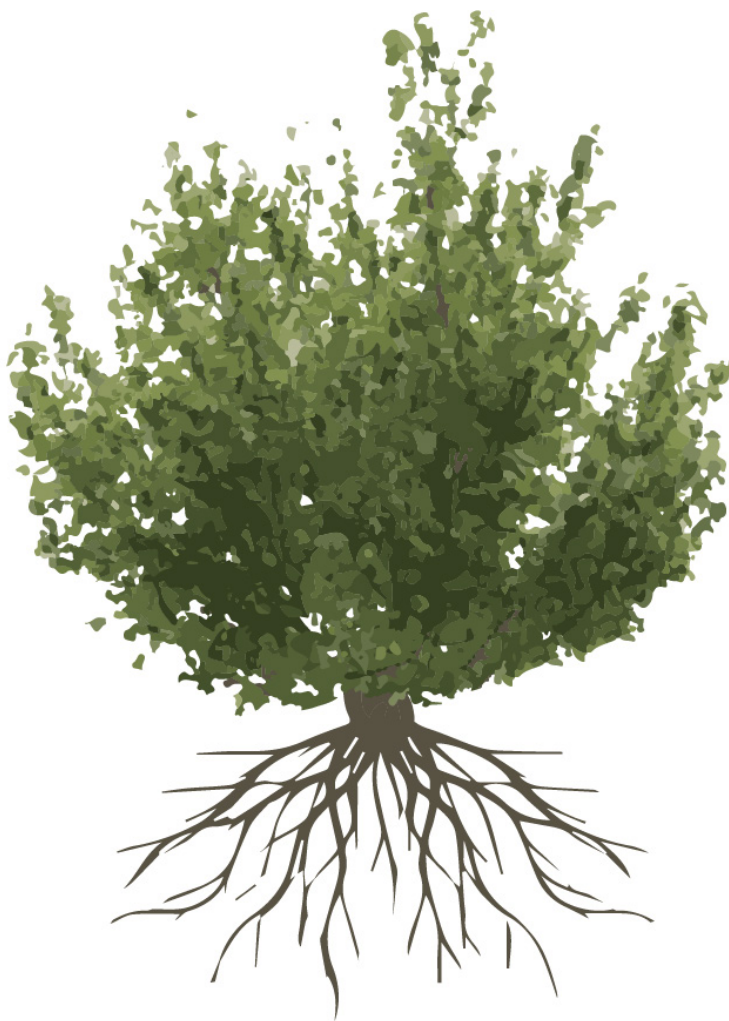
*Salix alba*

*Quercus rubra*

*Pinus sylvestris*

## BUSKER

Oppbygningen til busker skiller seg fra trær. De består ofte av et stort antall greiner i stedet for en tykk stamme (Kuittinen et al., 2016). Generelt har busker mindre biomasse og bladareal enn trær, noe som fører til mye mindre karbonbinding. Livsløpet til en busk er også kortere enn trær. Det antas at det er vanlig å kutte ned busker omtrent hvert tiende år, noe som påvirker mengden karbon som lagres (Kuittinen et al., 2016). En måte å beregne biomassen til en busk er å ta utgangspunkt i buskens volum. Volumet baseres på gjennomsnittlig høyde og grunnareal til busken (Kuittinen et al., 2021b).



## PLANTER UTEN VED

I denne sammenhengen blir stauder og gress sett på som flerårige planter uten lignin. Det skilles mellom ettårige, toårige og flerårige planter. Ettårige planter kjennetegnes ved at hele livssyklusen fullføres i løpet av et år. Tilsvarende gjør toårige planter på to år. (Aarnes, 2021). Flerårige planter har et livsløp på tre år eller mer (Aarnes, 2020). For toårige og flerårige planter vil biomassen over bakken visne ned mot høsten, mens røttene overvintrer og skyter nye skudd igjen på våren (Bjørnå, 2021). Karbonkonsentrasjonen i stauder og gress er betraktelig lavere sammenlignet med busker og trær (Kuittinen et al., 2021b). Hvis målet er å oppnå mest mulig biomasse og karbonlagring vil ikke planter uten ved ha størst potensiale alene. På den andre siden har slik vegetasjon andre fordeler som kan gagne karbonoptaket.



# MÅLING AV KARBONINNHOLD I VEGETASJON

Karboninnholdet til en plante kan estimeres ut i fra den totale tørrvekten til plantens biomasse. Alle delene som planten består av inkluderes og multipliseres med en karbonfaktor. Det er også mulig å beregne karboninnholdet til enkelte plantedeler (Ma et al., 2017). Vanninnholdet til en plante varierer ut fra tidspunkt på dagen og sesong, men det vil vanligvis utgjøre ca. 50 % av plantens masse. Siden karboninnholdet tar utgangspunktet i den tørre biomassen må vannet tørkes bort. For trær kan dette gjøres i store laboratorier der plantedelene plasseres i en ovn og tørkes ved 60-80 grader over flere dager. Det er praktiske utfordringer ved å gjøre dette på de største trærne. Trær kan veie flere tonn og være så store at de ikke får plass i et laboratorium. I tillegg kan utgraving av rotsystemet være utfordrende, selv på langt mindre trær (West, 2004). Dette er en teknisk og krevende metode for å måle karboninnholdet, men vil gi eksakte verdier.

En mer generell og anvendbar metode for å beregne karboninnholdet hos trær er å måle stammediameteren ved brysthøyde (DBH) og høyden til treet. Verdiene brukes i en formel for å beregne biomassen og karbonlagring i treet. Ved hjelp av denne formelen kan årlig karbonbinding beregnes. I tillegg kan forventet veksthastighet ved DBH og lokale forhold (antall frostfrie dager, lysforhold og trets helsetilstand) inkluderes (Kuittinen et al., 2021b).



Fig. 15

# HAR VEGETASJON I URBANE OMRÅDER BETYDNING SOM KARBONLAGER?

Ulike studier har sett på karbonopptak i urbane grøntarealer. Det er et variert syn på hvorvidt vegetasjon i urbane områder har betydning som karbonlager.

En studie fra 2011 estimerte karbonlageret i vegetasjonen for byen Leicester i England. Ulike vegetasjonstyper i urban kontekst og biomassen over bakken i tørrvekt ble beregnet. Resultatet viser at 231 521 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter ble lagret i vegetasjon over bakken. 97,3 % av totalen ble lagret i trær. Dette underbygger påstanden om at trær har den største evnen til å lagre karbon over bakken på grunn av den store biomassen. Annen type vegetasjon hadde liten evne til karbonlagring. Et annet interessant funn fra studien er at Leicester lagret 0,2 % av England sitt totale karbonlager, selv om byen kun representerer 0,03 % av landets areal. Forskerne bak studien mener derfor at byer ikke bør avskrives som potensielle karbonlagre sammenlignet med andre landområder (Davies et al., 2011).

Fem år senere påstod Velasco et al. (2016) at grunnlaget for å si at urbane grøntarealer er viktige karbonlagre er for svakt. Forskeren Erik Velasco er spesialisert på atmosfæriske utslipp og klimaendringer i urbane miljøer. Utgangspunktet for studien var at flere byer fremmer grønnstruktur som et tiltak for å redusere netto klimagassutslipp. Velasco et al. (2016) konkluderte med at opptaket vil være lite sammenlignet med mengden menneskeskapt utslipp. De mente at flere av studiene som støtter urbane grøntarealer som viktige karbonlagre kun ser på karbon som akkumuleres av trær og inkluderer ikke lagring i jord eller utslipp fra vedlikehold og respirasjon. For at beregningene av vegetasjonens bidrag skal bli riktig mener Velasco et al. at vedlikehold og den totale respirasjonen må inkluderes og vurderes riktig. Selv om det er mange sosiale og miljømessige fordeler, mener de at grønnstruktur som effektivt tiltak for økt karbonbinding i urbane områder er svært begrenset basert på nåværende forskning (Velasco et al., 2016).

Samme år ble det gjort en studie i Finland. Den undersøkte om karbonopptak i urbane økosystemer kan kompensere for utslippene i byer. Studien tok for seg syv forskjellige boligområder i den finske byen Espoo. Kuittinen et al. (2016) så på livsløpet til klimagassutslippene for en periode på 50 år. Resultatet viser at opptaket av CO<sub>2</sub> i grøntarealene til de fleste boligområdene spilte liten rolle for det totale utslippet i Espoo. Effekten karbonopptaket hadde varierte fra 1,2 % til 11,9 % i forhold til utslippene. Det som likevel er interessant er at resultatene i studien indikerer at karbonopptak i et prosjekt kan være kompenserende for byggematerialenes produksjonsfase. Selv om det er avvik og usikkerheter mener Kuittinen et al. at resultatene deres rettferdiggjør at karbonopptak har potensial i klimagassberegning til urbane boligområder. Avslutningsvis i studien konkluderer de også med at grønnstruktur bør inkorporeres i klimagassberegningen til byer, fordi det kan ha et ubrukt potensial som bør komme tydeligere fram (Kuittinen et al., 2016).

Oppsummerende påstår noen studier at karbonlagring i urbane områder har liten effekt sammenlignet med områdets totale utslipp. Likevel indikerer flere av de samme studiene at det kan være et potensial og at grøntarealene i noen sammenhenger kan ha betydning. For eksempel Kuittinen et al. (2016) mener at vegetasjon kan kompensere for byggematerialenes produksjonsutslipp, noe som er relevant for masteroppgavens tematikk. Det underbygger formålet med å inkludere vegetasjon i klimagassberegning av byggeprosjekter og betydningen det kan ha i bygg- og anleggssektoren.



Fig. 16



Fig. 17

# KARBONBINDING I JORD

Store deler av karbonet som omdannes via fotosyntesen bindes i jord. Av alt karbon som bindes oppe på land er det antatt at 80 % er bundet i jorda (Kyrkjeeide et al., 2020). I tillegg inneholder jorda tre ganger så mye karbon som det er i atmosfæren (Lønning, 2019). Jorda er derfor et viktig. Det er nødvendig å ha kjennskap til prosessene i jord for å forstå hvordan det kan tilrettelegges for gode karbonlagre i urbane områder.

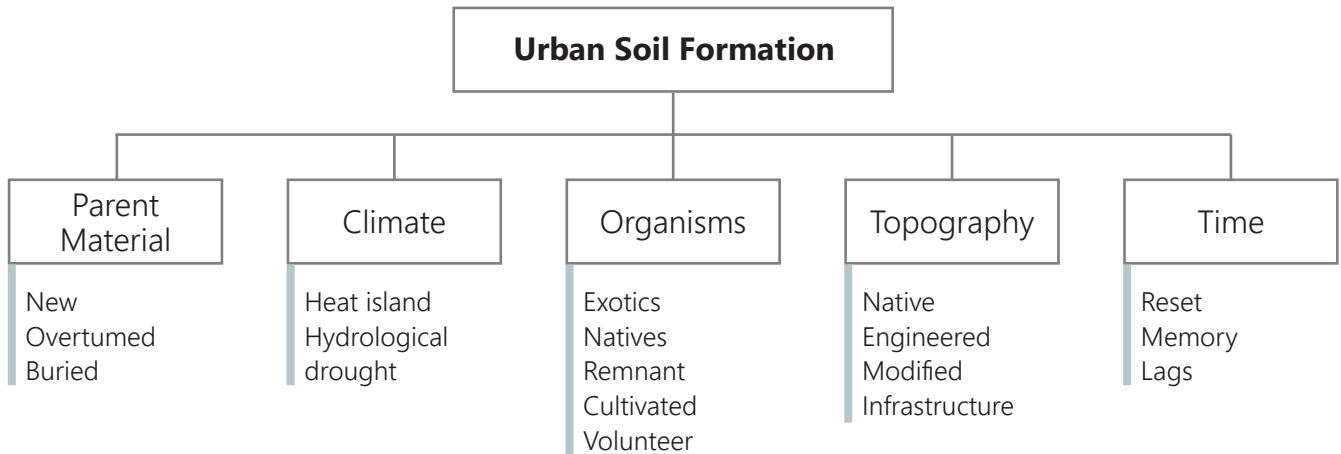


Fig. 18

### JORDAS OPPBYGGING

Det er fem hovedfaktorer som påvirker hvordan jorda er bygget opp: opphavsmateriale, klima, organismer, topografi og tid (Jenny, 1941). Pickett og Cadenasso (2009) har ut fra dette implementert karakteristiske trekk ved urbane miljøer som påvirker jordsmonnet (Pickett & Cadenasso, 2009). Diagrammet er nyttig for å forstå prosessene som påvirker jorda og hvilken innvirkning menneskelig aktivitet har.

### KARBON I ORGANISK MATERIALE

Karbonet i jorda finnes i organisk materiale. Organisk materiale er rester av døde planter og dyr som kommer i kontakt med organismer på jordoverflaten og brytes ned. Resultatet etter den mikrobielle omdanningen er restprodukter og stoffer som mikroorganismene har bygget opp. I tillegg til å lagre karbon i jorda, bidrar organisk materiale til god jordstruktur, bedre lufttilgang og øker jordas evne til å holde på vann og næringsstoffer (Almås, 2021a).

### HVORDAN ØKE KARBONMENGDE I JORD

Mengden karbon som er bundet i jorda vil avhenge av balansen mellom tilført og tapt karbon (Rasse, Økland & Jøner, 2019). For å øke mengden karbon kan karbontilførselen via fotosyntesen økes. Det kan

gjøres ved å erstatte eller supplere plantearter som har en større kapasitet for CO<sub>2</sub>-opptak. Uavhengig av jordtype vil det være en sikker vei for økt karbonbinding i jord (Rasse, Økland & Jøner, 2019; Rasse et al., 2019). I tillegg til å øke karbontilførselen er det viktig å unngå karbontap fra jordsmonnet. I følge Olsen og Nyborg (2016) er tiltak som reduserer utslipp av CO<sub>2</sub> fra jorda like viktig som å øke karbonbinding. Karbontap skjer når jorda forstyrres eller organisk materiale brytes ned. Forstyrrelser kan være ved erosjon eller bearbeiding av jorda (Almås, 2021b).

### NEDBRYTNINGSHASTIGHETEN

Nedbrytning av organisk materiale medfører at karbonet omdannes tilbake til CO<sub>2</sub>. Det er en mikrobiell prosess der særlig temperatur, oksygentilgang, fuktighet og forholdet mellom karbon og nitrogen påvirker hastigheten på nedbrytningen (NIBIO, 2017b). Disse faktorene påvirker også hvor lenge karbonet lagres i jorda. Noe organisk materiale vil ha en levetid i jord på dager til et år, mens andre kan lagres i flere tiår eller århundrer (Dignac et al., 2017). Klimasoner vil også ha betydning for karbonlagringen i jord.



### IKKE ET UENDELIG LAGER

Jordas egenskaper varierer og påvirkes av omgivelsene den er i. Videre er ikke jordas lagringsevne uendelig. For å forbedre jordas evne til å binde karbon finnes det tiltak. Det kan gjøres ved å øke næringstilførselen. I urbane områder er grøntarealer ofte intensivt skjøttet. Studier har vist at skjøtselen fører til at jorda i urbane områder kan inneholde mer lagret karbon sammenlignet med tilsvarende jord i landlige områder. Det kommer av hyppigere bruk av gjødsel og vanning, som gir gode jord- og vekstforhold. Er det gode vekstforhold vil plantenes biomasse øke og derav tilførselen av karbon til jorda (Brown et al., 2012).

### JORDLIV MED MYKORRHIZA OG MEITEMARK

Jordlivet påvirker bevaring og nedbrytning av organisk materiale. Et forbedret jordliv og god jordstruktur vil derfor øke jordas evne til å binde karbon (Brown et al., 2012). Særlig mykorrhiza spiller en sentral rolle i hvordan karbonstrømmen er i jord. Mykorrhiza er en symbiose mellom sopp og planterøtter, og hjelper plantene å skaffe næring. Dette gir økt plantevekst som påvirker karbontilførselen positivt. Soppen bidrar også til aggregatdannelse og stabilisering, som igjen stabiliserer karboninnholdet i jorda. Mengden mykorrhiza som dannes avhenger av plantene og hvordan plantenes rotsystem ser ut. For eksempel vil planter med grovt rotsystem og lite rothår (f.eks. løk) danne mer mykorrhiza enn planter med mange fine røtter og mye rothår (f.eks. korn) (Joner, 2019).

Meitemark er en jordorganisme som fortrinnsvis øker nedbrytningen av organisk materiale, der den graver, løsner opp jord og fragmenterer grove planterester. I likhet med mykorrhiza bidrar meitemark til å øke aggregatdannelsen og bedre jordstrukturen. Meitemark og mykorrhiza er to nøkkelorganismer i jorda og er indikatorer på høy jordkvalitet. De utgjør kun en liten del av mengden og diversiteten av organismer i jorda. Det er hovedsaklig andre mikro- og makroorganismer som bidrar til stabilisering og dannelse av aggregater (Joner, 2019). Fordelen med aggregater er at det gir en fysisk beskyttelse mot nedbrytning av organisk materiale og bevarer på den måten karbonet i jorda.



Fig. 19

# MÅLING AV KARBONINNHOLD I JORDA

Metodene for å måle karboninnhold i jorda er godt utviklet og mest brukt på jordbruk- og skogsjord (Kuittinen et al., 2021b). Disse målemetodene kan prinsipielt overføres til jord i urbane områder.

For dyrket mark i Norge er det vanlig å bruke analyser av glødetap for å beregne innhold av organisk materiale i luft-tørr jord. Glødetap gjøres ved at jordprøven brennes. Karbon og andre stoffer frigjøres som gass. Vekttapet før og etter gløding vil indikere innholdet av organisk materiale. I organisk materiale er det flere stoffer enn kun karbon. Derfor vil ikke mengden organisk materiale i jord være lik mengden organisk karbon. Generelt kan det antas at karboninnholdet vil være 50 % av det organiske materialet i en jordprøve. En svakhet ved glødetap-metoden er at det ikke er en felles standardisert gjennomføring. Nøyaktigheten på analysene vil dermed være ulike, fordi type materiale, mengde, temperatur og glødetid varierer fra analyse til analyse (Pommeresche et al., 2019).

Karbonbindingen i jorda ses ofte på som økningen av karboninnholdet på årsbasis. Forskeren Daniel Rasse arbeider med jordkvalitet og klimaendringer. I følge han er det svært vanskelig å måle endringer av karboninnholdet i jord. En årsak til dette er at den organiske mengden som allerede finnes i jord kan være ganske stor. Da vil en årlig økning i lagret karbon være svært liten til sammenligning. Det medfører også at økningen i karbon vil være vanskelig å fange opp og det krever at målingene er nøyaktige (Rasse, 2019).

Et annet aspekt som gjør måling utfordrende er at karbonet ikke fordeler seg jevnt i jorda. Det er stedspesifikke forhold som topografi, erosjon, biologisk aktivitet og variert fuktighet i jorda som påvirker fordelingen av karbonet. Derfor anbefales det å ta flere prøver i et felt for å fange opp den varierende fordelingen av karbon (Vanguelova et al., 2016).

## KAN JORD I URBANE OMRÅDER VÆRE GODE KARBONLAGRE?

I urbane områder vil organisk karbon stamme fra vekstjord og organisk toppdekke (for eks. bark) (Kuittinen et al., 2021b). Karakteristisk for jord i byer er at den kan være komprimert og forurensset. Rotdybden preges også av brå fysiske og kjemiske barrierer (De Kimpe & Morel, 2000). Basert på dette kan det tenkes at jorda i urbane områder ikke vil ha særlig potensiale for karbonbinding sammenlignet med rurale områder. Rapporten fra James Larry Edmondson et al. (2012) er derfor interessant, der de sammenlignet karbonlagring i landbruksjord med jord i urbane områder i Leicester, England. Resultatet viser at urban jord lagrer signifikant mer

organisk karbon enn landbruksjord målt på samme dybde. Det kan være fordi landbruksarealer ofte benytter seg av ettårige planter og bearbeider jorda oftere. Urbane grøntarealer har derimot mer bestandig, flerårig vegetasjon som tilfører karbon til jorda mer uforstyrret. Et annet interessant aspekt i rapporten er at store mengder organisk karbon ble registrert under impermeable flater, slik som veier og parkeringsplasser. På bakgrunn av dette mener de at urbane områder er undervurdert som karbonlagre (Edmondson et al., 2012).

# **KLIMASONER OG KARBONRIKE AREALER**

Litteraturstudien har så langt vist at vegetasjon og jord i urbane områder har potensial for karbonlagring. Videre skal det undersøkes hvordan det nordiske klimaet påvirker karbonlagringen i urbane områder. Deretter trekkes arealer i Norge som er viktige karbonlagre fram, samt hvordan byutvidelse og nedbygging kan ha betydning for et klimagassregnskap.



Fig. 20

## KARBONBINDING I ET NORDISK KLIMA

Klimaet er en viktig faktor for hvor mye karbon som lagres over og under bakken. Kunnskapen rundt karbonbinding i urbane områder, og da spesielt i nordisk klima, har så langt vært mangelfull (Lindén et al., 2020).

Setälä et al. har undersøkt hvordan ulike vegetasjonstyper påvirker jordas potensial som karbonlager. Urbane parker i kaldt klima ble studert med Finland som utgangspunkt. Vintergrønne trær, løvfellende trær og gress ble vurdert. Resultatene viser at karbonlagringen i jord er høyere i kalde urbane områder enn i varmere klima. Videre viser studien at jord i urbane grøntarealer også hadde en betydelig kapasitet til å lagre karbon selv uten hyppig vanning og gjødsling. Dette er overraskende da skjøtsel tidligere har indikert å være årsaken til det høye karboninnholdet i urbane parker (Setälä et al., 2016).

Et annet interessant funn fra studien er at karbonkonsentrasjonen var høyere i jord under vintergrønne trær enn løvfellende trær. Vintergrønne trær mister nåler kontinuerlig gjennom året som slutter seg til jorda. Det påvirker karboninnholdet i jorda. Nåler som faller av trærne fjernes heller ikke på samme måte som løv på høsten. Det forklarer hvorfor gamle parker med eviggrønne trær har spesielt høye konsentrasjoner med karbon lagret i jorda (Setälä et al., 2016).

En studie fra Helsinki undersøkte karboninnholdet i urban parkjord i et kaldt klima. Funnene fra studien indikerer at parkjord som har blitt lite forstyrret over 50 år har stort potensial som karbonlager. I følge Lindén et al. kan parkjord til og med ha større kapasitet til å lagre karbon enn skogsjord i Finland (Lindén et al., 2020).

# KARBONLAGRING I ULIKE ØKOSYSTEM OG KLIMASONER

I tropiske områder er evnen til å lagre karbon i biomasse stor fordi fotosyntesen drives gjennom hele året. I Norge er det derimot perioder uten fotosyntese, kalt vinterdvale, som påvirker veksten og dermed størrelsen på biomassen. Det viser seg at nordisk klima har en bedre evne til å lagre karbon i jorda sammenlignet med varmere klima, fordi kaldere klima gjør at nedbrytningen går saktere. Karbonkonsentrasjonen i jorda er dermed høyere i nordlige områder enn i mildere klima lenger sør på kontinentet (Setälä et al., 2016).

Figuren under viser hvor mye organisk karbon som lagres i biomasse og jorda i ulike økosystem og klimasoner. Boreal skog og myr har per areal enhet betydelig større evne til å lagre karbon i jorda enn tropisk og temperert skog. I tillegg lagrer de totalt sett mer karbon selv om tropisk og temperert skog har et større karbonlager i biomassen (WWF, u.å.).

Verdien av naturlige karbonlagre er viktig å ha i bakhodet når naturen bygges ned til fordel for byutvidelse.

## KARBONLAGRING I BIOMASSE OG JORD I ULIKE ØKOSYSTEM OG KLIMASONER

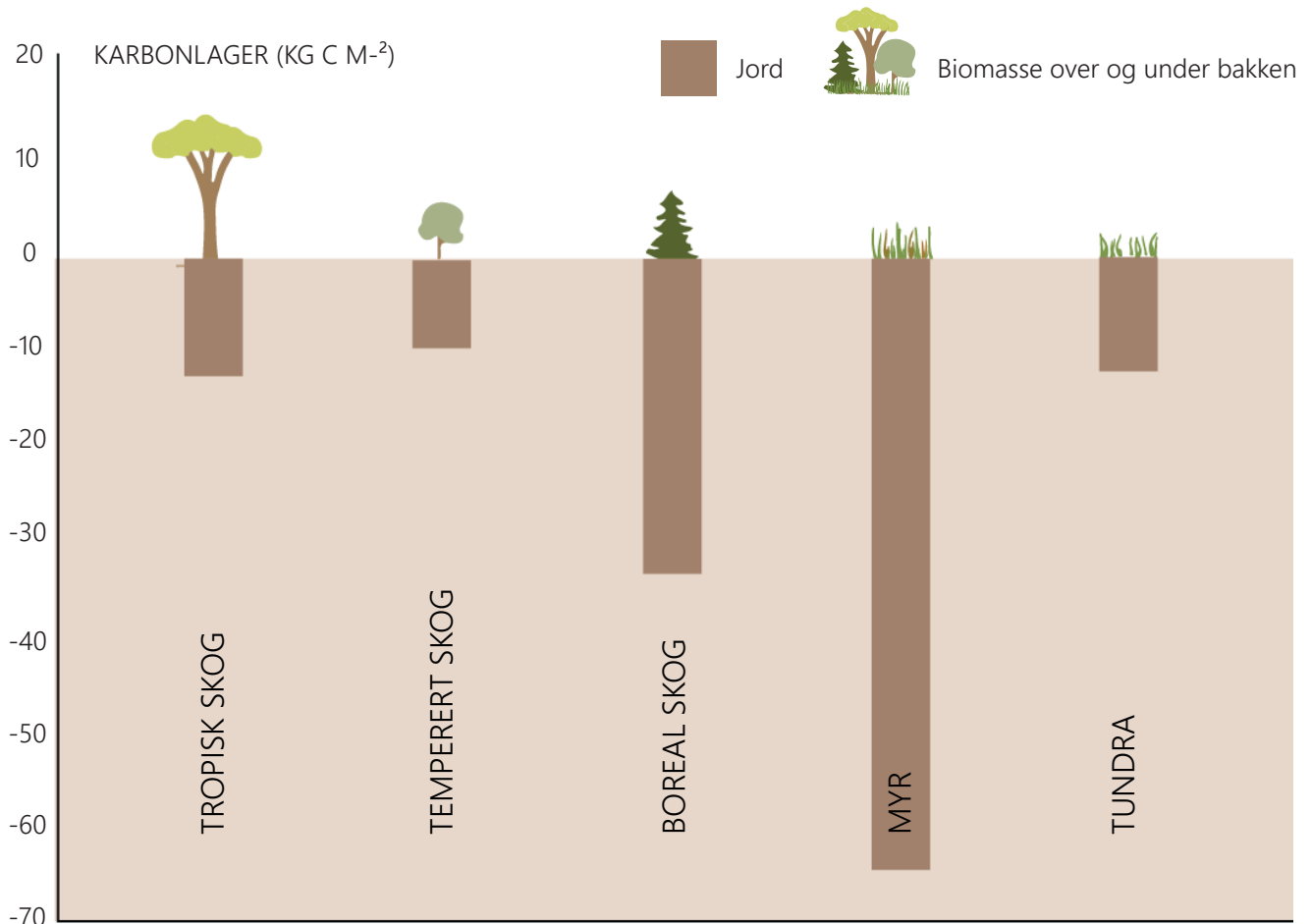


Fig. 21

# KARBONRIKE AREALER I NORGE

I bakgrunnen for oppgaven nevnes blant annet redusert arealforbruk som et viktig tiltak for å få ned klimafotavtrykket. Når byer og tettsteder utvides beslaglegges arealer til fordel for byutvikling. Nedbygging av natur fører til at lagret karbon frigjøres. Graden av utslipp vil variere ut fra naturtypen der inngrepet gjøres. Det kan ta flere hundre til millioner år å bygge opp tilsvarende karbonlagre til områdene det gjøres inngrep i (Lønning, 2019).

## **KARBONLAGRING I NATURLANDSKAP**

Naturlandskap defineres i denne oppgaven som landskap uten vesentlig påvirkning eller endring av mennesker. I naturlandskapet er de økologiske systemene dermed opprettholdt (Bruun, 2020). De største karbonlagrene i det norske naturlandskapet er myr, skog og fjellområder (WWF, u.å.). Gammelskog, eng og myr som har stått urørt i lang tid har et høyere karboninnhold i jorda enn jord som er oppdyrket (Rasse, Økland & Joner, 2019).

## **MYRA**

Den naturtypen som lagrer mest karbon på fastlandet er myr. Først i nyere tid har myras verdi som karbonlager fått oppmerksomhet. 1000 dekar myr kan lagre så mye som 250 000 tonn CO<sub>2</sub>. Til tross for dette ødelegges det i Norge fortsatt rundt 5000 dekar myr årlig til fordel for vei, boligbygging og uttak til plantejord. 5000 dekar tilsvarer ca. 700 fotballbaner (Sabima, u.å.a).

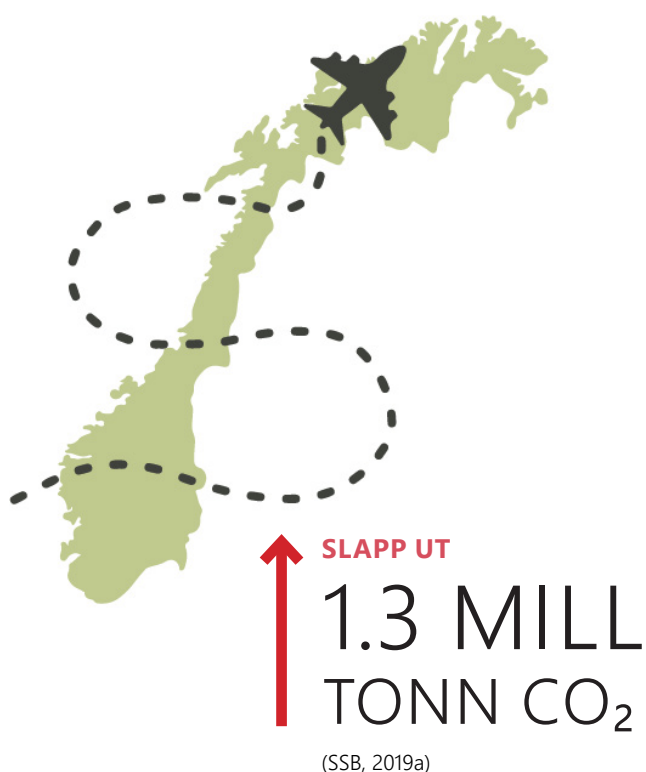
## **SKOGEN**

Skogen fungerer også som et enormt karbonlager (WWF, u.å.). I Norge avskoges omtrent 58 000 dekar hvert år for å gi plass til vei, bolig og jordbruk. I 2015 var utslippene fra avskoging i Norge på 2,6 millioner tonn CO<sub>2</sub>, det dobbelte av utslippene knyttet til innenlands flytrafikk i 2018 (Dalen, 2018).

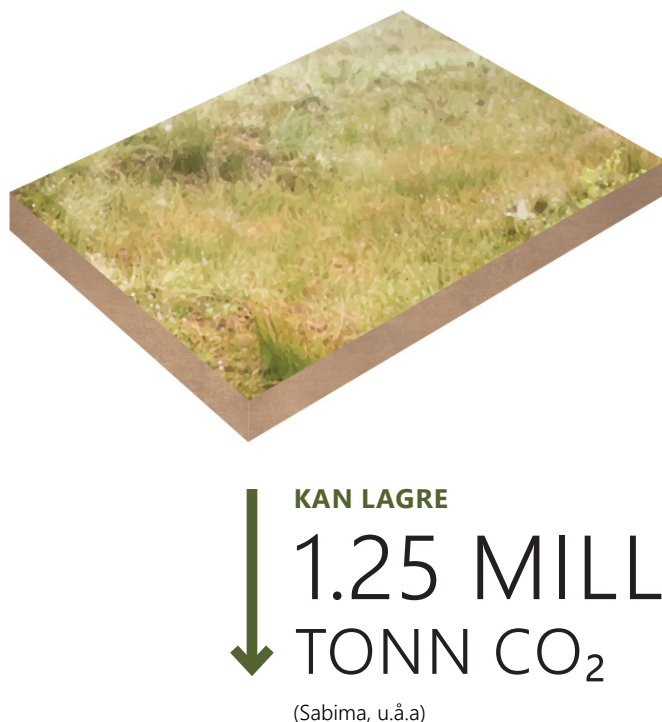


Fig. 22

## INNENRIKS FLYTRAFIKK 2018



## 5000 DEKAR MYR



## TOMTEVALG I KLIMAGASSREGNSKAPET

Karbonrike arealer bør bevares for å sikre de naturlige karbonlagrene og forhindre frigjøring av CO<sub>2</sub>. Figuren over viser at 5000 dekar myr lagrer omtrent like mye karbon som den totale innenlands flytrafikken slapp ut i 2018. Likevel kan byutvidelse og tilhørende utbyggingsprosjekter være nødvendig. Her har landskapsarkitekten som planlegger en påvirkningskraft på prosjektets potensielle klimafotavtrykk.

Konsekvensen av arealendring vil variere ut i fra karbonlageret. Ulike arealer bør derfor

sammenlignes for å finne det alternativet med lavest klimafotavtrykk. Dette krever kartlegging og et bevisst forhold til tomtealternativene. Inkluderes utslipp som konsekvens av å bygge ned natur i klimagassregnskapet vil det gjenspeile det reelle, totale utslippet bedre. I tillegg kan det være enklere å forstå konsekvensene av prosjektets inngrep. For å kunne implementere utslippene etter et naturinngrep i et klimagassregnskap, trengs det gode beregningsverktøy som måler prosjektets totale klimafotavtrykk.

## 2.3

# BEREGNINGSVERKTØY FOR LANDSKAPS- PROSJEKTER

I dag finnes det ingen standardiserte, offisielle beregningsverktøy i Norge som inkluderer vegetasjon og jord i klimagassregnskapet. Likevel finnes det beregningsverktøy som er under utvikling, både internasjonalt og nasjonalt. Verktøyene som presenteres i dette delkapittelet implementerer komponenter som inngår i landskapsprosjekter i regnskapet. Vi ønsker å vurdere om slike verktøy kan være formålstjenlig for landskapsarkitekter der målet er å redusere klimafotavtrykket. Videre trekker vi fram et prosjekt som har brukt et av de følgende beregningsverktøyene i et landskapsprosjekt.



# INTERNASJONALE BEREGNINGSVERKTØY

## **PATHFINDER**

*Beregningsverktøy for landskapsprosjekter. Tilgjengelig på internett gratis.*

Pathfinder er et gratis, nettbasert verktøy utviklet av Climate Positive Design. Verktøyet estimerer klimafotavtrykk og antall år til klimanøytralitet for landskapsprosjekter. Det er prosessene til landskapsprosjektet som beregnes og ikke bygninger. Beregningene inkluderer utslipp og opptak av klimagasser knyttet til materialer, vegetasjon, etablering og skjøtsel. Verktøyet er ment å brukes tidlig i designfasen der ulike valg kan sammenliknes. Datagrunnlaget er basert på litteratur og tilgjengelig data. Det er også mulig å sette inn egne verdier (Climate Positive Design et al., 2020). Resultatet av beregningene gir en oversikt over prosjektets totale utslipp og opptak for en periode på 50 år. Etter at type og mengde vegetasjon, materialer og forventet skjøtsel er ført inn vil verktøyet presentere ulike forslag som kan bidra til å redusere klimafotavtrykket ytterligere. Det er viktig å presisere at verktøyet ikke gir en eksakt klimagassberegning (Climate Positive Design et al., 2020), men det er et anvendelig verktøy der landskapsarkitekter kan gjøre grove klimagassberegninger. Verktøyet fungerer som et kommunikasjonsmiddel i tidlig prosjektfase for å synliggjøre utslipp knyttet til ulike løsninger.

## **I-TREE ECO**

*Beregningsverktøy for trær. Tilgjengelig på internett gratis.*

i-Tree er en fagfellevurdert programvare fra USDA Forest Service. Programvaren er utviklet i USA med utgangspunkt i amerikanske verdier. iTree har blitt brukt i 130 land, også i Norge (USDA Forest Service et al., 2020). Innad i i-Tree finnes det flere verktøy som kan vurdere ulike økosystemtjenester som urbane trær bidrar med. Målet er at de miljømessige fordelene til trær kvantifiseres. Et av verktøyene, i-Tree Eco, ser på karbonopptak og lagring i trær. i-Tree Eco har blitt tilpasset en rekke land, inkludert Norge. Lokale værdata for Norge og noen utvalgte norske byer er derfor lagt inn i modellen. Det øker nøyaktigheten og relevansen for å bruke verktøyet (i-Tree Eco (v6.0), 2021).

Basert på tilgjengelige data kan i-Tree Eco beregne totalt karbonlager og årlig netto karbonopptak til et tre. Beregningen er estimert ut fra treets høyde, høyden til stammen, kronebredde og stammediameter ved brysthøyde. Det er også mulig å inkludere valgfrie faktorer som øker nøyaktigheten, slik som treets tilstand, struktur og romlig kontekst. Verktøyet kan også gjøre tilsvarende beregninger på busker. Resultatene fra i-Tree Eco muliggjør implementeringen av trær og busker i klimagassregnskap for landskapsprosjekter. Dette bidrar til å gi en indikasjon på hvordan vegetasjon påvirker et prosjekt, men det er viktig å ta høyde for usikkerhet og manglende data i beregningene. Blant annet inkluderer i-Tree kun opptak og lagring i biomassen og ikke i jord (i-Tree eco (v6.0), 2021).

# NORSKE BEREGNINGSVERTØY

## **KLIMAGASSREGNSKAP.NO**

*Finnes ikke lenger.*

Klimagassregnskap.no var tidligere et gratis, nettbasert beregningsverktøy utviklet av Statsbygg. Dette verktøyet har blitt kjøpt opp og finnes dermed ikke lenger (Fremtidens Byggenæring, 2017). Intensjonen bak klimagassregnskap.no var at det skulle fungere som et verktøy for kommunikasjon og analyse under planlegging og prosjektering. Den opprinnelige versjonen tok for seg beregninger av et byggeprosjekts klimafotavtrykk med et livsløpsperspektiv på 60 år, der bygget var hovedfokuset i beregningene. I versjon fire, som ble lansert i oktober 2012, ble tomtevalg og uteområder inkludert (FAGUS, 2012).

Innad i "tomtevalg" ble konsekvensen av endret arealdisponering beregnet. Konsekvensen ble sett i sammenheng med opptak og frigjøring av karbon i vegetasjon og jordsmonn. For modulen "uteområder" ble klimagassutslippene til etablering og drift av park inkludert. Omfanget den gangen ble begrenset til etablering og drift av gressarealer, faste og løse dekker. Det var et ønske om at modulen skulle videreutvikles til å inkludere flere elementer i uteområdene (FAGUS, 2012). Det er interessant at arbeidet for å inkludere landskapsprosjekter i klimagassregnskapet var tema allerede i 2012. Det er bakgrunnen for at dette verktøyet trekkes fram her.

## **FUTUREBUILT ZERO-LANDSKAP**

*Under utvikling.*

FutureBuilt utarbeider i samarbeid med Asplan Viak en metodikk og kriterier for utslipp fra landskapsprosjekter. Dette skal bli tilgjengelig allment tilgjengelig (Vadseth, 2022). Sammenlignet med dagens praksis innebærer FutureBuilt ZERO-Landskap at klimagassutslippene skal reduseres med minst 50 % over landskapsprosjektets levetid. De lanserer også en definisjon for plusslandskap som er aktuelt for de prosjektene som ønsker å redusere klimafotavtrykket ytterligere. Her skal karbonbindingen utligne

utslippene som skjer i anleggsfase og drift. Metoden skal også brukes for å sammenligne prosjekter og planlegge landskapsprosjekter med lavt klimafotavtrykk (FutureBuilt, 2022).

## **LANDSKAPLCA**

*Under utvikling.*

Asplan Viak utvikler LandskapLCA, et verktøy som lager klimagassregnskap for landskapsprosjekter. Deres mål er å klimagassberegne uteanlegg på lik linje med bygninger. Verktøyet tar for seg elementene og prosessene rundt etablering av uteanlegg. Verktøyet skal i følge Asplan Viak bidra til et kompetanseløft i bransjen ved å beregne klimafotavtrykket til ulike prosesser og materialer (Asplan Viak, 2021). Vegetasjonens evne til å ta opp CO<sub>2</sub> inkluderes, der et langsiktig mål for Asplan Viak er å utforme uteanlegg som over tid tar opp mer karbon enn utslippet ved etablering, kalt et plusslandskap (Brekkehus, 2021). LandskapLCA bygger på Norsk Standard sin metode for klimagassberegning av bygninger, NS 3720:2018. For CO<sub>2</sub>-opptak i trær og busker bruker de i-Tree Eco sin metode. Beregning av jord er under utvikling, men per nå ikke inkludert på grunn av manglende data og usikkerhet (Yttersian & Chartrand, 2021).

## **NYTTEVERDI**

FutureBuilt ZERO-Landskap sine kriterier kan bli nyttig for landskapsarkitekter i planlegging og utforming av prosjekter med lavt klimafotavtrykk. LandskapLCA vil på sin side synliggjøre utslippene mer direkte i et klimagassregnskap. Selve bruken av verktøyet og beregningen er et eget fagfelt. Likevel kan landskapsarkitekter bruke resultatene fra regnskapet til å vurdere designvalg og argumentere for valgte løsninger. Et fellestrekk ved alle verktøyene er at de synliggjør at landskapsprosjekter har et klimafotavtrykk og bør derfor inkluderes i et klimagassregnskap.

# LANDSKAPSPROSJEKT SOM BEREGNES

## PARADIS (STAVANGER)

*Bruk av LandskapLCA i et landskapsprosjekt.*

I april 2022 leverte Asplan Viak i samarbeid med NMBU og NIBIO parallelloppdraget Paradis i Stavanger. Her har de klimagassberegnet deler av uteanlegget. I følge deres regnskap har de redusert utslippene av CO<sub>2</sub> fra etablering av uteanlegget med 60-80 % sammenlignet med konvensjonelle løsninger. Reduksjonen skyldes bevisste valg knyttet til gjenbruk, transportlengder og materialer med et lavt karbonavtrykk (Asplan Viak, 2022). I sluttrapporten trekker de fram massehåndtering, ombruk, lavutslippsprodukter og biogent opptak av CO<sub>2</sub> i jord

og planter som de viktigste tiltakene for å redusere klimafotavtrykket.

For et delområde har de gjort beregninger som viser prosentvis reduksjon av utslipp sammenlignet med konvensjonelle løsninger:

- Utslippsreduksjon på 83 % ved gjenbruk av eksisterende masser og bruk av lokale jordressurser.
- Utslippsreduksjon på 89 % ved bruk av lavutslippsprodukter, blant annet bark.
- 100 % økt evne til å ta opp karbon med større vegetasjonsvolum og alternativ jordblanding.

Illustrasjonen under viser tiltak Asplan Viak trekker fram for å redusere utslipp og øke opptak i prosjektet. De røde feltene beskriver de konvensjonelle løsningene (Asplan Viak et al., 2022). Utvalget som vises er gjort basert på masteroppavens avgrensning.



Fig. 23

# 2.4

## **BEREGNINGS- EKSEMPEL**

Litteraturstudien har så langt dannet et kunnskapsgrunnlag for betydningen vegetasjon og jord kan ha i et klimagassregnskap. I denne delen vil et prinsipielt beregningseksempel gjennomføres.

# FORMÅL

For å kunne vurdere hvordan klimagassberegning påvirker landskapsarkitektens utforming og valg, ønsker å vi gjennomføre en enkel test og evaluering av et beregningsverktøy. Vi er nysgjerrige på hvilke tall ulik sammensetning av vegetasjon får, samt hvor formålstjenlig verktøyet er for landskapsarkitekter.

# VALGT BEREGNINGSVERKTØY

## PATHFINDER: LANDSCAPE CARBON CALCULATOR

Pathfinder er det beregningsverktøyet vi opplever som anvendelig og nyttig for landskapsarkitekter. I tillegg er det gratis tilgjengelig og forutsetter ikke forkunnskaper innen klimagassberegning. En svakhet ved verktøyet er at det er svært grove vekstsoner for beregning av vegetasjon. Datagrunnlaget er generelt og av varierende kvalitet. Likevel er formålet med Pathfinder å gi en indikasjon på hvor utslipp

og opptak er i et landskapsprosjekt, og hvordan klimafotavtrykk kan reduseres ytterligere. Det er også mest egnet for tidlig prosjektering, der ulike valg kan sammenliknes med hverandre. På bakgrunn av dette mener vi Pathfinder egner seg til oppgavens beregningseksempel, der formålet primært er å teste og evaluere et beregningsverktøy.

# FREMGANGSMÅTE FOR BEREGNING

Beregningseksempelen avgrenses til å fokusere på vegetasjon. For en nærmere forklaring av hva Pathfinder inkluderer og hva datagrunnlaget for vegetasjon er basert på, se Vedlegg 2. I beregningseksempelen tar vi utgangspunkt i trær, busker og plen. Flerårige planter har de samme verdiene som plen som ikke klippes og vil derfor ikke inkluderes. Våtmark ser vi bort ifra, fordi Pathfinder selv sier at datagrunnlaget er svakt. Jord er ikke inkludert i Pathfinder. Materialer vil heller ikke inkluderes i beregningseksempelen, da det

ikke er relevant for masteroppgavens avgrensning. Vi velger den nordlige vekstsonen for å gjøre verdiene gjeldende i et nordisk klima. Beregningen vil gjennomføres prinsipielt og struktureres på følgende måte: Først presenterer vi verdiene som Pathfinder gir til enkelte trær og busker. For gress vil ulik grad av skjøtsel vises for en overflate på 10 m<sup>2</sup>. Deretter tester vi ulike scenarier for å se hvordan ulike sammensetninger av trær, busker og gress påvirker klimafotavtrykket. Til slutt evaluerer vi scenariene og bruken av Pathfinder.



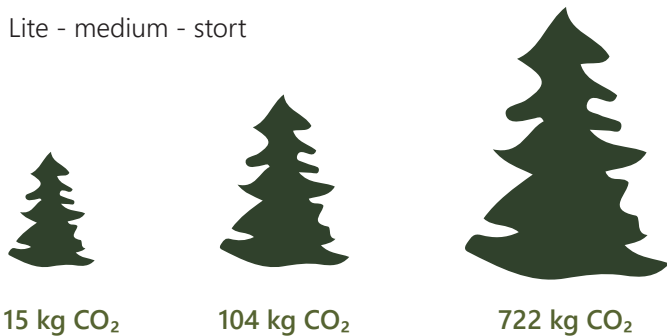
# TALL PÅ UTVALGT VEGETASJON

De utvalgte vegetasjonstypene som brukes i beregningseksempelet.

Tallene viser klimafotavtrykket over 50 år. **Røde tall** indikerer utslipp og **grønne tall** opptak.

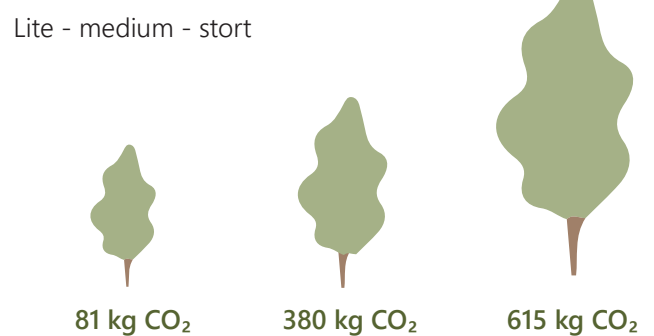
## EVIGGRØNT TRE

Lite - medium - stort



## LØVFELLEDE TRE

Lite - medium - stort



## EVIGGRØNN BUSK

Lite - medium - stort



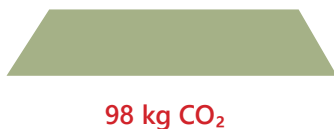
## LØVFELLEDE BUSK

Lite - medium - stort

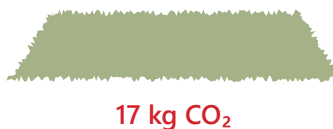


## 10 m<sup>2</sup> GRESSPLEN

Intensiv skjøtsel  
Hyppig bruk av kunstgjødsel og vanning



Ekstensiv skjøtsel  
Kun organisk gjødsel, ingen vanning



Ingen klipping  
Kun organisk gjødsel, ingen vanning



## 10 m<sup>2</sup> MATERIALER TIL SAMMENLIGNING

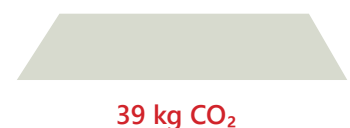
Asfalt  
Kjøresterk, 75 mm dybde



Tredekke



Stabilisert grus  
50 mm dybde



Se Vedlegg 3 for datagrunnlag til verdiene.

# EVALUERING AV VEGETASJONSVERDIENE

I Pathfinder er kategoriseringen av vegetasjon grov. Det skilles mellom eviggrønn og løvfellende vegetasjon inndelt i tre størrelser. Når verdiene for CO<sub>2</sub>-opptak sammenlignes med hverandre kan det stilles spørsmål til hva som ligger til grunn for verdisetningen. Store, løvfellende trær binder i følge Pathfinder mindre CO<sub>2</sub> over 50 år enn store, eviggrønne trær. For trær i medium og liten størrelse er verdisetningen motsatt, der eviggrønne trær binder betydelig mindre enn løvfellende.

Ved sammenligning av busker er det vanskelig å finne en logisk forklaring på verdiene. En stor, løvfellende busk tar opp nesten ti ganger mer CO<sub>2</sub> enn en tilsvarende eviggrønn busk. I veilederen fra Climate Positive Design (2020) skal opptaket til busker tilsvare verdien til et lite tre dividert på tallet tre (se Vedlegg 2). For verdiene til buskene sammenfaller dette for eviggrønne busker, men ikke løvfellende. Veilederen er to år gammel, så det kan det ha skjedd en oppdatering i programvaren. Verdiene til buskene halveres med størrelsen, noe som antas å være en forenkling i verktøyet.

I delkapittelet "karbonbinding i vegetasjon" (s. 40) vises det til Erik Lind sin masteroppgave der han undersøkte karbonbinding i ulike treslag (Lind, 2020). Tallene fra Lind sin oppgave og Pathfinder baserer seg på forskjellige datagrunnlag, men begge ser på karbonbinding over 50 år og er derfor sammenlignbare. Et stort eviggrønt tre i Pathfinder tar opp 722 kg CO<sub>2</sub>, mens *Pinus sylvestris* (Stockholm) fra Lind sin studie viser et opptak på 983 kg CO<sub>2</sub>. Disse tallene sammenfaller relativt godt. Videre tar et stort løvfellende tre i Pathfinder opp 625 kg CO<sub>2</sub>, mens Lind viser til et opptak på 4047 kg CO<sub>2</sub> hos *Quercus rubra* og 5758 kg CO<sub>2</sub> hos *Salix alba*. Her er avvikene ganske store. Forklaringen på dette kan være at ulike arter har forskjellig veksthastighet, størrelse og evne til å binde CO<sub>2</sub>. Forenklingen Pathfinder gjør ved at arter ikke inkluderes kan derfor i noen sammenhenger svekke eller styrke potensialet vegetasjon har for opptak. Oppsummert vil datagrunnlaget som ligger til grunn ha stor betydning for resultatet vegetasjon får i et klimagassregnskap.

## VIDEREFØRING TIL SCENARIER

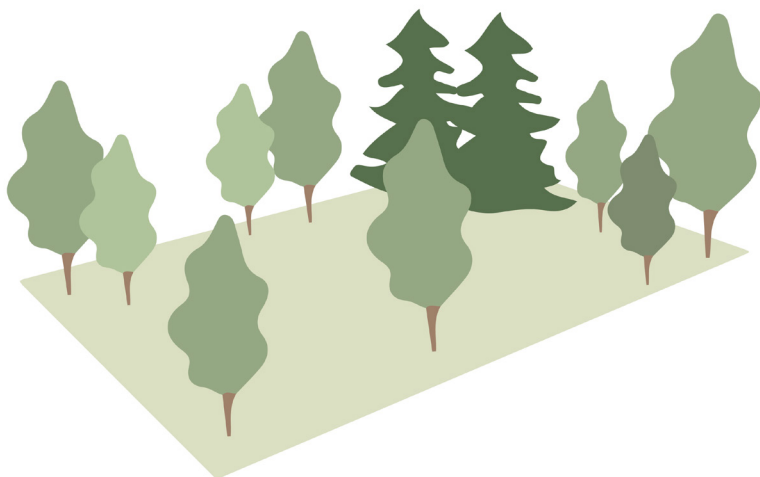
En videreføring av vegetasjonsverdier til scenarier er gjort med intensjon om å se hvordan ulikt vegetasjonsvolum og sammensetning vil påvirke klimagassregnskapet. Arealet på scenariene er satt til 1000 m<sup>2</sup> og tilsvarer omtrent 80 parkeringsplasser. Størrelsen kan tilsvare et reelt grøntareal.

Videre fremstilles scenariene diagrammatisk og vil ikke ha utforming som premiss. Likevel vil vi undersøke om det estetiske uttrykket endrer seg i de ulike scenariene.

# BEREGNING AV TRE SCENARIER

Se Vedlegg 3 for datagrunnlag til verdiene.

## SCENARIO 1



1000 m <sup>2</sup> plen (intensiv):	9.802 kg CO <sub>2</sub>
0 m <sup>2</sup> busker (miks):	0 kg CO <sub>2</sub>
5 løvfallende, store trær:	3.108 kg CO <sub>2</sub>
4 løvfallende, små trær:	322 kg CO <sub>2</sub>
2 eviggrønne, store trær:	1.430 kg CO <sub>2</sub>
0 eviggrønne, små trær:	0 kg CO <sub>2</sub>

**Total score:** **4.942 kg CO<sub>2</sub>**

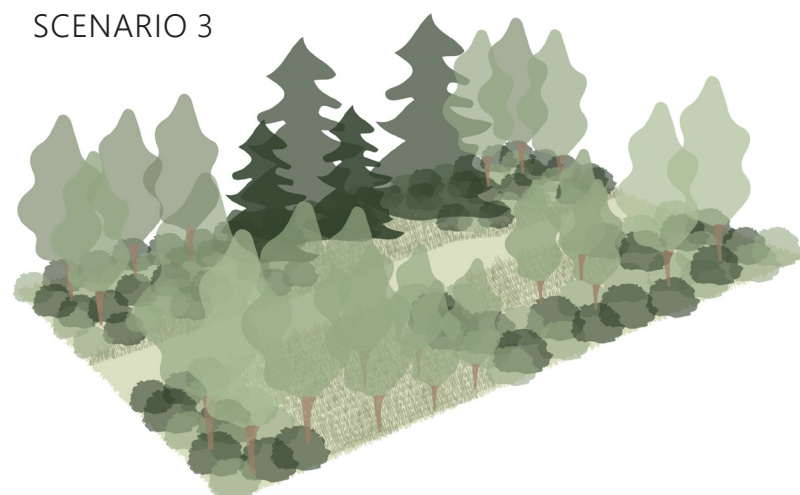
## SCENARIO 2



700 m <sup>2</sup> plen (ekstensiv):	1.213 kg CO <sub>2</sub>
300 m <sup>2</sup> busker (miks):	7.043 kg CO <sub>2</sub>
8 løvfallende, store trær:	5.000 kg CO <sub>2</sub>
4 løvfallende, små trær:	322 kg CO <sub>2</sub>
2 eviggrønne, store trær:	1.430 kg CO <sub>2</sub>
2 eviggrønne, små trær:	31 kg CO <sub>2</sub>

**Total score:** **12.613 kg CO<sub>2</sub>**

## SCENARIO 3



200 m <sup>2</sup> plen (intensiv):	1.960 kg CO <sub>2</sub>
300 m <sup>2</sup> plen (u/klipp):	11.910 kg CO <sub>2</sub>
500 m <sup>2</sup> busker (miks):	11.781 kg CO <sub>2</sub>
14 løvfallende, store trær:	8.729 kg CO <sub>2</sub>
6 løvfallende, små trær:	482 kg CO <sub>2</sub>
2 eviggrønne, store trær:	1.430 kg CO <sub>2</sub>
2 eviggrønne, små trær:	31 kg CO <sub>2</sub>

**Total score:** **32.402 kg CO<sub>2</sub>**



# EVALUERING AV SCENARIER

Som forventet ville scenariene ha store variasjoner i klimagassregnskapene basert på mengde biomasse og skjøtselsgrad på plen.

Pathfinder foreslår en automatisk miks av busker i størrelse og type ved valg av buskfelt. Denne miksen er valgt i scenariene (se Vedlegg 3). Det er bemerkelsesverdig hvor mye CO<sub>2</sub> buskfeltene i beregningseksemplene tar opp, fordi verdiene til buskene enkeltvis var såpass lave. På bakgrunn av dette antok vi at busker ikke ville ha stor betydning for karbonopptaket.

1000 m<sup>2</sup> plen med intensiv skjøtsel i scenario 1 har et tilsvarende utslipp som opptaket hos 14 store løvfellende trær over samme periode. Dette indikerer at andel areal satt av til plen med hyppig klipping vil ha betydning for regnskapet. For å undersøke dette nærmere reduserte vi arealet til intensiv plen i scenario 2 og 3. Det ble enten ersatt med buskfelt eller mindre intensivt skjøttet plen. Som regnskapene viser endret det utslippene fra scenariene betydelig.

Busker kan være en måte å erstatte plenareal på, så dette var noe vi ønsket å teste for å se hvilket utslag det ville gi. I scenario 2 og 3 er det derfor satt av arealer til buskfelt med økende størrelse. Disse arealene kommer ut med et tilsvarende høyt opptak sammenlignet med scenario 1. Hvorvidt forholdet mellom plen og buskfelt kan endres i et reelt landskapsprosjekt vil selvfølgelig avhenge av hvilken funksjon landskapsprosjektet skal ha.

Scenario 3 viser at totalt antall trær har et relativt likt opptak som 300 m<sup>2</sup> med plen som ikke klippes og 500 m<sup>2</sup> buskfelt. Det kan bety at det er gunstig å kombinere ulike vegetasjonstyper for å optimalisere karbonopptaket per arealenhet.

Scenariene viser tendenser til at estetikken forandrer seg i sammenheng med at opptak økes og utslipp reduseres. Hvordan vegetasjonsvolumene økes og settes sammen har en betydning for utforming og det estetiske uttrykket. Særlig scenario 3 kan oppleves som mer variert, romdannende og gi en estetisk følelse av natur. Scenario 1 er på den andre siden mer ensformig og minner i større grad om en tradisjonell, funksjonalistisk bypark.

I scenario 1 er det et netto utslipp på nesten 5000 kg CO<sub>2</sub> etter 50 år, som betyr at opptaket i vegetasjonen aldri vil overstige utslippene i landskapsprosjektet. Det er fordi det årlige utslippet knyttet til skjøtsel alltid vil være større enn opptaket, selv om vegetasjonen vil binde mer for hvert vekstår. I scenario 2 og 3 er det derimot et netto opptak på henholdsvis 12 600 og 32 400 kg CO<sub>2</sub>. Det er ikke lagt til poster knyttet til skjøtsel utover plenklipping i beregningseksemplene. Derfor er det ikke gitt at landskapsprosjektet ville kommet ut på plussiden etter en helhetlig klimagassberegning. Likevel indikerer resultatene at andel biomasse vil ha betydning for landskapsprosjektets evne til å gjøre opp for utslipp knyttet til etablering og skjøtsel.

# EVALUERING AV PATHFINDER

Med forenklinger og usikkerhet knyttet til datagrunnlaget kan en spørre seg om Pathfinder har nok forankring i virkeligheten og hvor representative verdiene er. Verdiene alene bør derfor ikke være førende for utforming og valg. Vi har erfart at Pathfinder er et verktøy som synliggjør hvordan vegetasjon kan kompensere

for utslipp i et landskapsprosjekt. Verktøyet ville vært mer formålstjenlig dersom flere komponenter i et landskapsprosjekt hadde blitt inkludert. Oppsummerende fungerer Pathfinder som et verktøy som kommuniserer at valg av materialer, vegetasjon og skjøtsel har en innvirkning på klimafotavtrykket til et landskapsprosjekt.



## DEL 3

# STRATEGIER

Del 3 er oppgavens hoveddel og er et svar på hvordan urbane landskapsprosjekter kan utformes for redusert klimafotavtrykk. Strategiene bygger på funn og vurderinger fra litteraturstudien og beregningseksempelen. Innledningsvis vil overgangen fra tall til strategier diskuteres. Deretter vil strategier med tilhørende tiltak presenteres. Hvorvidt strategiene påvirker estetikken til et urbant landskapsprosjekt vil gjennomgås.

# FRA BEREGNING TIL STRATEGIER

## **KLIMAGASSREGNSKAP: ET EGET FAGFELT**

Livsløpsanalyse og klimagassregnskap er et eget fagfelt. Utvikling av beregningsmetoden er derfor ikke en jobb for landskapsarkitekter. Likevel er det nyttig for landskapsarkitekter å ha kjennskap til klimafotavtrykket for å kunne argumentere for klimagassreducerende løsninger. En annen fordel med å utarbeide klimagassregnskap til et prosjekt er at det gir et utgangspunkt som kan forbedres. Selv om beregningene ikke er helt nøyaktige kan det brukes for å veie alternativer opp mot hverandre. Motivasjonen for å gjøre prosjektet mer bærekraftig og redusere klimafotavtrykket blir større, fordi tiltakenes effekt blir mer synlig. I tillegg gir regnskapet en oversikt over hvor utslippene ligger. Da blir det enklere å gjøre effektive tiltak, fordi hver enkelt post med tilhørende utslipp identifiseres. Her vil bruk av miljødeklarasjoner (EPDer) til materialer, planter og jord også forhindre syning rundt hvilke alternativer som gir minst miljøpåvirkning. Ved at biogent opptak inkluderes kan det bidra til at grøntarealer generelt prioriteres i større grad i urbane landskapsprosjekter.

## **TALLENES USIKKERHET OG KOMPLEKSITET**

Det er utfordrende å vite hvorvidt klimagassberegning kan representere det reelle utslippet. Kvaliteten på datamaterialet som anvendes kan variere, særlig basert på hvilke ledd som er inkludert i en livsløpsanalyse. Tallfesting av utslipp avhenger også av hvor målbart hvert ledd er. Å se på et enkelt tre alene, beregne karboninnholdet i biomassen og se bort fra røtter, jord og skjøtsel vil ikke gi en korrekt gjenspeiling av det totale klimafotavtrykket treet har i et landskapsprosjekt. Litteraturstudien har vist at kunnskapshull og mangelfulle data er en utfordring for å gjøre gode beregninger på vegetasjon og jord. På grunn av lite utviklet og tilgjengelig datagrunnlag skal masteroppgavens hoveddel ikke gå videre med klimagassberegning.

## **LITTERATURENS KLARE TENDENSER**

Til tross for at det er manglende kunnskap rundt klimagassberegning på vegetasjon og jord har litteraturstudien vist tendenser til hvordan landskapsarkitekter kan øke opptak og redusere utslipp av CO<sub>2</sub>. Byutvidelse og annen nedbygging fører til at karbonrike arealer bygges ned. Kartlegging før tomtevalg og bevaring av natur kan føre til at utslipp reduseres. Videre vil vegetasjon i urbane områder ha potensiale for karbonbinding. Det gjenspeilet seg i beregningseksempelet også, der økt biomasse per arealenheter indikerte større opptak. Jorda er et lite utforsket, men viktig karbonlager. Derfor blir det ikke riktig å ekskludere jorda når det er snakk om klimafotavtrykket til landskapsprosjekter. For vegetasjon som dør eller felles vil karbonet som har blitt tatt opp gjennom livsløpet frigjøres. For å lagre karbonet lengst mulig bør tiltak som forsinker frigjøringen gjennomføres. Den siste tendensen som trekkes fram er klimagassutslipp knyttet til skjøtsel. I likhet med bygg har landskapsprosjekter utslipp knyttet til etablering. I tillegg vil skjøtsel medføre utslipp gjennom landskapsprosjektets brukstid.

Tendensene kan knyttes opp mot planlegging og utforming av urbane landskapsprosjekter for å redusere klimafotavtrykket. Masteroppgavens hoveddel skal derfor utarbeide strategier basert på disse tendensene. Videre er det interessant å undersøke om utforming basert på strategiene vil ha en følgeeffekt på estetikken. Før dette kan vurderes må begrepet "estetikk" redegjøres.

Estetikk er primært en filosofisk disiplin som fra 1800-tallet har drøftet og utforsket kunsten og naturens skjønnhet. I dag brukes estetikk også om formgivning generelt, slik som arkitektur og landskapsarkitektur (Grøtvedt, 2020). Estetikk er knyttet til våre sanselige opplevelser av for eksempel

et sted eller et landskap. Kvaliteten på estetikken til et landskapsprosjekt har et subjektivt aspekt, da den oppleves gjennom sanser og følelser. Den estetiske opplevelsen av et landskapsprosjekt kan påvirkes av verdier, omgivelser, naturgrunnlag, historisk utvikling, bruk og kontekst. God estetisk kvalitet har egenskaper og kjennetegn til det som oppleves som vakkert og verdifullt. Begrepet kan derfor brukes for å objektivt klassifisere i grupper, perioder eller stilretninger. Dette bygger på kollektive synspunkt rundt hva god estetik er, fordi omgivelsene kan brukes og erfares på en felles måte. I tillegg kan det være individuelle oppfatninger av god estetik med utgangspunkt i personlig bakgrunn og erfaringer (Byggeskikknøkkel, u.å).

### **ØKOLOGISK ESTETIKK**

Litteraturstudiets funn kan overføres til økologiske prinsipper. Det blir da relevant å undersøke retninger som kobler estetik og økologi tettere sammen når de fysiske omgivelsene skal utformes. En oppfatning av økologisk estetik er når skjønnhet kan forenes med økologiske kvaliteter og funksjoner. Den sanselige opplevelsen av et sted skjer samtidig som de økologiske kvalitetene bedømmes, og danner grunnlaget for den estetiske vurderingen. Det gjør at naturens kompleksitet, diversitet og mangfoldighet vekker en nysgjerrighet hos mennesker for å forstå og utforske de økologiske prosessene (Lee-Hsueh, 2018).

Begrepet "økologisk estetik" har blitt diskutert mye i nyere tid der tendenser som økologiske sammenhenger og biologisk mangfold i byene har fått større oppmerksomhet (SNL, 2005-2007). Simon Swaffield (2002) mener at økologisk estetik som en kunnskapsorientert tilnærming kan være nyttig for landskapsarkitekter. I formgivingen vil det gi en bedre forståelse av det som analyseres i et prosjekt og gi et bedre argumentasjonsgrunnlag for økologiske

hensyn. Med stadig strengere krav til økologiske hensyn i landskapsarkitekturen sammenfaller dette godt. Likevel kan det være utfordrende å forsvare de økologiske hensynene der interessen for det formmessige veier betydelig tyngre (Grasbekk, 2013). Louise A. Mazingo (1997) mener landskapsarkitekter ofte er uenige om hvorvidt kunst eller økologi skal hensyntas. Noen mener at økologisk estetik fører til at de økologiske hensynene begrenser den kunstneriske friheten i prosjekter. Andre landskapsarkitekter ser derimot på landskapsarkitektur som utformingen av komplekse systemer der landskapsøkologi og andre vitenskaper skal legges til grunn (Spirn, 2001). Meningen om hva økologisk estetik fører med seg er med andre ord forskjellig (Grasbekk, 2013). For våre strategier blir Swaffield sin tilnærming aktuell, fordi litteraturstudiets tendenser bygger på økologiske prinsipper. Dette legges derfor til grunn når tiltakenes effekt på det estetiske uttrykket skal vurderes.

# STRATEGIER FOR KLIMASMART LANDSKAPSARKITEKTUR

Basert på litteraturstudiens tendenser er det utarbeidet fem strategier med tiltak som landskapsarkitekter kan bruke for å redusere klimafotavtrykket. I tillegg til å være forankret i litteraturstudien vil tiltakene suppleres med ny, relevant teori.

Det er verdt å nevne at det er vanskelig å lage universelle tiltak som kan brukes i alle prosjekter. Det vil alltid være ulike utgangspunkt og hensyn i hvert prosjekt, og noen tiltak kan være mer aktuelle enn andre. Derfor må strategier og tiltak tilpasses de stedsspesifikke forholdene. I tillegg varierer det når i prosessen landskapsarkitekten inkluderes og dermed hvor stor påvirkningsmulighet landskapsarkitekten har for klimafotavtrykket (se grafen under).

Et landskapsprosjekt bør sees i en helhet for å optimalisere opptak av CO<sub>2</sub> og redusere utslippene.

Flere av tiltakene henger sammen og påvirker hverandre på grunn av samspillet mellom vegetasjon og jord (Kuittinen et al., 2021b). Dette er viktig å ha i bakhodet når tiltakene skal anvendes, selv om tiltakene er kategorisert separat. På neste side oppsummeres alle hovedstrategiene med tilhørende tiltak. Videre i del 3 vil hvert tiltak utdypes enkeltvis.

Målet med strategiene er å bidra til en bevisstgjøring rundt hvilket potensial vegetasjon og jord kan ha på klimafotavtrykket til et prosjekt. De tilhørende tiltakene skal være konkrete og enkle for en landskapsarkitekt å implementere i planlegging og design. Strategiene er et svar på hvordan utforming av urbane landskapsprosjekter kan redusere klimafotavtrykket. Videre skal det vurderes om det estetiske uttrykket påvirkes av tiltakene.

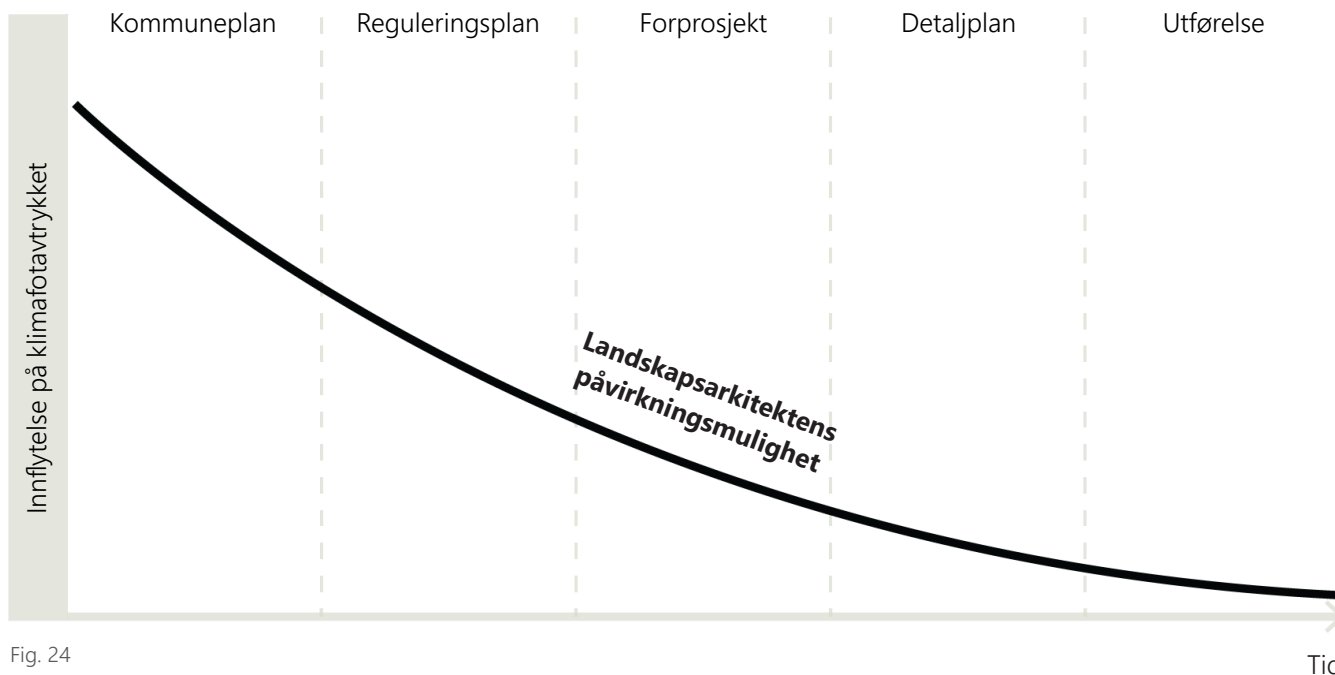


Fig. 24

Grafen over er vår oppfatning av hvordan påvirkningsmuligheten til landskapsarkitekter endrer seg gjennom planprosessene. Landskapsarkitektens innflytelse på klimafotavtrykket vil være størst i tidlig planfase og avta utover.

### **STRATEGI 1: KARTLEGG OG BEVAR EKSISTERENDE KVALITETER**

- 1 Ikke bygge ned verdifulle karbonlagre
- 2 Bevare eksisterende vegetasjon
- 3 Bevare eksisterende jord
- 4 Etterstrebe massebalanse og gjenbruk

### **STRATEGI 2: ØK VEGETASJONSVOLUMET**

- 5 Velge flerårige planter
- 6 Plante flere trær
- 7 Plante i flere sjikt
- 8 Øke plantediversitet

### **STRATEGI 3: GJØR JORDA TIL ET GODT KARBONLAGER**

- 9 Velge torvfrie jordblandinger
- 10 Tilrettelegge for godt jordliv
- 11 Kombinere planter med variert rotsystem

### **STRATEGI 4: FORLENG PLANTENES LIVSLØP**

- 12 Velge rett plante til rett sted
- 13 Forlenge karbonlagring i død vegetasjon

### **STRATEGI 5: REDUSER UTSLIPP KNYTTET TIL SKJØTSEL**

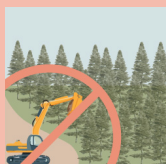
- 14 Skjøtselsreducerende design
- 15 Utslppsreducerende beskrivelse

## STRATEGI 1

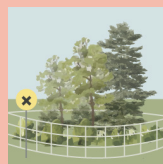
# KARTLEGG OG BEVAR EKSISTERENDE KVALITETER

For å minimere klimafotavtrykket bør det vurderes tidlig hvordan utforming i størst mulig grad kan ta utgangspunkt i det som allerede finnes på stedet. Hvis eksisterende vegetasjon og masser får stå urørt vil det ha en positiv effekt på karbonopptaket og særlig for karbonlagring.

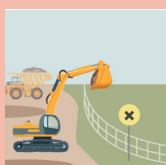
### TILTAK



**IKKE BYGGE NED VERDIFULLE  
KARBONLAGRE**



**BEVARE EKSISTERENDE  
VEGETASJON**



**BEVARE EKSISTERENDE  
JORD**



**ETTERSTREBE MASSEBALANSE  
OG GJENBRUK**





# IKKE BYGGE NED VERDIFULLE KARBONLAGRE

## HVORFOR?

Å bygge ned karbonrike arealer resulterer i store utslipp (Kyrkjeeide et al., 2020). De allerede nedbygde arealene bør derfor utnyttes så godt som mulig. De fleste vedtak om arealdisponeringer gjøres av hver enkelt kommune, noe som betyr at de sitter på et stort ansvar. For å bidra til å sikre at verdifulle karbonlagre ikke bygges ned bør landskapsarkitekter også være med å sette føringer på kommune- og reguleringsplannivå.

## HVORDAN?

- Ved eventuell utbygging bør de mest karbonrike arealene bevares. Derfor bør ulike tomter vurderes opp mot hverandre og sammenligne potensielt utslipp ved ulike alternativer.
- Et mål om netto null tap av natur (arealnøytralitet) bør komme inn som et krav i kommuneplanen (Sabima, u.å.b). Det er allerede kommuner som går i front for å få til dette. I 2019 ble Flakstad kommune i Lofoten den første kommunen som vedtok at de skulle være en arealnøytral kommune. Nordre Follo landet i august 2021 et

politisk vedtak om å bli en arealnøytral kommune (Fadnes, 2022).

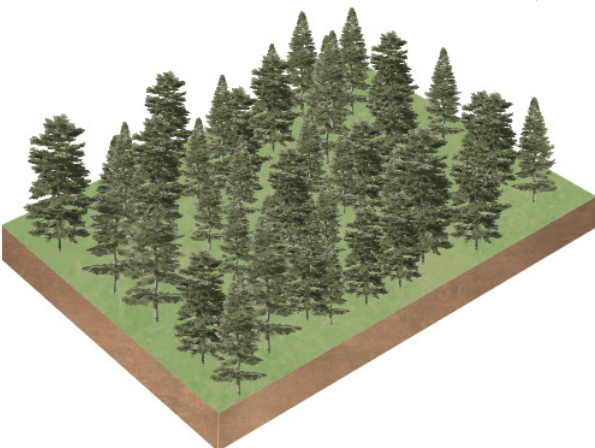
- Som en del av arealplanen bør det føres arealregnskap. Dette kan bidra til å gi en oversikt over arealbruken og overvåke endring i arealbruken over tid. Arealregnskap kan være et verktøy for å nå arealnøytralitet ved at det setter fokus på hvordan bebygd areal kan utnyttes bedre (Fadnes, 2022; Viken fylkeskommune, 2022).
- Fortetting og transformasjon av allerede utbygde areal bør brukes som strategi i arealplanleggingen for å unngå å bygge ned verdifulle karbonlagre (Miljødirektoratet et al., 2020; Sabima, u.å.b). Miljøorganisasjonen Sabima mener dette er et av de viktigste tiltakene for å skåne naturen (Sabima, u.å.b).
- Kommunen bør avsette naturområder i planområdet som skal få stå i fred. I tillegg bør det legges til rette for at trær blir stående (Miljødirektoratet et al., 2020).

## 10 DEKAR GRANSKOG I NORDMARKA

(Brekke, 2017)

ÅRLIG OPPTAK

13 TONN CO<sub>2</sub> ↓



## GJENNOMSNIITTLIG BIL I NORGE

(Brekke, 2017)

ÅRLIG UTSLIPP

2,2 TONN CO<sub>2</sub> ↑





## BEVARE EKSISTERENDE VEGETASJON

### HVORFOR?

Etter trær når sin klimaksfase vil netto opptak av karbon hvert år bli mindre sammenlignet med tidligere. Likevel vil eldre trær fortsette å ta opp mer karbon enn de slipper ut. Den totale karbonmengden i økosystemet vil øke over tid, noe som gjør at eldre trær er viktige for karbonlagring (Kyrkjeeide et al., 2020). I følge landskapsarkitekt Reed og botaniker Stibolt (2018) er eldre trær sikre karbonlagre. Derfor kan et tiltak være å beholde de trærne som er på tomte så lenge det er mulig for å ivareta opptak og lagring av karbon (Søgaard & Bjørkelo, 2018).

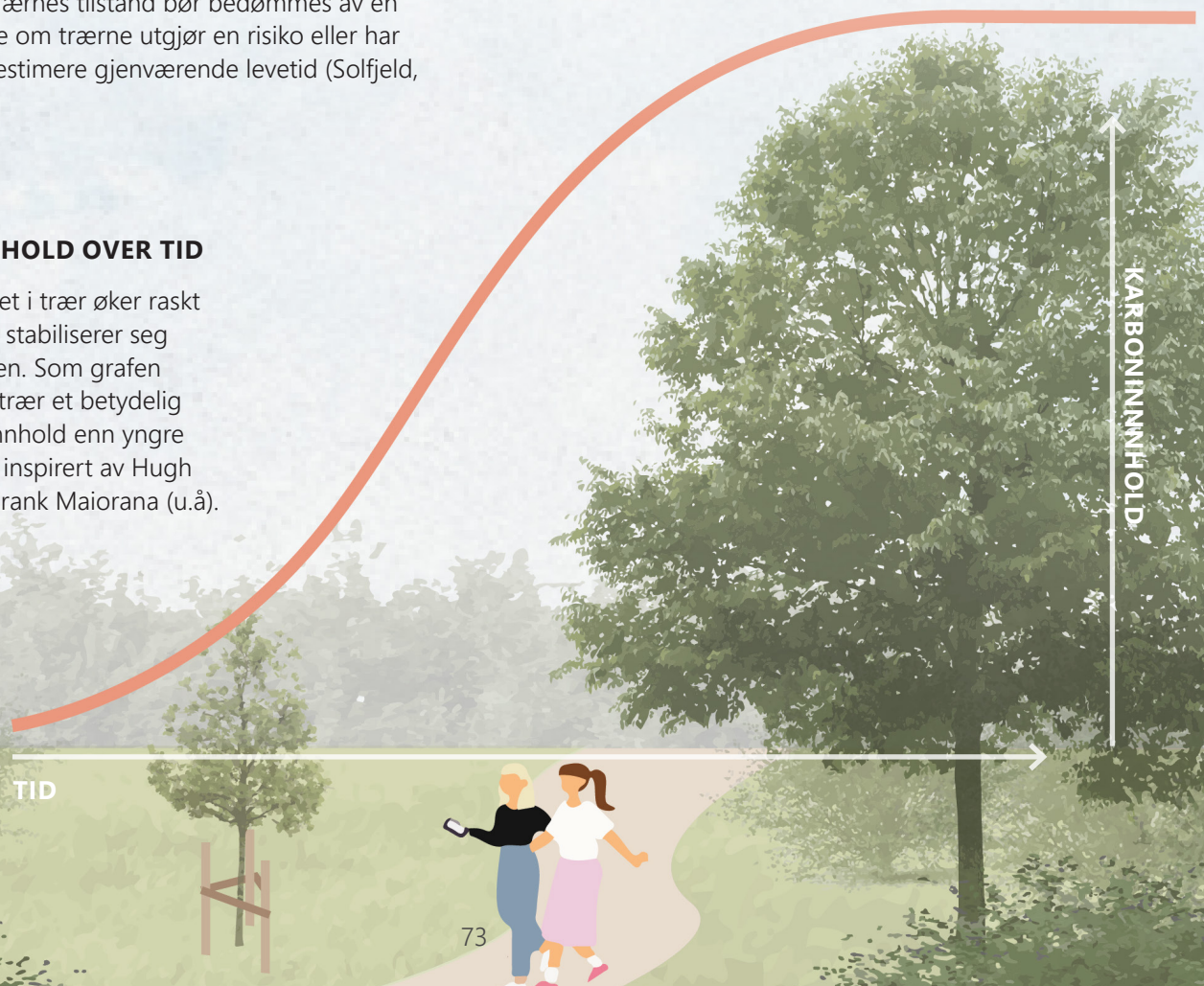
Generelt bør det etterstrebes å utnytte de ressursene som allerede finnes på stedet. Den eksisterende vegetasjonen bør vurderes og bevares om mulig, fordi det gir mindre behov for ny vegetasjon og utslipp knyttet til produksjon, transport, etablering og utskifting av planter. Alle trær vil ikke være egnet for bevaring. Trærnes tilstand bør bedømmes av en arborist for å se om trærne utgjør en risiko eller har sykdom, samt estimere gjenværende levetid (Solfjeld, 2017).

### KARBONINNHOLD OVER TID

Karboninnholdet i trær øker raskt i vekstfasen og stabiliserer seg ved klimaksfasen. Som grafen viser har eldre trær et betydelig større karboninnhold enn yngre trær. Grafen er inspirert av Hugh McMaster og Frank Maiorana (u.å).

### HVORDAN?

- Bevaring av trær bør planlegges så tidlig som mulig, fordi tidspunktet bevaringen bestemmes er avgjørende for resultatet. Det er sjeldent tilstrekkelig at det iverksettes i byggefasen (Solfjeld, 2017). Allerede i reguleringsplanen bør eksisterende vegetasjon sikres. Reguleringsplanen er et juridisk grunnlag som angir bruk, vern og utforming av arealer og fysiske omgivelser (Statens vegvesen, 2016).
- Det er nødvendig med gode beskrivelser og tilhørende rigg- og marksikringsplan som ivaretar enkeltrær og vegetasjonsfelt. Da sikres tilstrekkelig og riktig areal. Ved eventuelle skader og brudd bør det være sanksjoner, som for eksempel bøter (Statens vegvesen, 2016; Solfjeld, 2017).





## BEVARE EKSISTERENDE JORD

### HVORFOR?

Når et prosjektområde har blitt regulert vil elementene som skal inngå i planen være definert. Videre i prosessen skal bygningsvolum og infrastruktur plasseres i prosjektområdet. Siden det antas at 80 % av karbonet lagres i jorda (Kyrkjeeide et al., 2020) bør det undersøkes om eksisterende jord kan bevares. Ved å forstyrre, grave og komprimere jorda vil karbonet som er bundet frigjøres til atmosfæren. En god jordstruktur med rikt jordliv tar også lang tid å bygge opp. Derfor vil det være vesentlig å vurdere jordkvalitet, jordliv og potensiell karbonbinding tidlig i et byggeprosjekt.

Bevarte arealer kan settes av som grøntarealer der ny beplantning kan øke karbontilførsel og stimulere jordlivet. En slik tankegang kan også føre til mindre unødvendig graving og tilførsel av ny jord, som reduserer de fossile utslippene knyttet til transport og etablering. Jorda er likevel ikke nødvendigvis alltid problemfri ressurs. For eksempel kan den inneholde invasive arter, være forurenset, dårlig drenert eller ha utfordrende vekstforhold som gjør det vanskelig å øke biomassen. Det vil derfor være en vurderingssak om jordarealet bør bevares eller ei.

### HVORDAN?

- Vurder designgrepet. Hvilke arealer skjer inngrepet i og er det verdifulle jordarealer som berøres?
- Kartlegg jordsmonnet. Det kan gjøres ved jordprøver eller fysiske observasjoner av beplantning. Er det god vekst, ulike arter og etablert vegetasjon kan det indikere et karboninnhold i jorda som bør bevares. En god marksikringsplan må tegnes og planen må følges i praksis.
- Skal jordarealer bevares med tanke på karbonbinding må komprimering og mekaniske forstyrrelser forhindres.





## ETTERSTREBE MASSE- BALANSE OG GJENBRUK

### HVORFOR?

For å minimere klimabelastningen bør det planlegges og designes slik at inngrepet blir minst mulig i et prosjekt. God terrengtilpassning fører til mindre graving og mindre inngrep. På tomta bør et mål være å sikre mest mulig massebalanse ved å minimere andel masser som tilføres og eksporteres ut. Dette vil redusere utslipp knyttet til gravearbeid, transport og flytting av masser, både av toppmasser og undergrunnsmasser (Berg et al., 2017). Dette tiltaket fokuserer på toppmasser. Undergrunnsmasser er løsmasser med lite organisk materiale og vil derfor ikke vektlegges i tiltaket.

Det øverste laget av massene er det som defineres som toppmasser. Dette er masser som kan egne seg for gjenbruk i form av vekstjord eller til naturlig revevegetering. Toppmassene har ofte et høyt moldinnhold bestående av frø og organisk materiale. Om kvaliteten er god kan toppmassene være en viktig ressurs for god plantevekst (Statens vegvesen, 2016; Evjen et al., 2021). Ved å bruke lokale masser er det også mindre sannsynlighet for spredning av uønskede arter og sykdommer. Derfor kan lokale toppmasser være gunstig for at vegetasjonen vil trives og stå seg over tid.

### HVORDAN?

- Massebalanse bør etterstrebes på både plannivå og under selve utførelsen (Berg et al., 2017).
- For å redusere tilførsel av nye masser til området kan overskuddsmasser fra tomta gjenbrukes. Disse massene kan anvendes innenfor prosjektområdet eller i nærliggende prosjekter (Viken fylkeskommune, 2021). I reguleringen bør massenes kvalitet, mengde og videre bruk kartlegges og dokumenteres (Statens vegvesen, 2016).
- Gjenbruk av toppmasser krever ofte at det settes av areal til mellomlagring, helst på tomta eller i kort avstand fra prosjektområdet. Massene bør da holdes unna andre masser for å hindre forurensing eller infisering av fremmede arter (Statens vegvesen, 2016). Allerede i kommunedelplanen bør arealene for mellomlagring kartlegges og videre arealfestes i reguleringsplanen (Statens vegvesen, 2016).



MELLOMLAGRE  
TOPPMASSER

## STRATEGI 2

# ØK VEGETASJONS- VOLUMET

Pamela Conrad er en amerikansk landskapsarkitekt som jobber med klimapositiv landskapsarkitektur. Når hun får spørsmål om hvilke planter som vil maksimere karbonopptaket har hun erfart at det ikke nødvendigvis er spesifikke arter som bør være hovedfokuset. Det handler først og fremst om å øke volumet av vegetasjon (Conrad, 2022). I tillegg vil det å designe økosystemer med større biodiversitet øke potensialet for karbonlagring i jord (Mulcu et al., 2014). Tiltakene til denne strategien bør derfor sees i sammenheng og kombineres for optimal karbonbinding.

### TILTAK



**VELGE FLERÅRIGE PLANTER**



**PLANTE FLERE TRÆR**



**PLANTE I FLERE SJKT**



**ØKE PLANTEDIVERSITET**



## VELGE FLERÅRIGE PLANTER

### HVORFOR?

Flerårige planter er et viktig prinsipp for at grøntanlegg skal kunne stå seg over tid. Slike planter lever tre år eller mer (Aarnes, 2020). I motsetning til flerårige planter må ettårige planter, slik som sommerblomster, ryddes bort mot slutten av vekstsesongen og på våren plantes på nytt. I noen situasjoner kan plantene skiftes ut opp til tre ganger i vekstsesongen, da det skal være ulike prydblomster om våren, sommeren og høsten (Hovind, 2020b). Denne prosessen krever mer ressurser og større klimagassutslipp enn å plante flerårige stauder, busker eller trær. Ved å plante flerårige arter får plantene også tid til å utvikle rotsystem (Lønning, 2017) og tilføre jorda karbon sesong etter sesong. Jorda forstyrres mindre, fordi årlig planting og fjerning av sesongbasert vegetasjon unngås. Det vil resultere i bedre karbonbinding, i tillegg til at jordstruktur og jordlivet skånes (Reed & Stibolt, 2018).

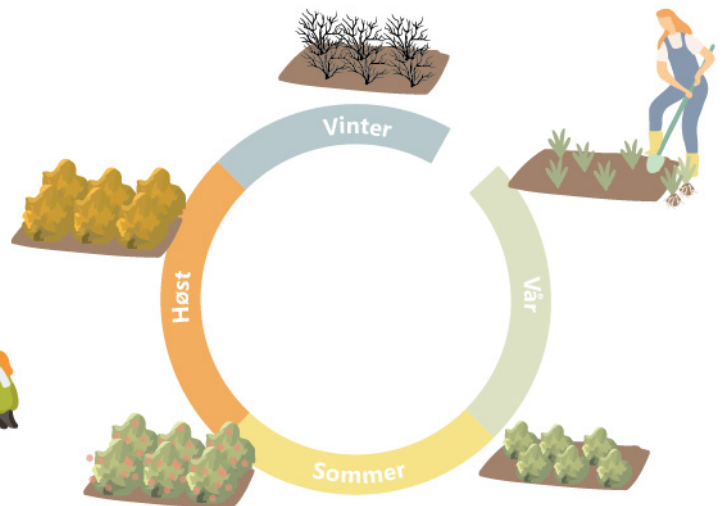
### HVORDAN?

- Erstatt eller reduser ettårige og sesongbaserte plantefelt i designgrepet og funksjonsbeskrivelsen.
- Sett sammen trær, busker og flerårige stauder med prydderdi til ulik tid på året for å erstatte sesongbaserte plantefelt.
- Prioriter stauder som lever i mer enn tre år. Behovet blir da mindre for å skifte ut plantene.
- Stauder kan brukes til å etablere flerårig eng og krever vanligvis lite skjøtsel. Fordelen med å plante eng er at det rike arts mangfoldet gir et variert rotsystem (Reed & Stibolt, 2018) og stimulerer karbontilførselen positivt.

### VEKSTSESONG MED ETTÅRIG BEPLANTNING



### VEKSTSESONG MED BUSKER I PLANTEFELT



Som illustrasjonene viser kan et sesongbasert plantefelt skifte ut plantene opptil tre ganger i vekstsesongen. Om vinteren står plantebedet tomt. For plantefeltet med busker plantes de ut om våren, vokser gjennom sesongen og står gjennom vinteren.



## PLANTE FLERE TRÆR

### HVORFOR?

Trær har det høyeste karboninnholdet sammenlignet med andre vegetasjonstyper (McPherson, 1999; Conti & Diaz, 2013). For å få størst karbonbinding i et landskapsprosjekt bør det generelt plantes trær som er hurtigvoksende, langtlivende og blir store (Lind, 2020). Store trær krever ofte større mengder jord og det fører til at mer karbon kan lagres i jordsmonnet. For løvfallende og eviggrønne trær er det nedfall fra trekronen som kan øke karbonmengden i jorda dersom dette brytes ned på stedet (Conti & Días, 2013). Rotsystemet til trær holder også godt på jorda som er bra for karbonlagringen.

### HVORDAN?

- Plant trær i grupper med redusert planteavstand.
- Intensjonen med Miyawaki-metoden er å maksimere antall trær på et område. Det innebærer at trær plantes tett (3 trær/m<sup>2</sup>) og i miks med stedeegne arter som vokser naturlig sammen. Effekten bak dette er komplekse, tett beplantede økosystemer. I følge Urban Forests

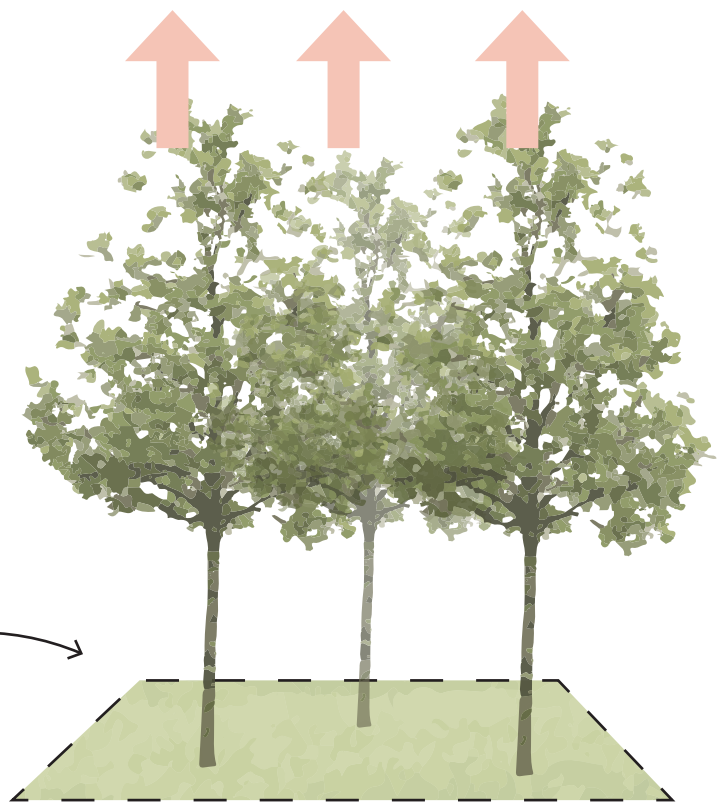
fører dette til en 10 ganger raskere plantevekst (Urban Forests, u.å.). I Nederland har denne metoden vært utgangspunktet for utformingen av over 100 'Tiny Forest' (Bruns et al., 2019; (IVN Natuureducatie, u.å.). Universitetet i Wageningen har studert disse prosjektene og oppdaget at 200 m<sup>2</sup> med 'Tiny Forest' kunne binde 127,5 kg CO<sub>2</sub>/år og øke til 250 kg CO<sub>2</sub>/år ettersom plantefeltene vokser (IVN Natuureducatie, u.å.).

- På kommunenivå kan det settes mål om å øke treplantingen. For eksempel har Oslo kommune satt seg mål om å plante 100 000 trær fram mot 2030. Det skal bidra til å sikre areal for fremtidens bytrær i eksisterende og nye prosjekter (Oslo kommune, 2021).

### MIYAWAKI-METODEN: 3 TRÆR/m<sup>2</sup>



PLAN



PERSPEKTIV



## PLANTE I FLERE SJIKT

### HVORFOR?

For å maksimere karbonbindingen til et område bør det plantes mer komplekse, flersjiktete systemer som inkluderer trær, busker og stauder. På denne måten blir det mer biomasse i flere høyder. Det vil med andre ord ikke være den beste strategien å plante kun store trær som vokser raskt dersom det er mulig og hensiktsmessig å inkludere busker og stauder under trærne (Lynn, 2020). Flersjiktet beplantning øker også arts mangfoldet til plantefeltet, fordi ulike vegetasjonstyper og arter kombineres. Dette har god effekt på karbonbinding i jorda. I tillegg viser det seg at flersjiktete plantesamfunn krever mindre vedlikehold, fordi vegetasjonen dekker godt og raskt (Bjelland, 2022). Det kan være hensyn som gjør det utfordrende å plante flersjikt, slik som sikt i trafikkerte områder, utsikt og viktige siktlinjer.

### HVORDAN

- Plant trær, busker, stauder og andre vegetasjonstyper i plantefelt. Velg planter med ulik høyde slik at alle sjikt fylles.
- Ha en balanse mellom store og mindre planter innad i de ulike sjiktene.
- Flersjiktet beplantning er et godt utgangspunkt for å skape økosystemer og habitater for dyr, insekter og sopp, som vil påvirke tilførselen av karbon positivt. Derfor må gode plantesystemer komponeres ved å velge plantearter som trives godt sammen. Er det usikkerhet rundt hvordan slike systemer bør bygges opp kan plantevitere og botanikere kobles på.

Vegetasjonssjiktene defineres ut fra Universitetet i Oslo sin beskrivelse (UiO, 2018):

#### Tresjikt

Treaktig vegetasjon over 2 meter.

#### Busksjikt

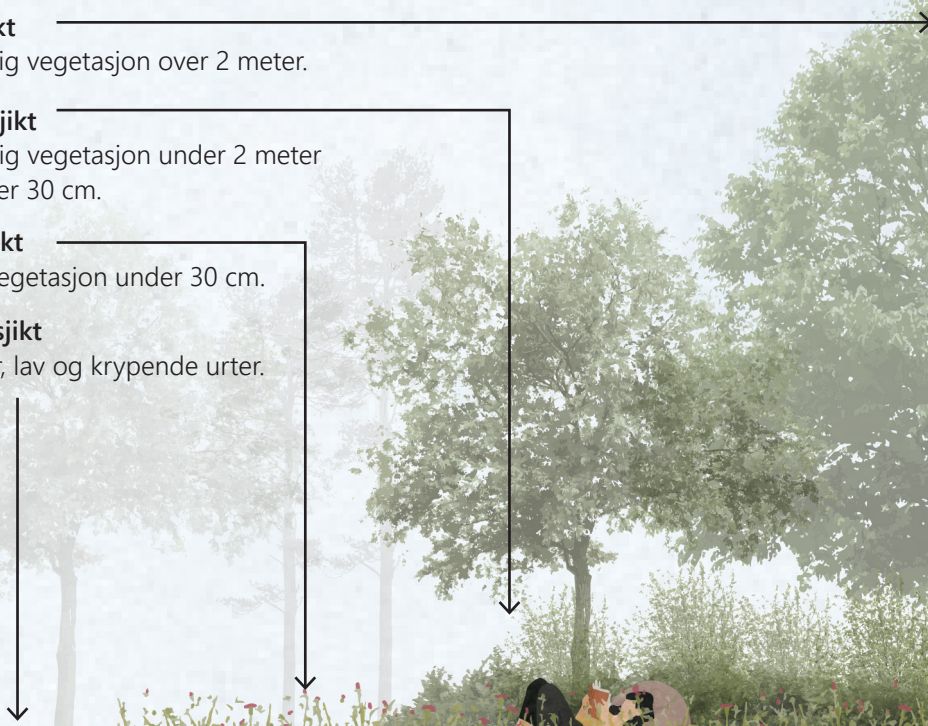
Treaktig vegetasjon under 2 meter og over 30 cm.

#### Feltsjikt

Høy vegetasjon under 30 cm.

#### Bunnsjikt

Moser, lav og krypende urter.







## ØKE PLANTEDIVERSITET

### HVORFOR?

Plantediversitet og -funksjonalitet påvirker økosystemets evne til å binde karbon. En økning av dette viser seg å bedre karbonopptaket (Milcu et al., 2014). Plantediversitet er antall ulike arter i et gitt plantesystem (Díaz & Cabido, 2001). En større plantefunksjonalitet (Eng.: *Plant functional diversity*) innebærer at økosystemet har arter med varierte egenskaper og oppgaver. Det kan for eksempel være ulik bladstørrelse, plantehøyde, rottybde og når på året planten blomstrer, reproducerer seg eller mister bladene (Díaz & Cabido, 2001; Petchey & Gaston, 2006). Fordelen ved å plante ulike arter er at plantesystemet blir mer robust. Hvis det for eksempel kun plantes få treslag som karakteristisk binder mye karbon blir systemet sårbart. Det kan komme sykdommer eller skadedyr som reduserer plantevekst, fører til misdannelser eller i verste fall dreper trærne. Almesyke er et norsk eksempel på dette, der trærne visner og dør fordi almesykesoppen blokkerer vanntransporten i trærne (Fjellstad, 2021).

### HVORDAN?

- Når plantevalg skal tas bør det velges arter med ulik funksjonalitet. For eksempel varierte høyder, rottybde og bladstørrelser.
- Øk antall arter i plantefeltet.
- Inkluder trær og planter som har ulik veksthastighet. Karbonopptaket vil da gå raskere og vare over lenger tid. For eksempel trær som vokser raskt binder ofte karbon forttere, mens artene som vokser sakte lever ofte lenger og sikrer karbonlagring over tid (Reed & Stibolt, 2018).

### VARIERT VEGETASJON I FLERE SJIKT

### MONOTON VEGETASJON I FÅ SJIKT

Mangel på plantediversitet  
gjør systemet sårbart

Monoton beplantning  
reduserer karbonlagring  
både over og under bakken

## STRATEGI 3

# GJØR JORDA TIL ET GODT KARBONLAGER

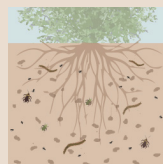
Litteraturstudien har vist at jord er et særlig viktig karbonlager i et nordisk klima. Forholdene i jorda må være gode for at karbonet skal lagres lengst mulig. Målet med denne strategien er derfor å trekke fram hvilke elementer som gjør jorda til et godt karbonlager. I tiltakene vil landskapsarkitekter primært påvirke via beskrivelse av vekstjord og plantesammensetning. For å sikre at tiltakene prioriteres og gjennomføres både under planlegging og i driftsfasen er godt samarbeid med fagfolk og anleggsgartnere en suksessfaktor.

Samspillet mellom vegetasjon og jord er alltid til stede. Flere av tiltakene i strategi 2 vil dermed bidra til økt karbontilførsel til jorda.

### TILTAK



**VELGE TORVFRIE  
JORDBLANDINGER**



**TILRETTELEGGE FOR  
GODT JORDLIV**



**KOMBINERE PLANTER MED  
VARIERT ROTSYSTEM**

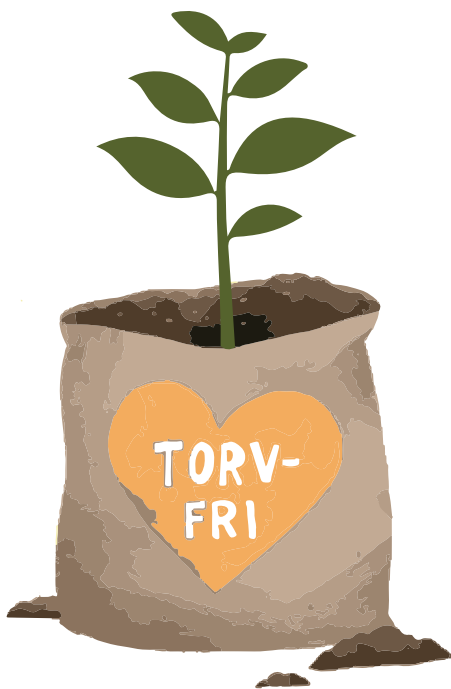


## VELGE TORVFRIE JORDBLANDINGER

### HVORFOR?

Myr er gode karbonlagre og uttak av torv for å produsere plantejord medfører store utslipp. Derfor må dagens konvensjonelle, torvbaserte jordblandinger erstattes med alternativer som vil redusere klimabelastningen. Kompost, gjenbruk av avfall, biokull og trefiber er eksempler på dette (Lillesund et al., 2018; Hansen, 2022; Skeie, 2022).

For å øke karboninnholdet i jorda kan biokull tilføres. Det karbonrike, stabile kullet oppstår ved pyrolyse, som er oppvarming av biomasse ved høye temperaturer og lite oksygentilførsel. Biokull kan eksempelvis lages av overskuddsmateriale fra grøntarealene. Dette fungerer som et klimatiltak fordi det løser et avfallsproblem og øker jordas karboninnhold. Biokull fungerer også som gjødsel for jorda, holder på store mengder vann, forbedrer jordstrukturen, gir økt mikrobiell aktivitet og rotvekst. Biokull kan med andre ord være en god erstatning til torv i vekstjord (Lillesund et al., 2018).

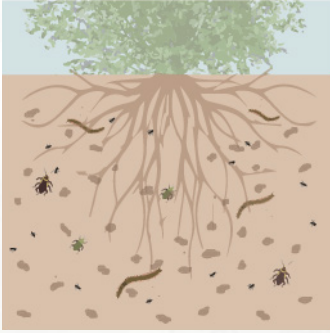


Kompost kan også brukes som erstatningsmateriale for torv. Selv om kompostering av hage- og matavfall har utslipp knyttet til produksjonen vil det være et alternativ med lavere utslipp enn torv. Kompost har også vist å øke karboninnholdet i jorda hvis det tilføres over en lengre periode (Lillesund et al., 2018).

I Norge rives det over 20 000 bygg hvert år (SSB, 2019b). Sirkulære jordblandinger er et begrep utviklet av Asplan Viak (Skeie, 2022). Det er et tiltak som gjør avfall til en ressurs. Det kan være med på å redusere sløsing av ressurser i byggebransjen og behovet for jordblandinger laget på torv. Knust teglstein er et eksempel på avfall som kan egne seg i jordblandinger. Tegl har opphav i leire og gir en stor overflate for mikroorganismer og for næring. Det gir også porer og god struktur i jorda (Hansen, 2022; Skeie, 2022).

### HVORDAN?

- Velg og beskriv torvfrie eller torvreduserte jordblandinger. Stadig flere kjeder og frittstående utsalgssteder selger dette, eksempelvis Hageland, Felleskjøpet og Grønn vekst (Sabima, u.å.c).
- Kartlegg og undersøk muligheten for å benytte avfallsmaterialer til sirkulære jordblandinger.
- Velg kompostjord som et torvfritt alternativ.
- Tilfør biokull i jorda. Dette har blitt testet i Stockholm der biokull ble produsert av planteavfall fra byens parker og hager. Dette resulterte til at bytrærne blomstret i større grad enn før. Etter suksessen i Stockholm har bytrær i Trondheim og Oslo blitt plantet i biokull. Sandnes kommune etablerte i 2017 et anlegg som produserer biokull fra kommunens parkavfall. Dette biokullet blir anvendt i nye prosjekter i kommunen (NIBIO, 2017a; Benjaminsen, 2019; Norsk biokullnettverk, 2020).



## TILRETTELEGGE FOR GODT JORDLIV

### HVORFOR?

Jordlivet påvirker evnen til å lagre karbon under bakken. En måte å stimulere jordlivet positivt på kan være å tilføre organisk materiale via gjødsel. Mikrolivet i jorda påvirkes langt mer positivt ved bruk av organisk gjødsel og kompost fremfor kunstgjødsel. En studie fra India viste at innholdet av organisk karbon i jorda var større ved bruk av organisk gjødsel fremfor kunstgjødsel (Nakhro & Dkhar, 2010). Siden det ofte er knyttet større utslipp til produksjon av kunstgjødsel, gir det nok et argument for å prioritere organisk gjødsel og kompost. Står valget mellom kompost og organisk gjødsel, bør førstenevnte velges. Det bygger humus og bedrer mikrolivet (Lønning, 2017). Hvis komposten i tillegg har et høyt soppinnhold vil jorda kunne lagre mer karbon. Soppen bidrar til å øke farten på de naturlige omdanningsprosessene som bidrar til å oppnå høyere karbonlagring i jord (Lønning, 2019).

Generelt har kunnskapen rundt bruk av sprøytemidler og hvilken effekt det har på jordlivet over tid vært mangelfull. Det er likevel noen studier som viser at sprøytemidler mest sannsynlig ikke har en særlig positiv effekt på mikrolivet i jorda (Pelosi et al., 2013; Givaudan et al., 2014; Lønning, 2017).

Når jorda bearbeides mekanisk påvirkes det mikrobielle livet og enzymaktiviteten negativt (Zuber & Villamil, 2016). Bearbeiding kan være nødvendig i et grøntareal, særlig ved opparbeiding av nye plantefelt eller for å løsne opp komprimert jord. Samtidig kan grøntarealene planlegges slik at jorda ikke forstyrres

mer enn nødvendig. En annen mekanisk belastning som kan være uheldig er når jorda komprimeres. Selv om bæreevnen styrkes, blir jorda også tettere fordi makroporene i jorda blir færre. Det fører til dårligere infiltrasjon av vann, utveksling av gasser og røttene må bruke mer krefter på å trenge seg gjennom jorda (DeJong-Hughes et al., 2001; Joner, 2019).

### HVORDAN?

- Øk næringstilførselen hvis vegetasjonen vokser og etablerer seg saktere enn forventet.
- Unngå unødvendig forstyrrelser i jorda. Det kan føre til tap av karbon, erosjon og ødelegge livet i jorda (Lønning, 2017).
- Prioriter plantefelt med flerårig vegetasjon og lite utskifting av planter.
- Bruk organisk kompost, gjerne soppdominerende der det er mulig. Samtidig er soppdominert kompost ømfintlig for forstyrrelser og kan dermed være vanskelig å få til (Lønning, 2019).
- Reduser bruk av sprøytemidler. Likevel bør sprøytemidler brukes dersom det er nødvendig for å unngå spredning av plantesykdommer eller liknende (Lønning, 2017).



## KOMBINERE PLANTER MED VARIERT ROTSYSTEM

### HVORFOR?

Et variert rotsystem kan oppnås gjennom et større mangfold av plantearter (Rasse & Bárcena, 2019). Det gir røtter med variert størrelse, tykkelse og dybde i jordprofilen. Når rotsystemet har forskjellige dybder tilføres karbonet til ulike sjikt. I de 20 første cm av toppjorda er innholdet av organisk karbon høyest (Kuittinen et al., 2016). Likevel vil det også være større biologisk aktivitet og bedre forhold for nedbrytning i de øvre jordlagene. Ved å ha vegetasjon med dype røtter vil karbon i dypere lag være mer beskyttet (Schmidt et al., 2011; Rasse & Bárcena, 2019). Røttene holder også jorda på plass, noe som videre forhindrer erosjon og tap av karbon til atmosfæren.

### HVORDAN?

- Velg planter som har varierte rotsystem og kombiner disse i et plantefelt.
- Trær og vegetasjon med vedstruktur bør velges fordi de bidrar til sterk akkumulering av karbon i jorda (Kuittinen et al., 2016). Vedaktige røtter vil også holde godt på jorda.
- I vegetasjonsfelt der ulike arter er plantet sammen kan det bli en knapphet på plass under bakken dersom det er lite jordvolum. For å forhindre at røttene konkurrerer om plassen og svekker plantevekst, bør tilstrekkelig jordvolum prioriteres (Statens vegvesen, 2016).

## STRATEGI 4

# FORLENG PLANTENES LIVSLØP

Plantenes livsløp bør forlenges for å sikre at det organiske karbonet bindes så lenge som mulig. En måte å gjøre dette på er å tilrettelegge for at vegetasjonen trives for å optimalisere levetiden. Planter som står seg over tid vil forhindre sløseri av ressurser og potensielle utslipp siden utskifting av planter unngås. Når en plante omsider dør eller fjernes vil karboninnholdet frigjøres. Det finnes tiltak som forsinker denne prosessen.

### TILTAK



**VELGE RETT PLANTE  
TIL RETT STED**



**FORLENGE KARBONLAGRING I  
DØD VEGETASJON**



## VELGE RETT PLANTE TIL RETT STED

### HVORFOR?

Å velge rett plante til rett sted vil være avgjørende for at plantene skal trives og overleve. Plantene som velges bør være godt tilpasset de lokale vekstforholdene og de forventede klimaendringene. Riktig plantevalg vil redusere behovet for å skifte ut planter som ikke klarer seg (Nowak et al., 2002; Reed & Stibolt, 2018).

I urbane områder kan det være stressfaktorer som hemmer plantevekst og evnen til å overleve, slik som salt, støv, begrenset jordvolum og tørkeperioder. Arter med høy toleranse mot urbane stressfaktorer og forventede klimaendringer bør derfor prioriteres for optimalt karbonopptak (Davies et al., 2011; Sjøgaard & Bjørkelo, 2018).

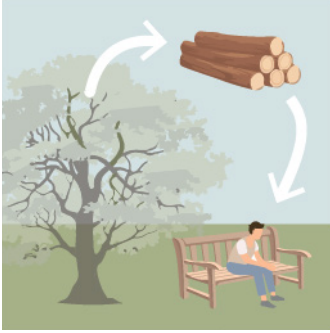
For å sikre arter som trives kan et godt utgangspunkt være norsk, stedegen vegetasjon. Det er viktig å være klar over at planter som er merket som norsk ikke automatisk betyr at de er produsert i Norge. I NS 4400 for planteskolevarer er det krav om at planter skal merkes med produksjonsland. For at Norge skal

angis som produksjonsland må trær ha stått minst tre vekstsesonger i Norge. Busker og stauder må være dyrket minst ett år i Norge. Dette kravet sikrer ikke at planteproduksjonen kun har vært i Norge, da småplanten kan ha blitt kjøpt i utlandet (Standard Norge, 2018). For å minimere utslipp knyttet til transport bør kortreise planter velges. Eliteplanter (E-planter) har hele produksjonsløpet i Norge og 21 planteskoler plassert rundt om i landet. Det sikrer transport fra produsent til mottaker i flere deler av Norge. Lokalproduserte planter vil også egne seg bedre under norske forhold (Eliteplanter Norge, u.å.). Planter med Nyt Norge-merket er en annen måte å sikre norskproduserte planter. Foreløpig er dette mest rettet mot forbrukere og privat sektor (Fjeld, 2020).

### HVORDAN?

- Velg vegetasjon som er tilpasset herdighetssonen, forventet nedbør, solforhold, lokale forhold og jordsmonn.
- Beskriv og bestill planter som har hele produksjonsløpet i Norge. E-planter og planter merket med Nyt Norge er eksempler på dette.





## FORLENGE KARBONLAGRING I DØD VEGETASJON

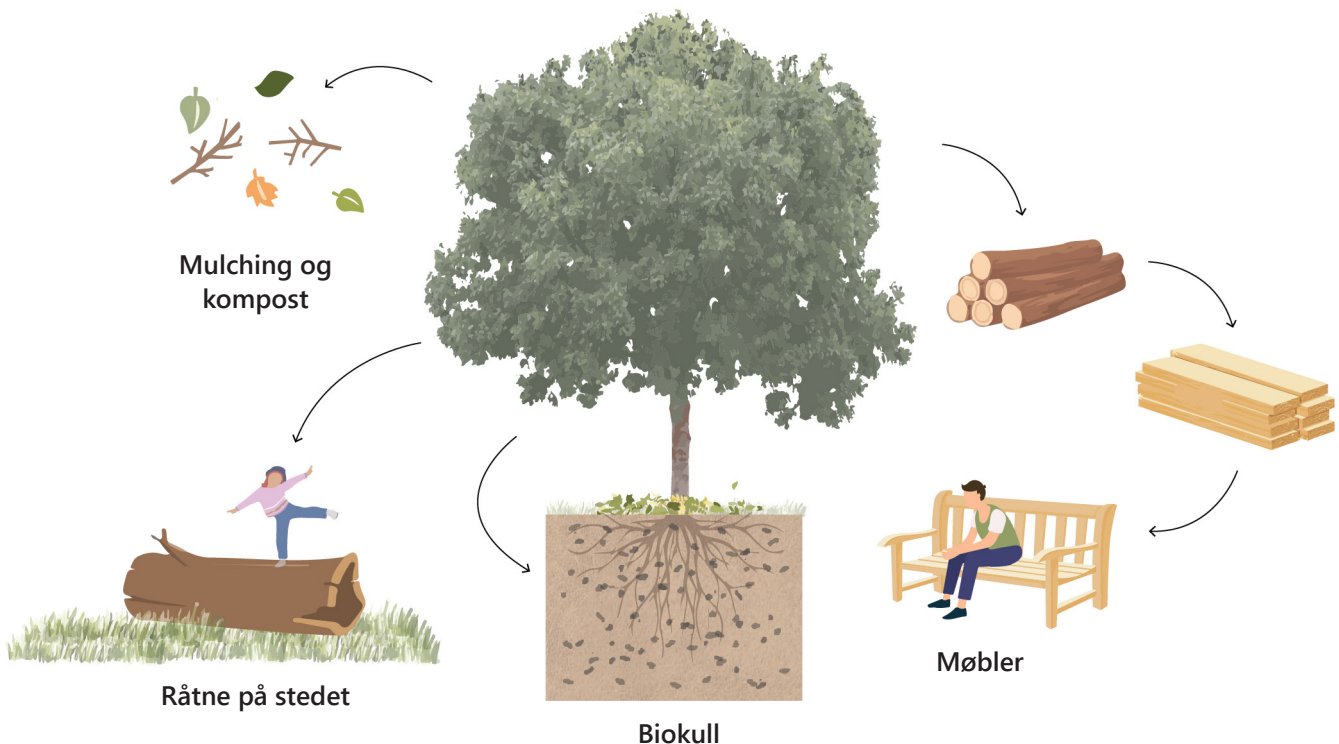
### HVORFOR?

Når en plante dør vil karbonet lagres inntil det frigjøres (Kyrkjeeide et al., 2020). Frigjøring av karbon kan skilles mellom raske og langsomme prosesser. Raske prosesser kan være treflis som brytes raskt ned eller brenning, mens en typisk langsom prosess er når et tre brytes ned på stedet (Nowak et al., 2002). Selv om den totale CO<sub>2</sub> mengden planten tok opp gjennom sitt livsløp på et punkt vil frigjøres, kan det være lurt å planlegge hvordan denne prosessen kan forsinkes (Sandvik, 2008; Norsk landbrukssamvirke, 2019).

### HVORDAN?

- La felte trær og planterester råtne på stedet. I tillegg til å tilføre karbon til jorda aktiviseres mikroorganismene som bidrar til god jordstruktur og bedre karbonlagring (UiO, 2019). Skal det nedbrutte materialet tilføre karbon til jorda må det stå på et vegetert areal.

- Et anbefalt tiltak for de største felte trærne er gjenbruk til treprodukter, slik som byggematerialer og møbler. Dette tiltaket kan fungere som et langsiktig karbonlager (Nowak et al., 2002; Søggaard & Bjørkelo, 2018).
- "Mulching" er en måte å håndtere dødt plantemateriale. Formålet er at organisk materiale brukes som jorddekke rundt planter. Planterestene kan flises opp eller legges rundt plantene i sin opprinnelige form. Ulempen er at denne metoden bidrar til en relativt rask frigjøringsprosess av karbon. Det er ikke etablert et norsk begrep for mulch, men det er brukt i forbindelse med dekke, kompost og strø (UiO, 2019).
- Bruk flis og bark i jordblandinger, som fallunderlag og gangveier.
- Lag biokull, se tiltak 9.
- Bruk NS 3420-ZK til å beskrive håndtering av felte trær under posten "andre krav". Se tiltak 15 for nærmere forklaring av NS 3420-ZK.





## STRATEGI 5

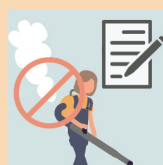
# REDUSER UTSLIPP KNYTTET TIL SKJØTSEL

Skjøtsel av landskapsprosjekter i byer og tettsteder kan føre til større utslipp enn opptaket i vegetasjonen (Gu et al., 2015). Landskapsarkitekter har stor innflytelse på hvilket klimafotavtrykk skjøtselen har. I følge Jorun Hovind påvirkes skjøtselen i stor grad av hvordan landskapsarkitekten designer og beskriver et landskapsprosjekt. Designet har trolig i størrelsesorden 80 % av betydningen for hvor arbeidsintensivt et grøntanlegg blir, mens aktøren som får ansvaret for skjøtselen i praksis kan påvirke ca. 20 %. Intensjonen rundt ønsket estetisk uttrykk, intensitet og utførelse av skjøtsel får også en direkte konsekvens for CO<sub>2</sub>-utslippene. Utforming, plantevalg, valg av maskiner og gjødsel vil ha betydning for klimafotavtrykket både på kort og lang sikt (Hovind, 2022). En forutsetning for å sikre reduksjon av utslipp knyttet til skjøtsel over tid er at det er et tett samarbeid mellom byggherre, planlegger og den som skal forvalte anlegget (Hovind, 2020b).

### TILTAK



#### SKJØTSELSREDUSERENDE DESIGN



#### UTSLIPPSREDUSERENDE BESKRIVELSE



## SKJØTSELSREDUSERENDE DESIGN

### HVORFOR?

Formspråket og uttrykket et landskapsprosjekt har vil være førende for hvordan og hvor ofte det må vedlikeholdes. Her har landskapsarkitekten muligheter til å utforme slik at skjøtselel reduseres. Tre sentrale påvirkningsfaktorer er grad av intensiv skjøtsel, utforming av vegetasjonsfelt og terrengforming.

Et landskapsprosjekt trenger ikke ha like intensiv skjøtsel på hele området. Fordelen ved å lage ulike soner for intensiv og ekstensiv skjøtsel er at det sparer kostnader, bevarer biomasse, gir et variert estetisk uttrykk og reduserer bruk og utslipp fra vedlikeholdsutstyr. De intensive sonene kan plasseres i områder der folk ferdes, ved møteplasser og nær hovedinnganger. I andre deler av landskapsprosjektet kan det være ekstensiv skjøtsel som tillater mindre vedlikehold og et røffere preg (Hovind, 2020b).

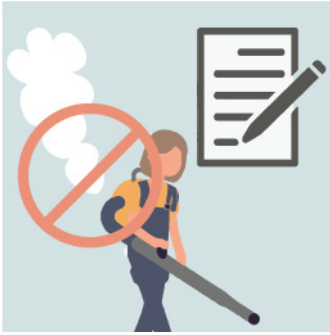
Hvor intensiv skjøtsel som trengs henger sammen med utforming og plantevalg. Generelt bør det utformes sammenhengende plantefelt som krever lite skjøtsel og tillater at vegetasjonen får utvikle seg over tid (Hovind, 2020a). For ny beplantning vil organisk karbon akkumuleres i større grad dersom lite skjøtelskrevende vegetasjonsarealer favoriseres fremfor plenarealer som klippes hyppig (Kuittinen et al., 2016).

Terrengforming er viktig for hvordan grøntarealet vedlikeholdes. Bratte skråninger, koller og forsenkninger gjør det ekstra krevende å klippe effektivt med robotgressklipper eller sitteklipper, og det trengs ofte ekstra trimming med kantklipper eller skyveklipper for å få et velstelt resultat (Hovind, 2020a). Det er derfor viktig å være bevisst på vegetasjonstype og skjøtsel i forhold til terrengforming.

### HVORDAN?

- Velg planteslag som dekker fort for å forhindre ugress (Hovind, 2020b) og sikre raskere karbonbinding over en større flate.
- Prioriter høyt gress eller eng fremfor klipt gressplen der det kan egne seg (Hovind, 2020a).
- For å sikre fremkommelighet og gjøre deler av området mer tilgjengelig, kan det klippes stier i høyt gress (Hovind, 2020a).
- Unngå klippet gress i bratte skråninger eller terrengformer som vil kreve ekstra ressurser og utslipp for å gi et velstelt uttrykk. Bunndekkende stauder og eng vil fungerer godt som et alternativ (Reed & Stibolt, 2018).
- Lag gode overganger mellom gressarealer, fast dekke og plantebed for å sikre effektiv skjøtsel og redusere unødvendige utslipp (Hovind, 2020a).





## UTSLIPPSREDUSERENDE BESKRIVELSE

### HVORFOR?

Bruk av fossilt brensel under etablering og skjøtsel bør minimeres (Nowak et al., 2002). Gode beskrivelser er nødvendig for å redusere utslipp, fordi premisene for skjøtsel og drift legges her. Landskapsarkitekten beskriver intensjon og etableringsskjøtsel, og har derfor en mulighet til å sikre utslippsreduserende beskrivelser.

En intensjonsbeskrivelse innebærer visjoner, hvordan landskapsprosjektet skal fremstå og utvikle seg. Det kan beskrives at intensjonen skal være minst mulig klimafotavtrykk gjennom designgrepet og dermed tillate et naturligt uttrykk i prosjektet.

Norsk standard (NS) 3420-ZK omhandler skjøtsel og drift av park og landskapsområder. Standarden kan legges til grunn for beskrivelse av etableringsskjøtselen som utføres de tre første årene. NS 3420-ZK kan i tillegg brukes for å beskrive skjøtsel av et etablert anlegg. Standarden beskriver hva som

skal skjøttes og kvalitetsklassen det skal ha. Det blir førende for skjøtelsnivået, det estetiske uttrykket, pris og miljøbelastning. Det er i tillegg egne poster som "miljøkrav" og "andre krav" i standarden som kan påvirke utslippet fra skjøtsel. Under "miljøkrav" kan det blant annet spesifiseres alternativer til bruk av mineralgjødning, hvordan organisk restmateriale skal behandles, krav til maskiner eller henvisning til et miljøprogram (Standard Norge, 2019).

### HVORDAN?

- Spesifiser utslippsreduserende tiltak under "miljøkrav" og "andre krav" i NS 3420-ZK.
- Lag intensjonsbeskrivelser som tillater landskapsprosjekter med et mer naturlig uttrykk og ekstensiv skjøtsel.
- Intensiteten til skjøtselen bør reduseres etter at vegetasjon har etablert seg (Gu et al., 2015).
- Beskriv kompostering av plantemateriale og løv i landskapsprosjektet. Komposteringen bør helst gjøres på stedet.

### EKSEMPEL PÅ BESKRIVELSE I NS 3420 ZK Y3.2:

Under "miljøkrav" i en matrise kan det beskrives at kunstgjødning skal erstattes med lokalt avfall som omdannes til næringsrik gjødning. Det organiske materialet kan brukes til jordforbedring eller som næringstilførsel etter etablering.

#### ZK2.7112

#### ETABLERINGSSKJØTSEL AV TRÆR

Areal per år [stk]

**Treplantning:** {Matrise ZK2.7:1}

**Treform:** {Matrise ZK2.7:3}

**Næringsbalanse:** {Matrise ZK2:1}

**Lokalisering:** (NS 3420-1, punkt 5, y5)

**Driftssesong:** (ZK, y3.2)

**Vitenskapelig og norsk navn:**

**Skjøtselstiltak i rotsonen:** (ZK2.71, y5.3)

**Vanntilgang:** (ZK2, y3.3)

**Miljøkrav:** (ZK2, y3.2)

**Andre krav:** (ZK2, y3.4)

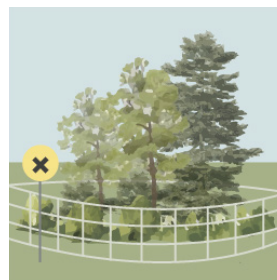


# STRATEGI 1

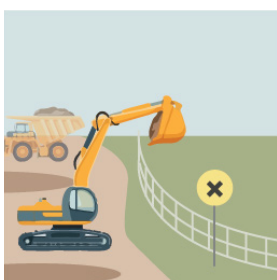
KARTLEGG OG BEVAR EKSISTERENDE KVALITETER



1 | IKKE BYGGE NED  
VERDIFULLE KARBONLAGRE



2 | BEVARE EKSISTERENDE  
VEGETASJON



3 | BEVARE EKSISTERENDE JORD



4 | ETTERSTREBE MASSEBALANSE  
OG GJENBRUK

# STRATEGI 2

ØK VEGETASJONSVOLUMET



5 | VELGE FLERÅRIGE  
PLANTER



6 | PLANTE FLERE TRÆR



7 | PLANTE I FLERE  
SIJKT



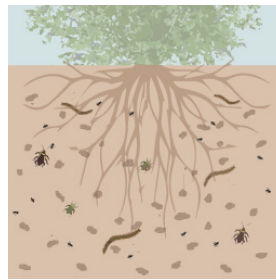
8 | ØKE  
PLANTEDIVERSITET

## STRATEGI 3

GJØR JORDA TIL ET GODT KARBONLAGER



9 | VELGE TORVFRIE  
JORDBLANDINGER



10 | TILRETTELEGG FOR  
GODT JORDLIV



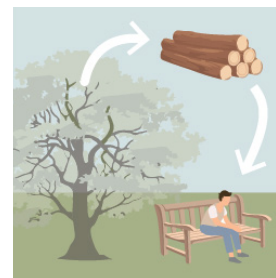
11 | KOMBINERE  
PLANTER MED VARIERT  
ROTSYSTEM

## STRATEGI 4

FORLENG PLANTENES LIVSLØP



12 | VELGE RETT  
PLANTE TIL RETT STED



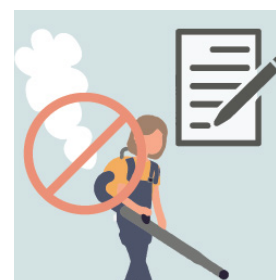
13 | FORLENGE  
KARBONLAGRING I  
DØD VEGETASJON

## STRATEGI 5

REDUSER UTSLIPP KNYTTET TIL SKJØTSEL



14 | SKJØTSELSREDUSERENDE  
DESIGN



15 | UTSLIPPSREDUSERENDE  
BESKRIVELSE

# STRATEGIENES AKTUELLE PLANFASER

Grafen under er vår tolkning av når strategiene er mest aktuelle i de ulike planfasene. Dette settes i sammenheng med landskapsarkitektens mulighet til å påvirke klimafotavtrykket. Som grafen viser er strategi 1 noe som må iverksettes tidlig i planprosessen. Her er muligheten for å redusere klimafotavtrykket størst. De resterende strategiene har en betydelig fordel om

de iverksettes tidlig, men kan også gjennomføres i flere faser og på senere tidspunkt. Suksessfaktoren for alle strategiene er størst om de prioriteres og gjennomføres tidlig. Det vil kreve tverrfaglig samarbeid og et gjensidig ønske om å redusere landskapsprosjekts klimafotavtrykk.

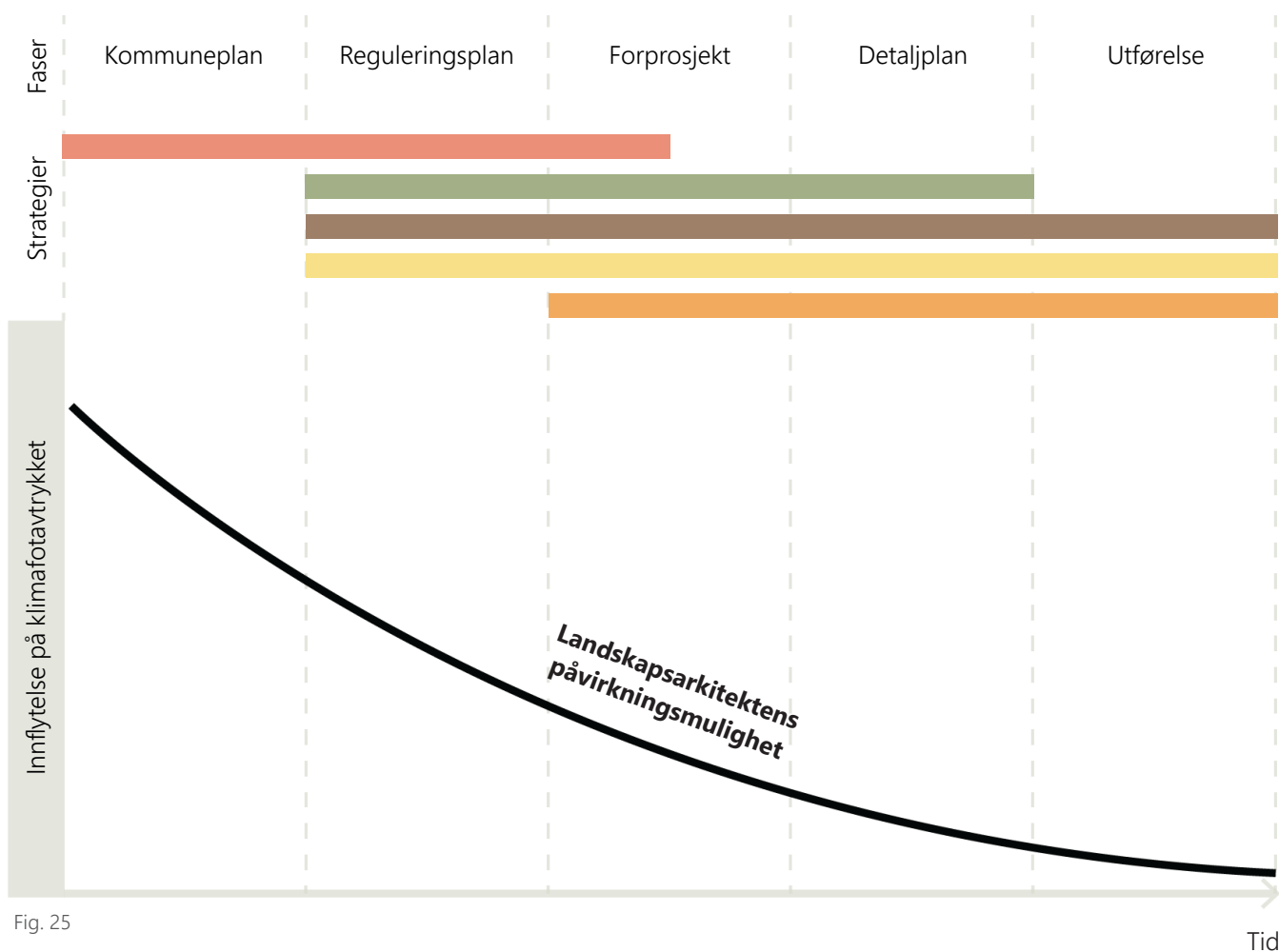


Fig. 25

- STRATEGI 1:** Kartlegg og bevar eksisterende kvaliter
- STRATEGI 2:** Øk vegetasjonsvolumet
- STRATEGI 3:** Gjør jorda til et godt karbonlager
- STRATEGI 4:** Forleng plantenes livsløp
- STRATEGI 5:** Reduser utslipp knyttet til skjøtsel

### **HVORDAN SIKRE GJENNOMFØRING?**

Strategiene og tiltakene er forankret i litteratur for å underbygge kunnskapsgrunnlaget, relevansen og betydningen de kan ha for karbonopptak og reduksjon av utslipp. Likevel er oppgavens tematikk et komplekst felt med usikkerheter og lite forskning. Det kan være et hinder for at tiltakene prioriteres og gjennomføres med redusert klimafotavtrykk som premiss. I følge Jack Ahern (2012) fører tidspress og mangel på ressurser til at landskapsarkitekter ofte belager seg på dagens etablerte løsninger. Frykten for å feile, overvåking av resultater og ansvaret som må bæres påvirker profesjonen i den konservative retningen (Ahern, 2012).

Med en konservativ tankegang eller manglende mulighet for eksperimentering blir ofte de nytenkende løsningene liggende på skissepapiret. For å møte miljøutfordringene er det nødvendig med en bransjeendring og innovative designløsninger (Kato og Ahern, 2008). Erfaringene og resultatene vil bygge ny, faglig kompetanse, referanser og øke kunnskapsgrunnlaget (Ahern, 2012). Et slikt fokus kan sikre at strategiene og tiltakene prioriteres under utforming for å redusere klimafotavtrykket til landskapsprosjekter.

### **STRATEGIENES KOMPATIBILITET OG HENSYN**

Strategiene vil generelt fungere godt sammen og er dermed kompatible. For eksempel vil kartlegging og bevaring av eksisterende vegetasjon innebære at vegetasjonsvolum ivaretas, jorda får stå i fred og plantenes livsløp forlenges ved at vegetasjonen ikke fjernes. Det vil også være et mindre behov for skjøtsel på området fordi deler av anlegget allerede er etablert. Skal klimafotavtrykket reduseres ytterligere kan flere av tiltakene benyttes.

Hvis eksisterende vegetasjonen indikerer svak karbonbinding og -lagring kan det være formålstjenlig å prioritere nye vegetasjonsfelt med potensielt større plantevekst og karbonopptak. Nye planter og vekstjord vil da kunne medføre ekstra utslipp, særlig hvis det importeres fra utlandet. Det kan også ta flere år før den nye vegetasjonen når det tilsvarende opptaket som den eksisterende vegetasjonen hadde. Da kan netto klimafotavtrykk ende opp som negativt fram til opptaket eventuelt kompenserer for utslippene.

Videre kan det være estetiske ønsker for et landskapsprosjekt. Det kan innebære at eksisterende vegetasjon som ikke samsvarer med ønsket uttrykk bør fjernes. Samtidig må redusert skjøtsel og et naturligt uttrykk forsvares med god estetikk. Spørsmålet om hva god estetikk innebærer må derfor tas opp igjen. I denne sammenhengen vil strategienes estetikk kunne forsvares gjennom oppfatningen av økologisk estetikk.

# TILTAKENES ESTETISKE UTTRYKK

Intensjonen bak oppgavens foreslåtte tiltak er å oppnå klimagassreduksjon. Det skal her vurderes om det estetiske uttrykket til et landskapsprosjekt påvirkes av disse tiltakene. Det er ikke gitt at alle tiltakene vil ha en estetisk effekt. For eksempel vil ikke valg av jordblanding påvirke den sanselige opplevelsen av et sted. Et utvalg av de tiltakene vi mener i størst grad vil påvirke det estetiske uttrykket trekkes fram her.

## SKJØTSELSREDUSERENDE DESIGN



Når landskapsprosjekter har lav skjøtelsgrad kan det gi vegetasjonen et mindre striglet uttrykk. Det visuelle preget blir villere og mer naturlig.

## PLANTE FLERE TRÆR



Stor avstand mellom trærne kan gi en luftig følelse. Som en kontrast vil tett trebeplantning gi et annet uttrykk og romfølelse som fører til at tiltaket har en estetisk effekt.

## UTSLIPPSREDUSERENDE BESKRIVELSE



I likhet med skjøtelsreducerende design vil intensiteten til skjøtelsen påvirke vegetasjonens vokseform og helhetsinntrykket til landskapsprosjektet.



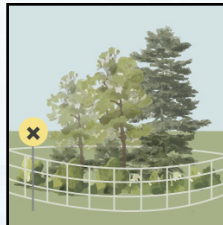


## PLANTE I FLERE SJIKT



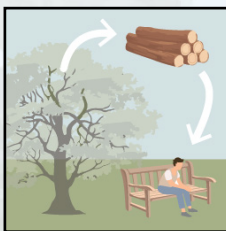
Hvilke sjikt som beplantes påvirker opplevelsen av oversikt, innsyn og utsyn. Det kan også brukes for å definere rom, skjerme og fungere som barrierer i et landskapsprosjekt.

## BEVARE EKSISTERENDE VEGETASJON



Den eksisterende vegetasjonen som bevares kan sette føringer for hvordan resten av utformingen blir. Det gir en umiddelbar effekt og kvaliteter som ny beplantning ikke har. Prosjektet får også en historisk forankring.

## FORLENGE KARBONLAGRING



Treflis og bark som dekke gir et mykere uttrykk. Tømmerstokker som brytes ned på stedet kan gi assosiasjoner til de naturlige prosessene som skjer i skogen.

## ØKE PLANTEDIVERSITET



En monoton beplantning gir en annen sanselig opplevelse enn vegetasjonsfelt med variert artssammensetning, sesongvariasjoner og høydeforskjell.

# TILTAKENES ESTETISKE UTTRYKK

## REFERANSEPROSJEKTER

For å visualisere hvordan urbane landskapsprosjekter med redusert klimafotavtrykk kan se ut, vil utvalgte prosjekter som kan representere det estetiske uttrykket trekkes fram. Prosjektene Sankt Kjeld's Square og testbedet i Ruseløkkveien har gjort tiltak med intensjon om å redusere klimafotavtrykket. De resterende prosjektene velges basert på egen tolkning av den estetiske effekten tiltakene kan ha. Det er med andre ord ingen forutsetning at prosjektene som trekkes fram faktisk har et lavere klimafotavtrykk enn konvensjonell utforming.

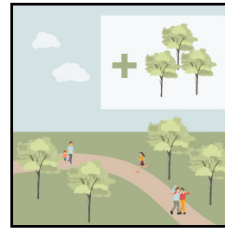
Vurderingene baseres på oppfatningen av økologisk estetikk, der god estetikk kan forene skjønnhet med økologiske kvaliteter og funksjoner.

## UTSLIPPSREDUSERENDE BESKRIVELSE



Vegetasjonen er designet for å vokse villere og kreve mindre vedlikehold ved hjelp av en naturbasert skjøtselplan. Intensjonen er å oppnå en sterk estetisk naturfølelse (SLA, 2019).

## PLANTE FLERE TRÆR



Det er plantet nesten 600 trær av 48 ulike tresorter. Slik skal prosjektet bidra til å øke biodiversiteten i byen (SLA, 2019). Trærne er et viktig romdannende element og skjermer for trafikken.



SANKT KJELD'S SQUARE OG BRYGGERVANGEN, KØBENHAVN (SLA)

Fig. 26

## ØKE PLANTEDIVERSITET



Bedet har et variert og stort utvalg av norskproduserte arter. Eksisterende trær er også bevart. Plantefeltet har høy pryddverdi og oppleves som en frodig oase (Asplan Viak, 2019).

## PLANTE I FLERE SJIKT



Prosjektet har et stort vegetasjonsvolum med vegetasjon i flere sjikt. Designgrepet skal redusere skjøtselsen og bidra til økt karbonbinding i jorda (Asplan Viak, 2019).



TESTBED RUSELØKKVEIEN, OSLO (ASPLAN VIAK)

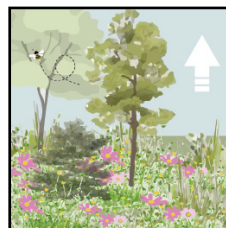
Fig. 27

### UTSLIPPSREDUSERENDE BESKRIVELSE



Her tillates vegetasjonen å vokse og det kan indikere at skjøtselsbegrivelsen har valgt en lav intensitetsgrad på skjøtselen. Det gir et villere estetisk preg rundt trappen.

### ØKE PLANTEDIVERSITET



Eksempelet viser høytvoksende gress og innslag av blomstrende planter. Her kan det antas at ugresset bevisst ikke lukes bort.



GELLERUP NEW NATURE PARK, AARHUS (SLA)

Fig. 28

### SKJØTSELSREDUSERENDE DESIGN



Eng fremfor intensivt skjøttet gressareal kan være et bevisst designgrep som bidrar til mindre utslipp knyttet til skjøtsel.

### ØKE PLANTEDIVERSITET



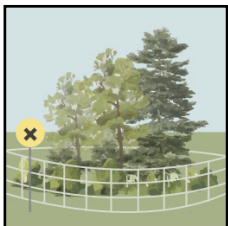
En variert og artsrik beplantning gir sanselige opplevelser gjennom sesongene.



CAMPUS ÅS, ÅS (LINK ARKITEKTUR)

Fig. 29

## BEVARE EKSISTERENDE VEGETASJON



I dette utbyggingsprosjektet har eksisterende vegetasjon og terreng blitt bevart. Det tilfører boligkvarteret en historisk forankring og estetisk kvalitet.

## SKJØTSELSREDUSERENDE DESIGN



Eksisterende natur har fått stå i fred og vil ikke kreve skjøtsel på samme måte som et opparbeidet landskap ville gjort.



GRUEHAGAN OMSORGSBOLIGER, EIDSVOLL (PIR II)

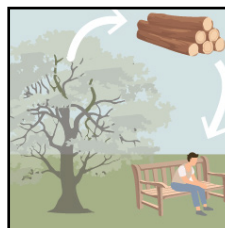
Fig. 30

## SKJØTSELSREDUSERENDE DESIGN



I landskapsprosjektet får gresset, busker og trær vokse fritt. Designstilen gir en estetisk opplevelse av natur (SLA, 2020).

## FORLENGE KARBONLAGRING I DØD VEGETASJON



Felte trær er en del av designuttrykket. Estetikken gir assosiasjon til naturen der død vegetasjon blir liggende og brytes ned på stedet.



HERLEV HOSPITAL, HERLEV (SLA)

Fig. 31

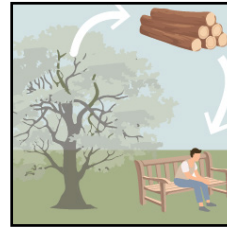


## PLANTE FLERE TRÆR



Prosjektet består av 600 trær og danner en grønn korridor midt mellom to veier (SLA, 2018). Trærne er romdannende og skjermer for trafikken rundt.

## FORLENGE KARBONLAGRING I DØD VEGETASJON



Tømmerstokker og bark er en del av prosjektet som forsterker en estetisk opplevelse av natur.



THE FOREST BATH, AARHUS (SLA)

Fig. 32

# FORMIDLING AV ESTETIKKEN

Klimagassreducerende tiltak påvirker det estetiske uttrykket i en mer naturlig retning. For at en slik estetikk kan forsvares må det kollektive synet på god estetikk baseres på en økologisk tilnærming og forståelse. Et virkemiddel for å formidle intensjonen bak estetiske valg er å utføre symbolske handlinger. Et eksempel er det felte treet i uterommet til Herlev Hospital. Vel så viktig som den reelle karbonbindingen dette felte treet har er den symbolske verdien som formidles. Et annet eksempel er gress som vokser fritt.

Likevel kan en utfordring være at slike symbolske handlinger mistolkes og blir sett på som manglende vedlikehold. Mindre velstelte landskapsprosjekter og felte trær som blir liggende er ikke nødvendigvis noe folk flest oppfatter som god estetikk i det offentlige rom. Estetikk kan være en normgivende faktor for å beskrive hvordan landskapsprosjekter bør vedlikeholdes. Dette kan blant annet overføres til synet på klipping av gressplener. Idealplenen til boligområder skal for eksempel være frodig, ensformig og vedlikeholdt. Klippes ikke plenen regelmessig kan en begynne å lure på om noen har

glemte å gjøre jobben sin. Den intensive skjøtselen av plener er dermed primært styrt av synet på hvordan en "ideell" gressplen skal se ut (Cook et al., 2012). Oppgavens strategier og tiltak utfordrer et slikt syn på god estetikk. Derfor kan det være nyttig at landskapsarkitekter formidler hvorfor estetikken er som den er.

Informasjonsskilt er et virkemiddel som kan forklare bakgrunnen for den valgte utformingen. Å vite verdien av de valgene som er tatt under planlegging og design kan bidra til å endre oppfatningen av hva god estetikk er. Eksempelet under viser en gressplen som ikke klippes. Den kan oppleves som rufsete og lite velstelt, men et slikt uttrykk kan kanskje bli akseptert hvis et tilhørende skilt forklarer hvorfor det er sånn.

I de neste eksemplene presenteres ulike initiativ som er gjort for å formidle nytten vegetasjonen i urbane grøntareal har, deriblant som karbonlager.



Fig. 33



### BEVISSTGJØRINGSSKILT

De tre eksemplene viser hvordan fraværet av klippet plen begrunnes via informasjonskilt. Her er formålet underbygget av andre miljømessige fordeler enn karbonbinding. De er derfor trukket fram som inspirerende eksempler.



Fig. 34



Fig. 35

## #TREETAGS

#Treetags er et internasjonalt initiativ som skal fremme verdien til bytrær, blant annet som karbonlager. Initiativet går ut på å henge opp skilt på bytrær med informasjon om treet. Det står hvor mye CO<sub>2</sub> treet lagrer per år og hvor mye karbon som totalt tas opp i løpet av treetets livsløp. Deretter sammenlignes tallene med tilsvarende utslipp fra en bensindrevet bil (Malmö stad, 2020).



Fig. 36

## OSLOTRÆR

Oslotrær er et initiativ som fremmer trærnes rolle og verdi i bymiljøet. Oslo kommune har gjennom prosjektet et mål om å plante 100 000 trær fram mot 2030 og dermed sørge for at byen gir mer plass til trærne. På denne måten skal Oslos grønne preg sikres (Oslo kommune, 2021). Bykuben, som er ansvarlig for prosjektet, har som mål å "plante trær i hodet på folk" og øke bevisstheten hos både innbyggerne og næringslivet (Johnsrud, 2022).

### KARTLEGGINGSVERKTØY

I New York har 700 000 bytrær blitt registrert i et digitalt bykart med informasjon om hvert enkelt tre og årlig karbonopptak. Formålet med bykartet er å formidle kunnskap til innbyggerne om alle de økologiske fordelene bytrær gir (NYC Trees, 2019). En liknende treregistrering ble gjort i Oslo av Bymiljøetaten i 2017. Alle bytrærne ble kartlagt før i-Tree gjorde beregninger som videre ble lagt inn i karttjenesten Curio. Hvert enkelt bytre kan velges og det dukker opp informasjon om art og ulike økosystemtjenester som treet bidrar med. Til høyre vises et eksempel der treets totale karbonlager og årlige karbonopptak er registrert (Curio, 2022).

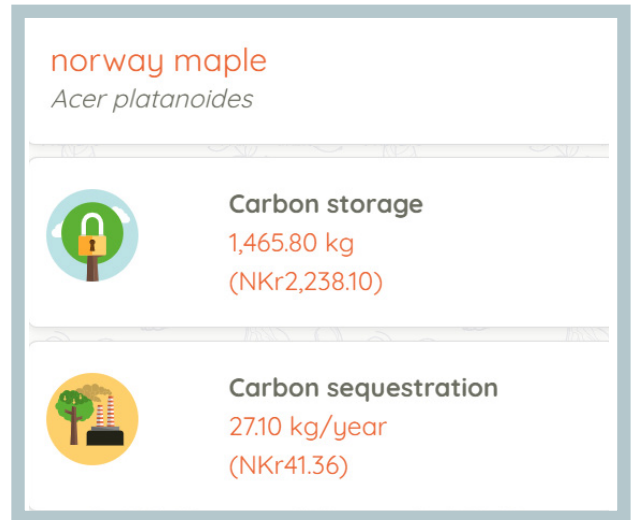


Fig. 37

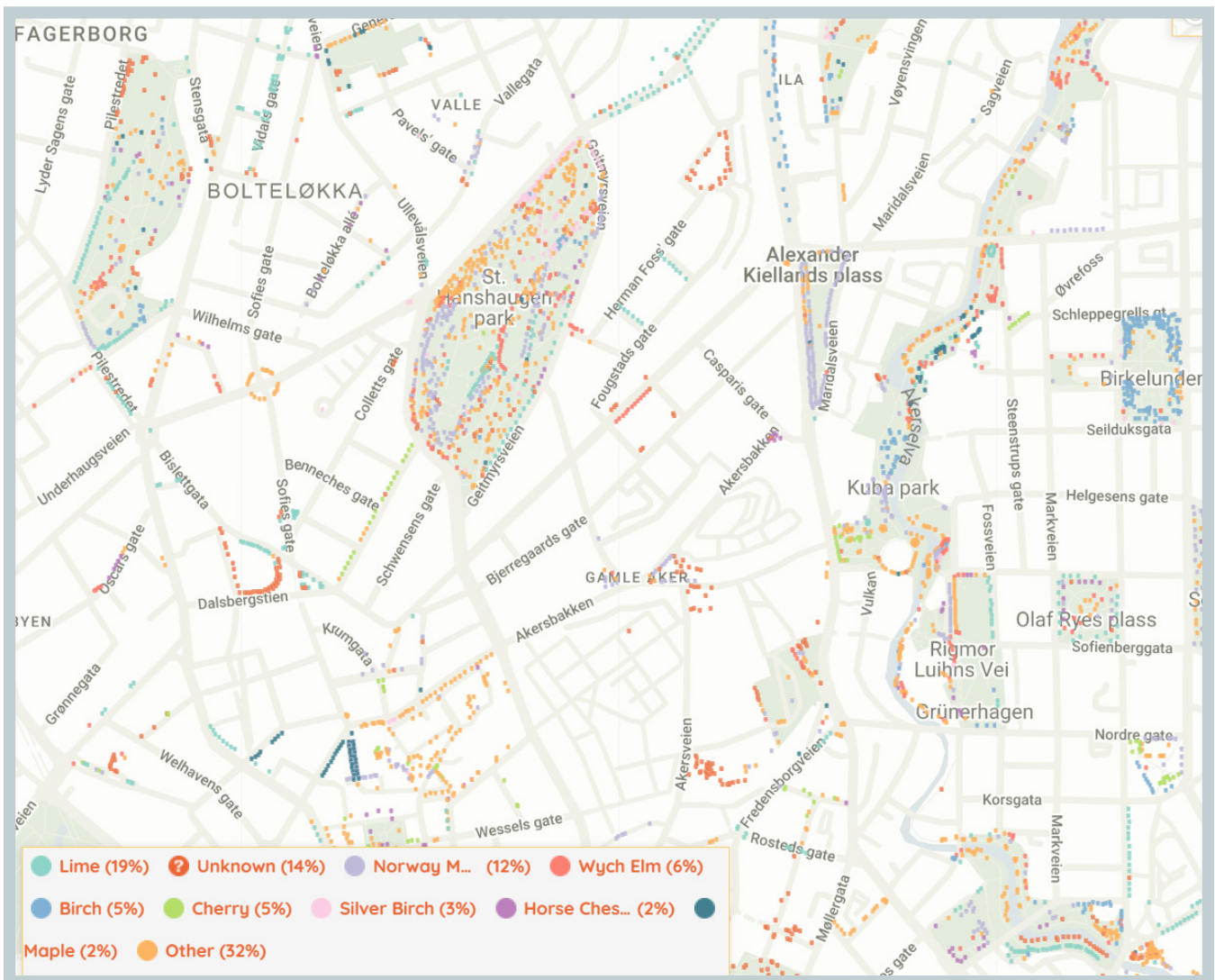


Fig. 38



## DEL 5

# DISKUSJON

Før en konklusjon på oppgavens problemstillinger kan trekkes, er det en rekke spørsmål og aspekter som bør drøftes. Kapitlet skal først diskutere klimagassberegning som metode og relevansen den har for landskapsarkitektur. Dette vil knyttes til ulike interessekonflikter, hensyn og meninger. Deretter skal oppgavens strategier og tiltak vurderes opp mot tematikken og hvilke tilleggseffekter de kan ha.

# DISKUSJON

Masteroppgaven har en undersøkende tilnærming på klimagassberegning av urbane landskapsprosjekter og hvordan landskapsarkitekter kan redusere klimafotavtrykket. Gjennom hele prosessen har en rekke spørsmål dukket opp som har vært førende for oppgavens retning. Grunnlaget for diskusjonen tar derfor utgangspunkt i refleksjoner og vurdering som er gjort underveis.

Diskusjonen struktureres til å følge oppgavens oppbygning. Først tar vi for oss klimagassberegning som metode og relevansen den har for landskapsarkitekturen. Dette danner grunnlag for å senere kunne konkludere på underproblemstillingen: "Er klimagassberegning et formålstjenlig verktøy i landskapsarkitekturen?". Diskusjonen rundt dette spørsmålet blir også relevant for å drøfte masteroppgavens hovedproblemstilling: "Hvordan kan utforming redusere klimafotavtrykket til urbane landskapsprosjekter?". Effekten strategiene har på det estetiske uttrykket vil også tas opp i diskusjonen for å kunne vurdere underproblemstillingen: "Vil det estetiske uttrykket til et urbant landskapsprosjekt påvirkes av tiltak som reduserer klimafotavtrykket?".

## KLIMAGASSBEREGNING SOM METODE

Et utgangspunkt for oppgaven var nysgjerrigheten rundt hvorfor klimagassberegning av landskapsprosjekter er en oversett del av byggeprosjekters klimagassregnskap, særlig i en tid der "alt" skal måles i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. På den andre siden kan det stilles spørsmål om hvorfor alt skal klimagassberegnes. Gir klimagassberegning av vegetasjon og jord en riktig indikasjon på det reelle opptaket og utslippet i et landskapsprosjekt? Det vil først og fremst avhenge av at det som skal beregnes kan kvantifiseres. For eksempel vil ikke alle tiltak i masteroppgaven være like målbare. Det kan være utfordrende å måle og kvantifisere et økt

karbonopptak ved tiltak som større plantediversitet og variert rotsystem. Videre kan en spørre seg om klimagassberegning har nok forankring i virkeligheten til at det er nyttig. Gjennom masteroppgaven, og særlig beregningseksempelet, har erfaringene vært at det er vanskelig å få et reelt bilde av virkeligheten gjennom en slik type kvantifisering og beregning når datagrunnlaget er mangelfullt. Derfor er det viktig å være klar over hva tallene inkluderer og bygger på når vegetasjon og jord skal inkluderes i klimagassregnskap.

Et annet spørsmål som bør stilles er hvorvidt det er riktig å kvantifisere og fragmentere landskapsprosjekter til kun CO<sub>2</sub>-ekvivalenter og ta valg basert på dette. Landskapsarkitekten Ian McHarg påstod at fragmentert informasjon om landskapet er ubrukelig. Det er fordi landskapet må sees som et fullstendig, interaktivt system med komponenter som påvirker hverandre (McHarg et al., 2007). Med andre ord kan det å kun fokusere på et redusert klimafotavtrykk i planlegging føre til at andre viktige verdier i et landskapsprosjekt ikke blir tatt med i vurderingen. Forståelsen av de naturlige prosessene kan bli borte hvis det primære fokuset er å få ned klimafotavtrykket til enhver pris. Hvis favorisering av plantearter som teoretisk skal binde mye karbon innebærer at artene som plantes kan true det eksisterende artsmangfoldet, arbeides det mot de naturlige prosessene. Å gi naturen en verdi i seg selv er verdifullt, men hvis det innebærer at naturen konverteres til excel-verdier risikerer vi å miste stedsspesifikke kvaliteter og forhold under planlegging. For å få til et vellykket landskapsprosjekt er et helhetlig perspektiv nødvendig, der økt opptak og reduksjon av CO<sub>2</sub> bør prioriteres på lik linje med andre viktige økosystemtjenester.



Et annet sentralt spørsmål er om klimagassberegning som metode bidrar til klimavennlige prosjekter. En styrke ved å klimagassberegne landskapsprosjekter er at klimafotavtrykket til ulike produkter kan sammenlignes. Det blir da enklere å ta valg som totalt sett reduserer klimabelastningen til prosjektet. Utviklingen av bedre miljødeklarasjoner (EPDer) og mer forskning på karbonbinding i vegetasjon og jord vil bidra til økt kunnskap, bedre datagrunnlag og dermed riktigere regnskap. Likevel er ikke klimagassberegning en garanti for at praksisen endres. Manglende politiske krav og klimagassregnskap som utelater essensielle poster gjør det vanskelig å gi et entydig svar på om klimagassberegning av urbane landskapsprosjekter vil være riktig metode for å nå målene om klimagassreduksjon som Norge og resten av verden har forpliktet seg til.

### **HAR BEREGNING NOE MED LANDSKAPS-ARKITEKTUR Å GJØRE?**

Til tross for svakhetene ved klimagassberegning vil metoden være nyttig for å vekte valg mot hverandre, og øke bevisstheten rundt hvor og hvordan urbane landskapsprosjekter bygges. Det er på høy tid at landskapsprosjekter blir en naturlig del av klimagassberegningen i byggebransjen, da det i samme grad som bygninger vil ha en vesentlig betydning for byggeprosjektets totale klimafotavtrykket. Som nevnt er avtrykket til landskapsprosjekter en oversett del av beregningene. I tillegg har slike prosjekter et potensial for karbonbinding som med fordel bør inkluderes i klimagassregnskapet. Spørsmålet som da må stilles er om klimagassberegning har noe med landskapsarkitektur å gjøre. Primært er det en måte å dokumentere valgene som tas med tilhørende klimafotavtrykk.

Landskapsarkitekten planlegger, utformer og beskriver landskapsprosjekter. Et redusert klimafotavtrykk i landskapsprosjekter vil innebære en endring i bransjens praksis. Det er vanskelig å si hvor stor betydning klimagassberegning av landskapsprosjekter vil ha i årene fremover, men mye tyder mye på at det kan bidra til klimagassreduksjon. Det vil gjøre vårt fagfeltet mer målbart og det blir enklere å sette større, tydeligere krav om klimagassreduksjon.

### **BEREGNING STYRENDE FOR VALG**

Med et ønske om å ta bærekraftige valg innenfor vegetasjon og jord er det likevel ikke enkelt å vite hva som er de beste alternativene til dagens konvensjonelle valg og løsninger. Mye av grunnen til dette er at det mangler EPDer og god data på vegetasjon og jord. De dynamiske prosessene som foregår gjennom livsløpet gjør LCA-analysene ekstra utfordrende sammenlignet med materialer. Klimasoner, vekstforhold og lokalklima vil variere og påvirke karbonbindingen.

Funn fra Erik Lind sin masteroppgave (2020) viste hvordan karbonbindingen mellom ulike arter varierer. I tillegg varierer karbonbindingen i samme treslag utfra forskjellig klimasoner i Sverige. Det betyr at selv om et treslag kan kvantifiseres på artnivå, vil det likevel variere hvor mye karbon som bindes i ulike deler av landet. Dette viser at en forenkling av verdier for vegetasjon er utfordrende.

Når skjøtsel skal inkluderes i et klimagassregnskap må det tas stilling til hvor mange år skjøtselen skal beskrives for. Vil skjøtselen om 50 år være den samme som i dag? Og hvor detaljert skal det beregnes? Skal behandling av et felt tre inkluderes eller er klimafotavtrykket fra dette såpass lite at det ikke vil ha betydning? For å få svar på disse spørsmålene bør utviklingen av beregningsverktøy og forskningsbasert

datagrunnlag for landskapsprosjekter prioriteres. Det vil være nødvendig for at beregning skal kunne si noe om det reelle bidraget klimasmarte valg har.

Et annet aspekt som gjør det vanskelig å vite hvilke valg som er gunstige er når klimagassberegningene ikke inkluderer poster som har vesentlige utslipp. Eksempelet fra NRK-saken (se s. 30) illustrerte hvor stor betydning de indirekte utslippene hadde for prosjekts reelle, totale klimafotavtrykk (Nord, 2022). For at landskapsarkitekter skal få et fullstendig bilde av belastningen inngrep, designvalg og beskrivelser har, må både direkte og indirekte utslipp presenteres. For eksempel bestemmes det i kommune- og reguleringsplan hvilke arealer som skal bygges ned. Regnskapet vil få to signifikant ulike resultater om konsekvensen av å bygge ned karbonrike arealer inkluderes eller ikke. Senere i designprosessen kan de indirekte utslippene bidra til å påvirke blant annet plantevalg. Ved å ha klimagassreduksjon som premiss, kan det føre til at norskproduserte planter favoriseres fremfor planter som produseres i utlandet. Plantene fra begge steder kan ha de samme estetiske kvalitetene og funksjonene, men utslippene knyttet til transport vil være forskjellig. Oppsummert kan synliggjøringen av klimagassbelastning bidra til at valgene som tas under planlegging, utforming og beskrivelse endres.

Et spørsmål vi har stilt oss opp til flere ganger gjennom masteroppgavens prosess er om beregning av opptak og utslipp faktisk har noe for seg. Vil det kunne bidra til redusert klimafotavtrykk? La oss ta et eksempel: en grusplass skal bli gjort om til et nytt uterom for opphold. Hvis uterommet benytter seg av kun gjenbrukte materialer fra et nærliggende lager, slik som belegningsstein og møbler, kan det teoretisk ha et lavere klimafotavtrykk enn om grusplassen transformeres til en ny park. Det er fordi det kan være

større utslipp når ny vekstjord og vegetasjon skal transporteres og etableres, særlig hvis noe importeres fra utlandet. Det kan også være større utslipp over tid fra skjøtsel sammenlignet med vedlikehold av materialene i det første scenariet. På den andre siden vil en ny park ta opp CO<sub>2</sub> over tid, noe harde materialer ikke gjør. Å inkludere verdier for biogent opptak vil kunne løfte opp de grønne strukturene i et byggeprosjekt.

Et eksempel som har vist at klimagassreducerende tiltak har noe for seg er prosjektet Paradis i Stavanger. Der vises prosentvis utslippsreduksjon sammenlignet med standard løsning. Knyttet til massehåndtering var utslippsreduksjonen på over 80 % ved hjelp av enkle, klimasmarte grep. I tillegg økte det biogene opptaket med 100 % ved å gjøre tiltak for vegetasjon og jord. Det viser at klimagassberegning både kan ha noe for seg og være styrende for valg. Det sistnevnte tiltaket viser i tillegg potensialet vegetasjon og jord kan ha for å kompensere for utslipp i prosjektet. Dette underbygger formålet med å inkludere biogent opptak i klimagassregnskapet til urbane landskapsprosjekter, og at det i bygg- og anleggssektoren kan ha betydning.

### **HVA SKAL VEIE TYNGST I ET PROSJEKT?**

For å vurdere hvordan utforming kan redusere klimafotavtrykket må det tas stilling til hva som skal veie tyngst når miljø og økonomi blir et dilemma. I hvert enkelt landskapsprosjekt er det lover, krav, forskrifter og anbefalinger som skal følges. Selv om klimagassberegning er nyttig må alle mål og hensyn balanseres og veies opp mot hverandre. Det er ofte økonomien som blir styrende i beslutningsprosesser, selv om andre mål er beskrevet og ønskes gjennomført. Hva skal veie tyngst i de situasjonene der økonomi begrenser handlingsrommet for klimasmarte løsninger?

I en hektisk arbeidshverdag med forskjellige hensyn som skal ivaretas ender det ofte med at "business as usual" velges fremfor å teste nye løsninger. Særlig der det mangler en garanti for at de nye løsningene vil oppnå ønsket resultat. I tillegg kan det være utfordrende å vekte økonomi mot miljø hvis miljø ikke har en verdi. Økt opptak og reduksjon av klimagassutslipp er et kunnskapsbasert arbeid som krever en bransje med høy kompetanse. Innovative tiltak utarbeides ofte i samarbeid med forskere og relevante fagfolk. Slike fagressurser kan føre til større kostnader sammenlignet med prosjekter som ikke inkluderer dette. For å få til prosjekter med vellykkede resultater og lavere klimafotavtrykk må noen være villige til å betale for de ekstra ressursene som kreves. Det kan eksempelvis være byggherre, konsultantselskaper, kunder eller statlig tilskudd. På den andre siden er det ikke gitt at tiltakene i seg selv vil føre til økte kostnader. Nøktern tankegang der utformingen forholder seg til den eksisterende situasjonen kan føre til mindre inngrep og bedre utnyttelse av de ressursene som allerede er på stedet. Suksessfaktoren for å ta gode beslutninger i planleggingsprosessen vil være et tett samarbeid med andre fagdisipliner, et felles mål, god balansering av hensyn og kommunikasjon på tvers.

### **GJENNOMSLAG VED HJELP AV TALL**

For å få gjennomslag for klimagassreducerende tiltak i prosjekter kan klimagassberegning være et nyttig verktøy for å kommunisere valgte løsninger. Noen av tiltakene kan medføre ekstra kostnader, risiko og usikkerhet. Grunnlaget for argumentasjonen må derfor være overbevisende i møter med oppdragsgiver, kunder eller innad i prosjektgruppa. Her kan landskapsarkitekter fungere som en pådriver og formidler. Likevel er det viktig at tall og regnskap ikke blir en grønnvasking av prosjekter ved at prosjekter fremstilles som "grønnere" enn de

i realiteten er. Det bør derfor alltid reflekteres rundt hvorvidt tiltak har noe for seg basert på det som ligger til grunn for argumenteringen. Uansett kan det å gi det grønne en verdi føre til at det i større grad prioriteres i urbane områder, der knapphet på arealer er en utfordring. Verdisetting av vegetasjon og jord i form av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter er noe landskapsarkitekter kan slå i bordet med når de grønne kvalitetene må løftes fram.

### **STATUS: HVA GJØR VI?**

Det er fremdeles en del barrierer før klimagassberegning kan implementere alle komponenter i et urbant landskapsprosjekt. Datagrunnlaget til vegetasjon og jord i et klimagassregnskap er per dags dato mangelfull. Det trengs dermed mer forskning og utprøving for å vite den reelle effekten av å benytte det i planlegging og utforming. Likevel er det ikke tallene i seg selv som får ned klimafotavtrykket, men de faktiske tiltakene som gjennomføres og endringen i bransjens praksis. Endringene må starte et sted og tiltak må gjøres nå for å redusere bransjens klimafotavtrykk. Masteroppgavens strategier og tiltak er et godt utgangspunkt for dette. Strategiene kan øke fokuset på gjenbruk, ressursutnyttelse og naturbaserte løsninger.

Før de nødvendige tallverdiene ligger på bordet kan motivasjonen for å gjennomføre klimasmarte tiltak være en utfordring. Effekten til tiltakene som gjennomføres for å redusere klimafotavtrykket kan føles som ubetydelige når andre prosjekter ikke gjør tilsvarende tiltak. På tross av dette er det viktig å ha miljø som premiss i alle valgene som tas. Det starter synergier og når flere prosjekter gjør det samme kan oppskaleringen føre til en reell effekt.

## OMVENDT PROSJEKTERING

For å minimere klimafotavtrykket bør det vurderes tidlig hvordan utforming i størst mulig grad kan ta utgangspunkt i det som allerede finnes på stedet. Strategiene sammenfaller med tilnærmingen "omvendt prosjektering". Her vurderes hvilke kvaliteter som kan tas vare på eller gjenbrukes. I tillegg kan tilgjengelige ressurser fra andre nærliggende anlegg kartlegges til eventuell bruk (Hovind, 2022). Denne måten å planlegge på skiller seg fra en mer konvensjonell fremgangsmåte der en tomt, satt litt på spissen, planeres før landskapsarkitekten kommer på banen. Tiltakene harmoniserer med omvendt prosjektering, der formålet er å planlegge og utforme holdbare landskapsprosjekter som utnytter de eksisterende ressursene. Slik prosjektering bør ligge til grunn under utforming av urbane landskapsprosjekter.

## FØLGEEFFEKT PÅ ESTETIKKEN

Opgaven har illustrert hvordan det estetiske uttrykket kan se ut ved å bruke strategiene og tiltakene aktivt i utformingen av urbane landskapsprosjekter. Redusert klimafotavtrykk trenger ikke nødvendigvis å innebære rufsete og ustelte vegetasjonsfelt. En formklippet hekk kan være et estetisk uttrykk som er ønskelig i et landskapsprosjekt. Da må det estetiske synet veies opp mot utslippene som må til for å forme hekken. Likevel finnes det utslippsreducerende alternativer. For eksempel vil det å velge elektriske maskiner redusere avtrykket betraktelig sammenlignet med fossildrevne maskiner. Klimasmarte valg og ønsket estetisk uttrykk trenger dermed ikke å være strake motsetninger. Strategiene og tiltakene vil gjøre det mulig å utforme gode estetiske prosjekter samtidig som klimafotavtrykket reduseres.

Økologisk estetikk ble trukket fram som en aktuell diskurs for masteroppgavens tiltak. Med en kombinasjon av kunnskap og formgivning kan

økologiske hensyn ivaretas i prosjekter. For at et vilt og naturlikt uttrykk kan forsvares i et urbant landskapsprosjekt kan symbolikk og informasjonsskilt være et virkemiddel. Det vil bidra til å forklare intensjonen bak det estetiske uttrykket. På denne måten kan landskapsarkitekten gjennom sin praksis påvirke andres estetiske verdissyn. Det kan føre til at det naturlike i større grad aksepteres, og kanskje favoriseres, i urbane landskapsprosjekter.

## BYER FOR MENNESKER OG ØKOSYSTEMER

Maksimalt karbonopptak bør ikke være det eneste målet i landskapsprosjekter. For eksempel kan ikke alle byrom ha tett trebeplanning med flersjikt. Det må også tilrettelegges for møteplasser, kultur, samferdsel og andre funksjoner en by trenger. Likevel kan dagens praksis, planlegging og utforming utfordres der bruk og funksjon kan sees på nye måter. Masteroppgavens strategier og tiltak kan være et hjelpemiddel for å se løsninger som redusere klimafotavtrykket samtidig andre tilleggseffekter følger med. Å øke mengden vegetasjon i et prosjekt vil ha flere økologiske fordeler som er viktig i urbane områder. Det bedrer lokalklima, håndtering av nedbør og gir husly til dyr og insekter. Vegetasjonsfelt med rikt arts mangfold øker det biologiske mangfoldet i byene.

Fortetting er en planleggingsstrategi som unngår at karbonrike arealer bygges ned. Samtidig er arealknapphet i byen en kjent utfordring der grøntarealer kan være en mangelvare. Studier har vist at urbane grøntarealer har potensial for karbonbinding og bør prioriteres. Det grønne bør dermed få større plass i byplanleggingen, særlig siden det også skaper gode steder for mennesker. Kommer mennesker tettere på naturen blir det enklere å forstå, se verdien og ha et ønske om å ta vare på den.



Fig. 39



## DEL 5

# AVSLUTNING

Masteroppgavens siste del skal oppsummere oppgaven gjennom å svare på problemstillingene og reflektere rundt masteroppgavens prosess og eget arbeid.

# KONKLUSJON

Masteroppgaven har undersøkt en hovedproblemstilling og to tilhørende underproblemstillinger. Konklusjonen vil oppsummere svarene på disse basert på oppgavens funn, vurderinger og diskusjon.

## HOVEDPROBLEMSTILLING HVORDAN KAN UTFORMING REDUSERE KLIMAFOTAVTRYKKET TIL URbane LANDSKAPSPROSJEKTER?

Under utforming av urbane landskapsprosjekter tas det valg fra tidlig planleggingsfase til detaljprosjektering som påvirker klimafotavtrykket. Oppgavens funn har vist at vegetasjon og jord i urbane områder har potensial for å redusere klimafotavtrykket til et prosjekt over tid. Gjennom endret praksis kan også utslipp knyttet til transport og skjøtsel minimeres. Basert på dette foreslås det fem strategier for å helhetlig kunne redusere klimafotavtrykket til et urbant landskapsprosjekt:

1. Kartlegg og bevar eksisterende kvaliteter
2. Øk vegetasjonsvolumet
3. Gjør jorda til et godt karbonlager
4. Forleng plantenes livsløp
5. Reduser utslipp knyttet til skjøtsel

Innad i disse strategiene er det totalt 15 konkrete tiltak som landskapsarkitekter kan bruke for å øke opptak og redusere utslipp av CO<sub>2</sub> i et urbant landskapsprosjekt. Strategiene bør inkorporeres i tidlig fase og baseres på tverrfaglig samarbeid for å få et optimalt resultat. Et redusert klimafotavtrykk krever også en omvendt prosjektering, der utforming og designvalg tar utgangspunkt i det som allerede eksisterer på prosjektområdet.

## UNDERPROBLEMSTILLING ER KLIMAGASSBEREGNING ET FORMÅLSTJENLIG VERKTØY I LANDSKAPSARKITEKTUREN?

Et klimagassregnskap oppsummerer og synliggjør alle de direkte og indirekte utslippene til et prosjekt. Da blir det enklere å jobbe målrettet for å redusere klimafotavtrykket til landskapsprosjekter. Det er ikke nødvendigvis landskapsarkitekter som skal gjøre klimagassberegningene. Likevel kan resultatene fra beregningene brukes under argumentering og for gjennomslag av klimasmarte løsninger.

Ved hjelp av miljødeklarasjoner kan ulike produkter og løsninger sammenlignes for å minimere klimabelastningen. I tillegg skaper det en bevisstgjøring rundt bransjens klimafotavtrykk.

En implementering av biogent opptak av CO<sub>2</sub> i et klimagassregnskap vil løfte landskapsarkitekturen i et klimaperspektiv, fordi det er en designprofesjon som bruker vegetasjon og jord i utformingen. Det er viktig å presisere at karbonbinding i vegetasjon og jord er et komplekst felt som trenger mer forskning. Fordelen ved å utvikle kvantitative verdier på vegetasjon og jord er at det kan bli noe landskapsarkitekter kan med slå i bordet når de grønne kvalitetene skal løftes fram.

På bakgrunn av dette er klimagassberegning et formålstjenlig verktøy i landskapsarkitekturen, gitt at datagrunnlaget er av tilstrekkelig kvalitet.



#### UNDERPROBLEMSTILLING

### **VIL DET ESTETISKE UTTRYKKET TIL ET URBANT LANDSKAPSPROSJEKT PÅVIRKES AV TILTAK SOM REDUSERER KLIMAFOTAVTRYKKET?**

I urbane landskapsprosjekter står estetikk sentralt, da det ofte utformes steder for mennesker. Det fører med seg forventninger fra samfunnet til hvordan landskapsprosjekter skal se ut og vedlikeholdes. Landskapsarkitekter har muligheten til å koble mennesker tettere på naturen, samt symbolisere og synliggjøre nytteverdien bak designvalg. På denne måten kan det kollektive synet på god estetikk forsvares med økologisk estetikk der det naturlige kan aksepteres, og kanskje favoriseres, i urbane landskapsprosjekter.

Oppgavens klimasmarte strategier og tiltak har blant annet vist at redusert skjøtsel, større vegetasjonsvolum og bevaring av eksisterende kvaliteter lønner seg for å redusere klimafotavtrykket. Resultatet av slike strategier kan gi landskapsprosjektet et mindre striglet uttrykk, der vegetasjonen får vokse friere. Flere av strategienes tiltak påvirker den estetiske karakteren til et landskapsprosjekt, men de begrenser ikke nødvendigvis uttrykket til en bestemt stil. Tiltakene kan brukes adaptivt basert på ønsket formspråk eller estetisk uttrykk. Det er en forutsetning for at tiltakene kan være et nyttig verktøy i profesjonen for landskapsarkitektur. Landskapsarkitekter kan dermed bruke tiltakene til å oppnå økt karbonopptak og reduserte utslipp, samtidig som gode uterom med estetiske kvaliteter utformes.

# REFLEKSJON

## HVA HAR VI LÆRT?

Et tidlig ønske for masteroppgaven var å skrive om et tema som tar for seg hvordan landskapsarkitekter kan bidra i klimakampen. Vi var motivert for å undersøke tematikker der landskapsarkitekturen trenger mer kunnskap. Målet var å belyse interessante kunnskapshull og om mulig komme med bidrag som tetter dem mer igjen. I februar 2021 tok vi kontakt med Rune Skeie som introduserte oss for klimagassberegning og klimapositive landskap. Siden den gang har tematikken utviklet seg og vi har brukt mye tid på å forme oppgaven, samt gjøre den gjennomførbar. Vi har hatt stort utbytte av å snakke med fagfolk. Det kom blant annet fram at det er en økende etterspørsel etter klimagassberegning av landskapsprosjekter. Vi ble nysgjerrige på hvorfor landskapsarkitekturen har fått så liten plass i klimagassregnskapet til byggeprosjekter fram til nå.

Det har vært engasjerende å undersøke en potensiell ny del av landskapsarkitekturen. I løpet av masteroppgavens utvikling har det skjedd mye på fagfeltet. Vi har arbeidet parallelt med at ny kunnskap har kommet på bordet. Ved å tilpasse oppgaven til de nyeste innspillene og oppdateringene har det vært utfordrende å avgjøre når det skal settes strek for ny kunnskap.

Masteroppgaven har vært en læringsrik prosess. Klimagassberegning har vist seg å ha flere svakheter og være mer komplekst enn vi først antok. Dette aspektet har vi også ønsket å formidle i oppgaven. Vi kunne valgt å bare se på fordelene og potensialet klimagassberegning har. Likevel ønsket vi å få fram et nyansert syn på tematikken og ikke ha en tabloid, grønn fasade på oppgaven. Et nyansert syn i oppgaven har gjort det enklere å forstå hvordan en bransjeendring faktisk kan realiseres.

## HVA KUNNE VI GJORT ANNERLEDES?

Ettersom oppgaven i stor grad har blitt til underveis, har vi flere ganger tatt et steg tilbake for å få oppgaven på rett spor. Vi var lenge innstilt på å knytte oppgaven til et caseprosjekt. Graden av hvor stor plass en slik prosjektering skulle få, og samtidig være nyttig, var noe vi syntes var utfordrende å lande. Vi var blant annet i dialog med Landskaperiet

for å beregne ulike planforslag på Schous plass, samt HAV Eiendom og RODEO Arkitekter for å prosjektere og beregne på Grønlikaia. Etter flere forsøk skjønte vi til slutt at en større beregning og prosjektering ikke ville være egnet for vårt formål med oppgaven. Vi tror derfor det var riktig å gjennomføre et enkelt beregningseksempel som en del av kunnskapsgrunnlaget. Vi fikk da testet et verktøy for å få en indikasjon på om beregning kunne være formålstjenlig for landskapsarkitekter.

Tiltakene er relativt prinsipielle og baseres på antagelser. Å knytte tematikken opp mot et reelt eksempel ville trolig gitt bedre svar på problemstillingene og et mer fullstendig bilde på hvilke utfordringer, muligheter og erfaringer som kunne oppstått. Basert på dagens kunnskapgrunnlag og tiden vi hadde til rådighet var det utfordrende å finne en gjennomførbar måte å knytte oppgaven i større grad opp mot virkeligheten.

Å lage en karbonmodul til blågrønn faktor var også en retning oppgaven kunne tatt. David Barton fra NINA og Christina Krohn Skjæveland fra Landskaperiet uttrykte tidlig i prosessen at det kunne vært en god idé. Flere av tiltakene i oppgaven vår kunne da blitt implementert i en egen karbonmodul med tilhørende karbonverdier. Å knytte oppgavens funn til et verktøy som allerede brukes aktivt i bransjen kunne gjort masteroppgaven nyttig for landskapsarkitekter. Vi gikk bort fra dette da vi syntes det var vanskelig å gi verdier til tiltakene som kunne være reelle og vektet mot hverandre.

I oppgavens avgrensning kunne vi fordypet oss i materialer fremfor vegetasjon og jord. Pathfinder ville også kommet mer til sin rett om vi fordypet oss i materialer, fordi beregningsverktøyet er bedre egnet og utviklet for dette. Vi valgte likevel vegetasjon og jord bevisst, fordi vi ønsket å fokusere på den delen der kunnskapshullet var størst.

# LITTERATURLISTE

## A

**Aarnes, H. (2020).** Flerårige planter. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: [https://snl.no/fler%C3%A5rige\\_planter](https://snl.no/fler%C3%A5rige_planter) (lest 14.03.2022).

**Aarnes, H. (2021).** Ettårige planter. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: [https://snl.no/ett%C3%A5rige\\_planter](https://snl.no/ett%C3%A5rige_planter) (lest 13.04.2022).

**Aasrud, A. (2019).** *Ser du hvor utslippene skjer her?* Tilgjengelig fra: <https://www.klimaoslo.no/2019/04/04/direkte-og-indirekte-utslipp/> (lest 31.03.2022).

**Ahern, J. (2012).** Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. *Landscape Ecology*, 28 (6): 1203–1212. doi: 10.1007/s10980-012-9799-z.

**Almås, Å. R. (2021a).** Humus. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/humus> (lest 13.01.2022).

**Almås, Å. R. (2021b).** Jord. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/jord> (lest 12.01.2022).

**Asplan Viak. (2019).** *Testbed Ruseløkkveien*. Tilgjengelig fra: <https://www.asplanviak.no/prosjekter/testbed-ruseloeckveien/> (lest 08.05.2022).

**Asplan Viak. (2021).** *LandskapLCA*. Tilgjengelig fra: <https://www.asplanviak.no/verktoy/landskap-lca/> (lest 18.01.2022).

**Asplan Viak, NMBU & NIBIO. (2022).** *Et rikt liv i paradiset. Bynatur & rekreasjon*. Sluttrapport. Tilgjengelig fra: <https://ipaper.ipapercms.dk/AsplanViak/et-rikt-liv-i-paradis/> (lest 02.05.2022).

**Awal, M. A., Ohta, T., Matsumoto, K., Toba, T., Daikoku, K., Hattori, S., Hiutama, T. & Park, H. (2010).** Comparing the carbon sequestration capacity of temperate deciduous forests between urban and rural landscapes in central Japan. *Urban Forestry & Urban Greening*, 9 (3): 261-270. doi: 10.1016/j.ufug.2010.01.007.

## B

**Benjaminsen, E. (2019, 13. september).** *Dette kullet gjør bytrær til klimaaktivister. Trondheim 2030*. Tilgjengelig fra: <https://trondheim2030.no/2019/09/13/dette-kullet-gjor-bytraer-til-klimaaktivister/> (lest 11.03.2022).

**Berg, K. M., Øyang, K. A. & Mellemstrand, N. J. (2017).** *Terrengforming læringshefte*. 2. utg. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.

**Berner jr., E. & Aarnes, H. (2021).** Fotosyntese. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/fotosyntese> (lest 10.01.2022).

**Bjelland, A. S. (Programleder). (2022, 2. mars).** Naturen i byfortetting. Audio podcast episode. I *Bærekraft i bygg og by*. Institutt for Byggfag ved Høgskolen på Vestlandet. Tilgjengelig fra: <https://open.spotify.com/episode/2wqMrZTIsooKacrhVvFCIX?si=6cf7e0d55b6649df> (lest 04.03.2022).

**Bjerknessenteret for klimaforskning. (2020).** *Plantenes rolle i klimasystemet*. Tilgjengelig fra: <https://bjerknes.uib.no/artikler/faktasider/plantenes-rolle-i-klimasystemet> (lest 04.03.2022).

**Bjørnå, F. (2021).** Staude. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/staude> (lest 04.02.2022).

**Brekkehus, A. (2021, 22. april).** Asplan Viak har utviklet ny klimakalkulator for uteanlegg. *Byggindustrien*. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/asplan-viak-har-utviklet-ny-klimakalkulator-for-uteanlegg/1464906/> (lest 01.04.2022).

**Brown, S., Miltner, E. & Cogger, C. (2012).** Carbon Sequestration Potential in Urban Soils. *Carbon Sequestration in Urban Ecosystems*, 173-196. doi: 10.1007/978-94-007-2366-5\_9.

**Bruns, M., Bleichrodt, D., Laine, E., van Toor, K., Dieho, W., Postma, L. & de Groot, M. (2019).** *Handbook. Tiny Forest Planting Method*. Tilgjengelig fra: <https://www.ivn.nl/file/89213/download?token=uzWbuM9b> (lest 09.03.2022).

**Bruun, M. (2020).** Naturlandskap. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/naturlandskap> (lest 11.05.2022).

**Byggeskikksnøkkelen. (u.å.).** *Arkitektur, byggeskikk, estetikk*. Tilgjengelig fra: <https://byggeskikknokkelen-dibk.azurewebsites.net/bsn/begrep/Sider/Arkitektur,-byggeskikk,-estetikk.html> (lest 26.04.2022).

## C

**Climate Positive Design, CMG Landscape Architecture & Atelier Ten. (2020).** *Landscape Carbon Calculator/ Pathfinder. Methodology, Data Sources and Metrics Summary*. Tilsendt rapport fra Climate Positive Design. Forespørsel sendes her: <https://climatepositivedesign.com/resources/data-report/> (mottatt 26.10.2021). Upublisert manuskript.

**Conrad, P. (2022).** Digital samtale med landskapsarkitekt Pamela Conrad fra Climate Positive Design. Ås (19.01.2022).

**Conti, G. & Diaz, S. (2013).** Plant functional diversity and carbon storage - an empirical test in semi-arid forest ecosystems. *Journal of Ecology*, 101: 18-28. doi: 10.1111/1365-2745.12012.

**Cook, E. M., Hall, S. J. & Larson, K. L. (2012).** Residential landscapes as social-ecological systems: A synthesis of multi-scalar interactions between people and their home environment. *Urban Ecosystems*, 15 (1): 19-52. doi: 10.1007/s11252-011-0197-0.

**Curio (2022).** *Explore*. Tilgjengelig fra: [https://www.curio.xyz/world/tagged-trees/overview?lat=59.917891323603136&lng=10.767297652696843&zml=15&fbclid=IwAR2KXon8Y3RQNTaWdUmksb6eKyc5RFUf-nzFei\\_QqJZAdvZkbCtTFHMQxNk](https://www.curio.xyz/world/tagged-trees/overview?lat=59.917891323603136&lng=10.767297652696843&zml=15&fbclid=IwAR2KXon8Y3RQNTaWdUmksb6eKyc5RFUf-nzFei_QqJZAdvZkbCtTFHMQxNk) (lest 28.04.2022).

## D

**Dalen, L. S. (2018).** *Har vi avskoging i Norge?* Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/nyheter/har-vi-avskoging-i-norge> (lest 19.04.2022).

**DeJong-Hughes, J., Moncrief, J. F., Voorhees, W. B. & Swan, J. B. (2001).** *Soil Compaction: Causes, Effects and Control*. Minnesota: University of Minnesota Extension Service. Tilgjengelig fra: <https://hdl.handle.net/11299/55483> (lest 04.03.2022).

**Davies, Z. G., Edmondson, J. L., Heinemeyer, A., Leake, J. R. & Gaston, K. J. (2011).** Mapping an urban ecosystem service: quantifying above-ground carbon storage at a city-wide scale. *Journal of Applied Ecology*, 48 (5): 1125-1134. doi: 10.1111/j.1365-2664.2011.02021.x.

**De Kimpe, C. R. & Morel, J. (2000).** Urban soil management: a growing concern. *Soil Science*, 165 (1): 31-40. doi: 10.1097/00010694-200001000-00005.

**Díaz, S. & Cabido, M. (2001).** Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology & Evolution*, 16 (11): 646-655. doi: 10.1016/S0169-5347(01)02283-2.

**Dignac, M. F., Derrien, D., Barre, P., Barot, S., Cecillon, L., Chenu, C., Chevallier, T., Freschet, G. T., Garnier, P., Guenet, B., Hedde, M., Klumpp, K., Lashermes, G., Maron, P. A., Nunan, N., Roumet, C. & Basile-Doelsch, I. (2017).** Increasing soil carbon storage: mechanisms, effects of agricultural practices and proxies. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37 (14). doi: 10.1007/s13593-017-0421-2.

**Direktoratet for byggkvalitet. (2021).** *Vil kreve klimagassregnskap for bygg*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/om-oss/Nyhetsarkiv/vil-kreve-klimagassregnskap-for-bygg/> (lest 29.03.2022).

## E

**Edmondson, J. L., Davies, Z. G., McHugh, N., Gaston, K. J. & Leake, J. R. (2012).** Organic carbon hidden in urban ecosystems. *Scientific Reports*, 2 (963). doi: 10.1038/srep00963.

**Eliteplanter Norge. (u.å.).** *Eliteplanter for norsk klima*. Tilgjengelig fra: <https://eliteplanter.no/> (lest 18.03.2022).

**EPD-Norge. (u.å.).** *Hva er en EPD*. Tilgjengelig fra: <https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/> (lest 19.01.2022).

**Evjen, K., Kielland, M. H., Anker, M. & Norconsult AS. (2021).** *Veileder for terrengbehandling ved bygging av vassdrags- og energianlegg*. Tilgjengelig fra: [https://publikasjoner.nve.no/veileder/2021/veileder2021\\_02.pdf](https://publikasjoner.nve.no/veileder/2021/veileder2021_02.pdf) (lest 11.03.2022).

## F

**FAGUS. (2012).** *www.klimagassregnskap.no, nå med moduler for tomtevalg og uteområde*. Kunnskapsblad fra FAGUS 04/2012. Tilgjengelig fra: <https://fagus.no/wp-content/uploads/2017/09/2012-4-FAGUS-Fakta-Klimagassregnskap.-HA.pdf> (lest 14.04.2022).

**FAGUS. (2021).** *Grønn Galla 2021*. Tilgjengelig fra: [https://fagus.no/min-kalender/?mc\\_id=270](https://fagus.no/min-kalender/?mc_id=270) (lest 25.02.2022).

**Fjeld, B. (2020, 14. april).** Blomster og planter merkes med Nyt Norge. *Utemiljø*. Tilgjengelig fra: [Bhttps://www.utemiljonytt.no/blomster-og-planter-merkes-med-nyt-norge/](https://www.utemiljonytt.no/blomster-og-planter-merkes-med-nyt-norge/) (lest 18.03.2022).

**Fjellstad, K. B. (2021).** *Alm*. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/tema/skog/skoggenetiske-ressurser/treslag-i-norge/alm> (lest 10.03.2022).

**FN-sambandet. (2020).** *Parisavtalen*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen> (lest 17.01.2022).

**FN-sambandet. (2022a).** *Bærekraftige byer og lokalsamfunn*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/baerekraftige-byer-og-lokalsamfunn> (lest 17.01.2022).

**FN-sambandet. (2022b).** *Stoppe klimaendringene*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/stoppe-klimaendringene> (lest 17.01.2022).

**Forestry Commission. (2022).** *What is biomass?: Forestry Commission*. Tilgjengelig fra: <https://www.forestry.gov.uk/fr/beeh-9uhlqv> (lest 13.01.2022).

**Fremtidens Byggenæring. (2017, 8. september).** *Ny løsning for klimagassregnskap.no*. Tilgjengelig fra: <https://www.fremtidensbygg.no/ny-losning-for-klimagassregnskap-no/> (lest 14.04.2022).

**Fuglseth, M. (2020).** *LCA og miljøvurderinger*. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (forelesning 28.02.2020).

**FutureBuilt. (2022).** *Vil du bygge plusslandskap?* Tilgjengelig fra: <https://www.futurebuilt.no/Nyheter#!/Nyheter/Vil-du-bygge-plusslandskap> (lest 15.04.2022).

## G

**Givaudan, N., Wiegand, C., Le Bot, B., Renault, D., Pallois, F., Llopis, S., & Binet, F. (2014).** Acclimation of earthworms to chemicals in anthropogenic landscapes, physiological mechanisms and soil ecological implications. *Soil Biology & Biochemistry*, 73: 49-58. doi: 10.1016/j.soilbio.2014.01.032.

**Grasbekk, B. S. (2013).** *Spiselige landskap - Forslag til hvordan økologisk estetikk kan forsvare økologisk hensynsfull landskapsarkitektur*. Masteroppgave. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Tilgjengelig fra: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmloi/bitstream/handle/11250/188467/Grasbekk%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (lest 27.04.2022).

**Grønn byggallianse. (2020).** *Klimakur for bygg og eiendom*. Tilgjengelig fra: <https://byggalliansen.no/kunnskapscenter/publikasjoner/infopakkeklimakjempen/> (lest 17.01.2022).

**Grønn Byggallianse. (2021).** *Nå kan du lære klimagassregnskap via e-læring*. Tilgjengelig fra: <https://www.mynewsdesk.com/no/byggalliansen/pressreleases/naa-kan-du-laere-klimagassregnskap-via-e-laering-3140373> (lest 23.02.2022).

**Grøtvedt, P. (2020).** *Estetikken som forsvant fra arkitekturen*. Tilgjengelig fra: <https://www.tb.no/estetikken-som-forsvant-fra-arkitekturen/o/5-76-1257879> (lest 26.04.2022).

**Gu, C., Crane, J. I., Hornberger, G. & Carrico, A. (2015).** The effects of household management practices on the global warming potential of urban lawns. *Journal of Environmental Management*, 151: 233-242. doi: 10.1016/j.jenvman.2015.01.008.

Guinée, J. B., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., Ekvall, T. & Rydberg, T. (2011). Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future. *Environmental Science & Technology*, 45: 90–96. doi: 10.1021/es101316v.

## H

**Hansen, O. B. (2022, 4. februar).** Gjenbruk av teglstein. *Park & Anlegg*. Tilgjengelig fra: <https://parkoganlegg.no/nyheter/gjenbruk-av-teglstein/> (lest 22.04.2022).

**Hovind, J. (2020a).** Klimavennlig og kostnadseffektiv skjøtsel av grasarealer. *Park & anlegg*, 2: 28-31. Tilgjengelig fra: [https://fagus.no/wp-content/uploads/2020/06/klimavennlig-og-kostnadseffektiv-skj%C3%B8tsel-av-gressarealer\\_Hovind\\_parkanlegg2020.pdf](https://fagus.no/wp-content/uploads/2020/06/klimavennlig-og-kostnadseffektiv-skj%C3%B8tsel-av-gressarealer_Hovind_parkanlegg2020.pdf) (lest 15.03.2022).

**Hovind, J. (2020b).** Vakker, kostnadseffektiv og klimavennlig skjøtsel. *Park & anlegg*, 3: 46-51. Tilgjengelig fra: <https://fagus.no/wp-content/uploads/2020/05/vakkerkostnadseffektiv-og-klimavennlig-skj%C3%B8tsel.pdf> (lest 15.03.2022).

**Hovind, J. (2022).** *Samtale med dosent Jorun Hovind ved fakultet for landskap og samfunn (NMBU)*. Ås (16.03.2022).

## I

**IFLA. (2019).** *IFLA DECLARES A CLIMATE AND BIODIVERSITY EMERGENCY*. Tilgjengelig fra: [https://static1.squarespace.com/static/5d16e42a3ae2ee0001a08d34/t/5d7fa3ebf7530f4d296dc970/1568646124158/Climate+Biodiversity+Emergency+Declaration\\_FINAL.pdf](https://static1.squarespace.com/static/5d16e42a3ae2ee0001a08d34/t/5d7fa3ebf7530f4d296dc970/1568646124158/Climate+Biodiversity+Emergency+Declaration_FINAL.pdf) (lest 11.02.2022).

**IPCC. (2022).** Summary for Policymakers. I Shukla, P. R., Skea, J., Slade, R., Al Khourdajie, A., van Diemen, R., McCollum, D., Pathak, M., Some, S., Vyas, P., Fradera, R., Belkacemi, M., Hasija, A., Lisboa, G., Luz, S. & Malley, J. (Red.). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge og New York: Cambridge University Press. doi: 10.1017/9781009157926.001.

**i-Tree Eco (v6.0). (2021).** *Field Guide*. Tilgjengelig fra: <https://www.itreetools.org/documents/274/EcoV6.FieldManual.2021.10.06.pdf> (lest 31.01.2022).

**IVN Natuureducatie. (u.å.).** *What are the effects of a Tiny Forest®?* Tilgjengelig fra: <https://www.ivn.nl/tinyforest/tiny-forest-worldwide/effects-tiny-forest> (lest 09.03.2022).

## J

**Jakobsen, I. U., Kallbekken, S. & Lahn, B. (2021).** Parisavtalen. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/Parisavtalen> (lest 29.03.2022).

**Jenny, H. (1941).** *Factors of soil formation: a system of quantitative pedology*. New York: Dover publications. Tilgjengelig fra: [https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA\\_NRCSCconsumption/download?cid=nrcseprd1330210&ext=pdf](https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA_NRCSCconsumption/download?cid=nrcseprd1330210&ext=pdf) (lest 12.01.2022).

**Johnsrud, H. (2022).** *Digital samtale med Hanne Johnsrud og Mallory Holien Mo fra Bykuben*. Ås (15.02.2022).

**Joner, E. (2019).** Samspill med sopparter og meitemark (og effekter av mikroorganismer og jordfauna). I Rasse, D., Økland, I., Bárcena, T. G., Riley, H., Martinsen, V., Sturite, I., Joner, E., O'Toole, A., Øpstad, S., Cottis, T. & Budai, A. (Red.). *Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord*. Rapport fra NIBIO 36/2019. Tilgjengelig fra: [https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2591077/NIBIO\\_RAPPORT\\_2019\\_5\\_36.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2591077/NIBIO_RAPPORT_2019_5_36.pdf?sequence=2&isAllowed=y) (lest 11.01.2022).

## K

**Kato, S. & Ahern, J. (2008).** 'Learning by doing': Adaptive planning as a strategy to address uncertainty in planning. *Journal of Environmental Planning and Management*, 51 (4): 543–559. doi: 10.1080/09640560802117028.

**Kjeldsen, R. & Bedin, T. (2020).** *Karbonets kretsløp*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/subject:1:f18b0daa-6507-4025-8998-b8a11c8ccc70/topic:7:ff48ed85-dbc5-4b98-a3b2-4212fd341c1a/topic:1:821c4c4e-8fb6-45be-a35d-d61ab59e95d8/resource:b5625e7e-aedf-4c5a-ab09-a8db438896e6> (lest 13.01.2022).

**Klima- og miljødepartementet. (2021).** *Klimaendringer og norsk klimapolitikk*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/> (lest 17.01.2022).

**Kuittinen, M., Moinel, C. & Adalgeirsdottir, K. (2016).** Carbon sequestration through urban ecosystem services: A case study from Finland. *Science of The Total Environment*, 563-564: 623-632. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.03.168.

**Kuittinen, M., Zernicke, C., Slabik, S. & Hafner, A. (2021a).** How can carbon be stored in the built environment? A review of potential options. *Architectural Science Review*, 1-17. doi: 10.1080/00038628.2021.1896471.

**Kuittinen, M., Hautamaki, R., Tuhkanen, E-M., Riikonen, A. & Ariluoma, M. (2021b).** Environmental Product Declarations for plants and soils: how to quantify carbon uptake in landscape design and construction? *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26: 1100-1116. doi: 10.1007/s11367-021-01926-w.

**Kyrkjeeide, M. O., Bartlett, J., Rusch, G., Sandvik, H. & Nordén, J. (2020).** *Karbonlagring i norske økosystemer (revidert utgave)*. NINA Temahefte 76b. Norsk institutt for naturforskning. Tilgjengelig fra: <https://hdl.handle.net/11250/2655582> (lest 10.01.2022).

## L

**Landscape Institute. (2021).** *Landscape for 2030: How landscape practice can respond to the climate crisis*. Tilgjengelig fra: [https://www.aila.org.au/common/Uploaded%20files/\\_AILA/Resource%20library/Climate%20Positive%20Design/12510-LANDSCAPE-2030.pdf](https://www.aila.org.au/common/Uploaded%20files/_AILA/Resource%20library/Climate%20Positive%20Design/12510-LANDSCAPE-2030.pdf) (lest 11.02.2022).

**Larsen, H. M. (2021, 2. oktober).** Dette er Støres klimaløfte til barnebarna. VG. Tilgjengelig fra: <https://www.vg.no/nyheter/i/V9GLj1/dette-er-stoeres-klimaloeft-til-barnebarna> (lest 11.04.2022).

**Lee-Hsueh, L. (2018).** *Ecological Aesthetics: Design Thinking to Landscape Beauty with Healthy Ecology*. I: A. Almusaed (red.) *Landscape Architecture - The Sense of Places, Models and Applications*. London: IntechOpen. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.5772/intechopen.73615>.



**Leigland, L. E. (2021).** *FNs klimarapport: En alarm for menneskeheten*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/nyheter/fns-klimarapport-en-alarm-for-menneskeheten> (lest 08.02.2022).

**Lillesund, V. F., Hansen, R. V., Kvalevåg, M. M., Vold, E. M., Husby, V., Bråten, K. G., Opsahl, J & Økstad, E. (2018).** *Utfasing av uttak og bruk av torv – Kunnskapsutredning om konsekvenser for naturmangfold, klima, næring og forbrukere*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m951/m951.pdf> (lest 22.04.2022).

**Lind, E. (2020).** *Hur grönt är ett stadsträd? : ett stadsträds klimatavtryck ur ett livscykelperspektiv*. Masteroppgave. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. Tilgjengelig fra: <https://stud.epsilon.slu.se/15524/> (lest 03.01.2022).

**Lindén, L., Riikonen, A., Setälä, H. & Yli-Pelkonen, V. (2020).** Quantifying carbon stocks in urban parks under cold climate conditions. *Urban Forestry & Urban Greening*, 49 (126633). doi: 10.1016/j.ufug.2020.126633.

**Lynn, D. (2020).** *Landscape architecture for carbon sequestration*. Masteroppgave. Oregon: University of Oregon. Tilgjengelig fra: [https://issuu.com/dmlynn/docs/lynn\\_mla\\_project](https://issuu.com/dmlynn/docs/lynn_mla_project) (lest 03.01.2022).

**Lønning, D. J. (2017).** *Jordboka: Det fantastiske universet under føtene våre*. Sirevåg: Forlaget Nyskaping.

**Lønning, D. J. (2019).** *Jordboka II. Nærare naturen. Inn i det kompostmoderne*. Sirevåg: Forlaget Nyskaping.

## M

**Malmö stad (2020, 1. juli).** Träd är viktiga! *Malmö stad*. Tilgjengelig fra: <https://malmo.se/Aktuellt/Artiklar-Malmo-stad/2020-07-01-Trad-ar-viktiga.html> (lest 26.04.2022).

**Manum, S. B. (2018).** Lignin. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/lignin> (lest 12.04.2022).

**McHarg, I. L., Margulis, L., Corner, J. & Hawthorne, B. (2007).** *Ian McHarg: Conversations with students : dwelling in nature*. New York: Princeton Architectural Press.

**McPherson, E. G. & Simpson, J. R. (1999).** *Carbon Dioxide Reduction Through Urban Forestry: Guidelines for Professional and Volunteer Tree Planters*. Rapport PSW-GTR-171 fra Pacific Southwest Research Station. doi: 10.2737/PSW-GTR-171 (lest 10.03.2022).

**Milcu, A., Roscher, C., Gessler, A., Bachmann, D., Gockele, A., Guderle, M., Landais, D., Piel, C., Escape, C., Devidal, S., Ravel, O., Buchmann, N., Gleixner, G., Hildebrandt, A., & Roy, J. (2014).** Functional diversity of leaf nitrogen concentrations drives grassland carbon fluxes. *Ecology Letters*, 17 (4): 435-444. doi: 10.1111/ele.12243.

**Miljødirektoratet. (2019).** *Tabell for omregning til CO2-ekvivalenter*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energiplanlegging/tabell-for-omregning-av-co2-ekvivalenter/> (lest 13.01.2022).

**Miljødirektoratet, Statens vegvesen, Kystverket, Landbruksdirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat og Enova. (2020).** *Klimakur 2030: Tiltak og virkemidler mot 2030*. Tilgjengelig fra: [miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf](https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf) (lest 08.03.2022).

**Miljøstatus. (2020).** *Klimagassutslipp fra veitrafikk i Norge*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-fra-veitrafikk/> (lest 24.03.2022).

**Mozingo, L. A. (1997).** The Aesthetics of Ecological Design: Seeing Science as Culture. *Landscape Journal*, 16 (1): 46-59. Tilgjengelig fra: <http://www.jstor.org/stable/43324306> (lest 27.04.2022).

**Muhl, M., Berger, M. & Finkbeiner, M. (2021).** Distance-to-target weighting in LCA—A matter of perspective. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26: 114–126. doi: 10.1007/s11367-020-01837-2.

**Multiconsult. (u.å.).** *Miljørådgivning*. Tilgjengelig fra: <https://www.multiconsult.no/tjenester/miljoradgivning/> (lest 23.02.2022).

## N

**Nakhro, N. & Dkhar, M. S. (2010).** Impact of Organic and Inorganic Fertilizers on Microbial Populations and Biomass Carbon in Paddy Field Soil. *Journal of Agronomy*, 9: 102-110. doi: 10.3923/ja.2010.102.110.

**NIBIO. (2017a).** *Biokull*. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/biokull> (lest 14.03.2022).

**NIBIO. (2017b).** *Organisk materiale*. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/organisk-materiale> (lest 12.01.2022).

**NLA. (2021).** «Endring» NLAs fagdag 17. september i Larvik. Tilgjengelig fra: <https://landskapsarkitektur.no/aktuelt/forside-aktuelt/2021/ending-nlas-fagdag-17-september-i-larvik> (lest 25.03.2022).

**Nord, B. A. (2022, 10. februar).** Nye motorveier: Politikerne informeres om en brøkdel av utslippene. *NRK*. Tilgjengelig fra: [https://www.nrk.no/klima/nye-motorveier\\_-vei-utslippene-mye-hoyere-enn-statsbudsjettet-forteller-1.15754552](https://www.nrk.no/klima/nye-motorveier_-vei-utslippene-mye-hoyere-enn-statsbudsjettet-forteller-1.15754552) (lest 23.02.2022).

**Norsk biokullnettverk. (2020).** *Biokull i bymiljø*. Tilgjengelig fra: <https://www.biokull.info/ulike-bruksomrder-for-biokull-1/3-biokull-i-urbane-milj> (lest 11.03.2022).

**Norsk landbrukssamvirke. (2019).** *Hvordan fungerer egentlig karbonkretsløpet?* Tilgjengelig fra: <https://www.landbruk.no/biookonomi/hvordan-fungerer-egentlig-karbonkretsløpet/> (lest 13.01.2022).

**Nowak, D. J. (1993).** Atmospheric Carbon Reduction by Urban Trees. *Journal of Environmental Management*, 37 (3): 207-217. doi: 10.1006/jema.1993.1017.

**Nowak, D. J. & Crane, D. E. (2002).** Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, 116 (3): 381–389. doi: 10.1016/S0269-7491(01)00214-7.

**Nowak, D. J., Stevens, J. C., Sisinni, S. M. & Luley, C. J. (2002).** Effects of urban tree management and species selection on atmospheric carbon dioxide. *Journal of Arboriculture*, 28 (3): 113-122. doi: 10.48044/jauf.2002.017.

**Nowak, D. J., Greenfield, E. J., Hoehn, R. E. & Lapoint, E. (2013).** Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution*, 178: 229-236. doi: 10.1016/j.envpol.2013.03.019.

**Nowak, D. J. (2020).** *Understanding i-Tree: Summary of Programs and Methods*. Rapport fra United States Department of Agriculture. Tilgjengelig fra: [https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/gtr/gtr\\_nrs200.pdf](https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/gtr/gtr_nrs200.pdf) (lest 07.02.2022).

**NYC Trees (2019).** *About the New York City Street Tree Map*. Tilgjengelig fra: <https://tree-map.nycgovparks.org/tree-map/learn/about> (lest 27.04.2022).

## O

**Olerud, K. & Lahn, B. (2022).** Klimagassutslipp. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/klimagassutslipp> (lest 29.03.2022).

**Olsen, H. & Nyborg, Å. A. (2016).** *Organisk materiale*. NIBIO POP 2 (10). Tilgjengelig fra: <http://hdl.handle.net/11250/2379314> (lest 13.01.2022).

**Oslo kommune. (2021).** *Oslotrær*. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/slik-bygger-vi-oslo/oslotrar/#gref> (lest 08.02.2022).

## P

**Park, H. M. & Jo, H. K. (2021).** Ecological Design and Construction Strategies through Life Cycle Assessment of Carbon Budget for Urban Parks in Korea. *Forests*, 12 (1399). doi: 10.3390/f12101399.

**Pelosi, C., Barot, S., Capowiez, Y., Hedde, M. & Vandenbulcke, F. (2014).** Pesticides and earthworms. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34: 199–228. doi: 10.1007/s13593-013-0151-z.

**Petchey, O. L. & Gaston, K. J. (2006).** Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters*, 9 (6): 741-758. doi: 10.1111/j.1461-0248.2006.00924.x.

**Pickett, S. T. A. & Cadenasso, M. L. (2009).** Altered resources, disturbance, and heterogeneity: A framework for comparing urban and non-urban soils. *Urban Ecosystems*, 12: 23-44. doi: 10.1007/s11252-008-0047-x.

**Pommeresche, R., Frøseth, R. B. & Riley, H. (2019).** Hvordan måles innholdet av organisk materiale og karbon i norsk jord? *Norsk senter for økologisk landbruk*, 1. ISBN: 978-82-8202-079-4.

## R

**Rasse, D. (2019).** Behov for verifisering av karbonbinding. I Rasse, D., Økland, I., Bárcena, T. G., Riley, H., Martinsen, V., Sturite, I., Joner, E., O'Toole, A., Øpstad, S., Cottis, T. & Budai, A. (Red.). *Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord*. Rapport fra NIBIO 36/2019. Tilgjengelig fra: [https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2591077/NIBIO\\_RAPPORT\\_2019\\_5\\_36.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2591077/NIBIO_RAPPORT_2019_5_36.pdf?sequence=2&isAllowed=y) (lest 11.01.2022).

**Rasse, D. & Bárcena, T. G. (2019).** Bruk av planter med større eller dypere rotsystem. I Rasse, D., Økland, I., Bárcena, T. G., Riley, H., Martinsen, V., Sturite, I., Joner, E., O'Toole, A., Øpstad, S., Cottis, T. & Budai, A. (Red.). *Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord*. Rapport fra NIBIO 36/2019. Tilgjengelig fra: [https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2591077/NIBIO\\_RAPPORT\\_2019\\_5\\_36.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2591077/NIBIO_RAPPORT_2019_5_36.pdf?sequence=2&isAllowed=y) (lest 11.01.2022).

**Rasse, D., Økland, I. & Joner, E. (2019).** Innledning. I Rasse, D., Økland, I., Bárcena, T. G., Riley, H., Martinsen, V., Sturite, I., Joner, E., O'Toole, A., Øpstad, S., Cottis, T. & Budai, A. (Red.). *Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord*. Rapport fra NIBIO 36/2019. Tilgjengelig fra: [https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2591077/NIBIO\\_RAPPORT\\_2019\\_5\\_36.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2591077/NIBIO_RAPPORT_2019_5_36.pdf?sequence=2&isAllowed=y) (lest 11.01.2022).

**Reed, S. & Stibolt, G. (2018).** *Climate-wise landscaping: practical actions for a sustainable future*. Gabriola Island: New Society Publishers.

## S

**Sabima (u.å.a).** *Myr*. Tilgjengelig fra: <https://www.sabima.no/trua-natur/myr/> (lest 19.04.2022).

**Sabima (u.å.b).** *Arealendringer*. Tilgjengelig fra: <https://www.sabima.no/hva-truer-naturen/arealendringer/> (lest 18.04.2022).

**Sabima (u.å.c).** *Her får du kjøpt torvfri jord!* Tilgjengelig fra: <https://www.sabima.no/torvfri/> (lest 22.04.2022).

**Sandvik, H. (2008).** Hva global oppvarming ikke handler om. *Naturen*, 132 (6): 274-288. doi: 10.18261/ISSN1504-3118-2008-06-03.

**Schmidt, M. W. I., Torn, M. S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I. A., Kleber, M., Kögel-Knabner, I., Lehmann, J., Manning, D. A. C., Nannipieri, P., Rasse, D. P., Weiner, S. & Trumbore, S. E. (2011).** Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478: 49-56. doi: 10.1038/nature10386.

**Selvig, E., Enlid, E., Arge, N., Hagen, R. & Mason, H. (2018).** *Regneregler for klimagassberegninger i Future Built - Bygg og områder*. Tilgjengelig fra: <https://www.futurebuilt.no/content/download/12110/85713> (lest 18.01.2022).

**Setälä, H. M., Francini, G., Allen, J. A., Hui, N., Jumpponen, A. & Kotze, D. J. (2016).** Vegetation Type and Age Drive Changes in Soil Properties, Nitrogen, and Carbon Sequestration in Urban Parks under Cold Climate. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 4. doi: 10.3389/fevo.2016.00093.

**Skeie, R. (2022).** *Digital samtale med landskapsarkitekt Rune Skeie fra Asplan Viak*. Ås (15.03.2022).

**SLA. (2018).** *The Forest Bath*. Tilgjengelig fra: <https://www.sla.dk/cases/the-forest-bath/> (lest 12.05.2022).

**SLA. (2019).** *Sankt Kjeld's Square and Bryggervangen*. Tilgjengelig fra: <https://www.sla.dk/cases/sankt-kjelds-square-and-bryggervangen/> (lest 08.05.2022).

**SNL. (2005-2007).** Landskapsarkitektur i Norge. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/landskapsarkitektur> (lest 25.03.2022).

**Solfjeld, E. (2017).** *Bevaring og sikring av trær i forbindelse med bygge- og anleggsvirksomhet*. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (forelesning 07.11.2017).

**Spirn, A. W. (2001).** The Authority of Nature: Conflict and Confusion in Landscape Architecture and Ecology. I: Spirn, A. W. (red.) *Ecology and Design: Frameworks for Learning*, s. 249-261. Washington DC: Island Press. Tilgjengelig fra: <https://my.vanderbilt.edu/greencities/files/2014/08/Spirn.pdf>.

**SSB. (2019a).** *Økte utslipp fra innenriks luftfart.* Tilgjengelig fra: [https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/artikler-og-publikasjoner/okte-utslipp-fra-innenriks-luftfart?fbclid=IwAR3kQol\\_87vGUkSZju0Zixwe0PAIgi\\_WiqQo50cMVub4xqM76ltDyC4wEhc](https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/artikler-og-publikasjoner/okte-utslipp-fra-innenriks-luftfart?fbclid=IwAR3kQol_87vGUkSZju0Zixwe0PAIgi_WiqQo50cMVub4xqM76ltDyC4wEhc) (lest 20.04.2022)

**SSB. (2019b).** *Avfall fra byggeaktivitet.* Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfall-fra-byggeaktivitet> (lest 24.04.2022).

**Standard Norge. (2006).** *NS-EN ISO 14040:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk.* Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/nettbutikk/produktkatalogen/produktpresentasjon/?ProductID=236802> (lest 29.03.2022).

**Standard Norge. (2018).** *NS 4400:2018 Planteskolevarer Krav til kvalitet, sortering, bunting og merking.* Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=961785> (lest 18.03.2022).

**Standard Norge. (2019).** *NS 3420-ZK:2019 Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner - Del ZK: Skjøtsel og drift av park- og landskapsområder.* Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1104960> (lest 25.04.2022).

**Statens vegvesen. (u.å.).** *Klimagassreduksjoner i anlegg og drift.* Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/miljo-og-omgivelser/klima/klimagassreduksjoner-i-anlegg-og-drift/> (lest 29.03.2022).

**Statens vegvesen. (2016).** *Vegetasjon i veg- og gatemiljø.* Håndbok V271. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-v271.pdf> (lest 04.03.2022).

**Swaffield, S. (2002).** *Theory in Landscape Architecture – A Reader.* Philadelphia: University of Pennsylvania Press.

**Søgaard, G. & Bjørkelo, K. (2018).** *Klimagassregnskap for arealbrukssektoren i Oslo: aktuelle arealbruksoverganger, klimagassutslipp og tiltak.* NIBIO rapport 04/2018. Tilgjengelig fra: [https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2018/12/NIBIO\\_RAPPORT\\_2018\\_4\\_155.pdf](https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2018/12/NIBIO_RAPPORT_2018_4_155.pdf) (lest 28.01.2022).

## U

**UiO. (2018).** *Vegetasjonsanalyse.* Tilgjengelig fra: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/v/vegetasjonsanalyse.html> (lest 08.03.2022).

**UiO. (2019).** *Mulch.* Tilgjengelig fra: <https://www.nhm.uio.no/besok-oss/botanisk-hage/fakta/mulch/> (lest 07.02.2022).

**UNFCCC. (2021).** *Climate Neutral Now: Guidelines for Participation.* Tilgjengelig fra: <https://unfccc.int/documents/271233> (lest 21.01.2022).

**Urban Forests. (u.å.).** *Method.* Tilgjengelig fra: <https://urban-forests.com/miyawaki-method/> (lest 09.03.2022).

**USDA Forest Service, Davey Tree Expert Company, The Arbor Day Foundation, Society of Municipal Arborists, International Society of Arboriculture, Casey Trees & SUNY College of Environmental Science and Forestry. (2020).** *What is i-Tree?* Tilgjengelig fra: <https://www.itreetools.org/about> (lest 27.01.2022).

## V

**Vadseth, R. A. (2022).** *Prosjektbeskrivelse av FutureBuilt ZERO-Landskap* (e-post til Kristiane Holter og Sigrid Bjørgen 24.03.2022).

**Velasco, E., Roth, M., Norford, L. & Molina, L. T. (2016).** Does urban vegetation enhance carbon sequestration? *Landscape and Urban Planning*, 148: 99-107. doi: 10.1016/j.landurbplan.2015.12.003.

**Vanguelova, E. I., Bonifacio, E., De Vos B., Hoosbeek, M. R., Berger, T. W., Vesterdal, L., Armolaitis, K., Celi, L., Dinca, L., Kjønaas, O. J., Pavlenda, P., Pumpanen, J., Püttsepp, Ü., Reidy, B., Simoncic, P., Tobin, B. & Zhiyanski, M. (2016).** Sources of errors and uncertainties in the assessment of forest soil carbon stocks at different scales—review and recommendations. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188 (11): 1-24. doi: 10.1007/s10661-016-5608-5.

**Viken fylkeskommune (2021).** *Masseforvaltning i kommunene*. Tilgjengelig fra: <https://viken.no/Handlers/DownloadPrintPdf.ashx?url=%2f%2fviken.no%2ftjenester%2fklima-miljo-og-natur%2fmasseforvaltning-i-kommunene%2f%3fprint%3d1%26securelevel%3dtoken&title=Masseforvaltning%20i%20kommunene&token=e407fba755a> (lest 20.04.2022).

**Viken fylkeskommune (2022).** *Arealregnskap*. Tilgjengelig fra: <https://viken.no/tjenester/planlegging/kommunal-planlegging/arealregnskap/> (lest 20.04.2022).

## W

**Wardenaar, T., van Ruijven, T. W. J., Mendoza, A., Vad, K., Heijungs, R. & Guinée, J. (2012).** Differences between LCA for analysis and LCA for policy: A case study on the consequences of allocation choices in bio-energy policies. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17 (8): 1059-1067. doi: 10.1007/s11367-012-0431-x.

**Whittinghill, L. J., Rowe, B., Schutzki, R. & Cregg, B. M. (2014).** Quantifying Carbon Sequestration of Various Green Roof and Ornamental Landscape Systems. *Landscape and Urban Planning*, 123: 41-48. doi: 10.1016/j.landurbplan.2013.11.015.

**WWF (u.å.).** *Naturlig karbonlagring*. Tilgjengelig fra: <https://www.wwf.no/dyr-og-natur/naturlig-karbonlagring> (lest 25.03.2022).

## Y

**Yttersian, V. L. & Chartrand, E. (2021).** *Notat Klimagassberegninger Skårerparken - LandskapLCA*. Tilsendt notat fra Asplan Viak (mottatt 21.12.2021). Upublisert manuskript.

## Z

**Zuber, S. M. & Villamil, M. B. (2016).** Meta-analysis approach to assess effect of tillage on microbial biomass and enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*, 97: 176-187. doi: 10.1016/j.soilbio.2016.03.011.

# FIGURLISTE

- Fig. 1** Bannafarsai. (u.å.). *Deforestation aerial photo. Rainforest jungle in Borneo*. Tilgjengelig fra: [https://stock.adobe.com/no/images/deforestation-aerial-photo-rainforest-jungle-in-borneo/222744019?asset\\_id=222744019](https://stock.adobe.com/no/images/deforestation-aerial-photo-rainforest-jungle-in-borneo/222744019?asset_id=222744019) (lest 12.05.2022).
- Fig. 2** Basert på Mazharul, I. K. (2022). *Life Cycle Assessment (LCA)*. Tilgjengelig fra: <https://textilelearner.net/life-cycle-assessment-of-your-clothes/> (lest 12.03.2022).
- Fig. 3** Basert på Kuittinen, M., Zernicke, C., Slabik, S. & Hafner, A. (2021). *The Environmental Product Declarations for plants and soils: how to quantify carbon uptake in landscape design and construction?* Tilgjengelig fra: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-021-01926-w> (lest 17.02.2022).
- Fig. 4** Basert på Kuittinen, M., Zernicke, C., Slabik, S. & Hafner, A. (2021). *The Environmental Product Declarations for plants and soils: how to quantify carbon uptake in landscape design and construction?* Tilgjengelig fra: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-021-01926-w> (lest 17.02.2022).
- Fig. 5** Basert på Kuittinen, M., Zernicke, C., Slabik, S. & Hafner, A. (2021). *The Environmental Product Declarations for plants and soils: how to quantify carbon uptake in landscape design and construction?* Tilgjengelig fra: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-021-01926-w> (lest 17.02.2022).
- Fig. 6** Basert på Climate Positive Design, CMG Landscape Architecture & Atelier Ten (2020). *Landscape Carbon Calculator/Pathfinder*. Tilsendt rapport fra Climate Positive Design. (mottatt 26.10.2021).
- Fig. 7** Basert på Kuittinen, M., Zernicke, C., Slabik, S. & Hafner, A. (2021). *The Environmental Product Declarations for plants and soils: how to quantify carbon uptake in landscape design and construction?* Tilgjengelig fra: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-021-01926-w> (lest 17.02.2022).
- Fig. 8** Basert på Nord, B. A. (2022). *Nye motorveier: Politikerne informeres om en brøkdell av utslippene*. Tilgjengelig fra: [https://www.nrk.no/klima/nye-motorveier\\_-vei-utslippene-mye-hoyere-enn-statsbudsjettet-forteller-1.15754552](https://www.nrk.no/klima/nye-motorveier_-vei-utslippene-mye-hoyere-enn-statsbudsjettet-forteller-1.15754552) (lest 23.02.2022).
- Fig. 9** Eye, M. (2022). *Havnetrappen*. Tilgjengelig fra: <https://meyer.dk/photography/> (lest 28.04.2022).
- Fig. 10** Norsk landbrukssamvirke. (2019). *Hvordan fungerer egentlig karbonkretsløpet?* Tilgjengelig fra: <https://www.landbruk.no/biookonomi/hvordan-fungerer-egentlig-karbonkretsløpet/> (lest 13.01.2022).
- Fig. 11** Sandvik, H. (2008). *Karbonkretsløpet 2005*. Tilgjengelig fra: <http://www.evol.no/hanno/08/Natur1.htm> (lest 13.01.2022).
- Fig. 12** Sandvik, H. (2008). *Karbonkretsløpet 2005*. Tilgjengelig fra: <http://www.evol.no/hanno/08/Natur1.htm> (lest 13.01.2022).

- Fig. 13** Eye, M. (2022). *Beauvaisgrunden*. Tilgjengelig fra: <https://meyer.dk/photography/> (lest 20.04.2022).
- Fig. 14** Basert på Lind, E. (2020). *Hur grönt är ett stadsträd? : ett stadsträds klimatavtryck ur ett livscykelperspektiv*. Tilgjengelig fra: <https://stud.epsilon.slu.se/15524/> (lest 03.01.2022).
- Fig. 15** Wikipedia. (2021). *Measurement of tree diameter at breast height*. Tilgjengelig fra: [https://en.wikipedia.org/wiki/Diameter\\_at\\_breast\\_height](https://en.wikipedia.org/wiki/Diameter_at_breast_height) (lest 13.04.2022).
- Fig. 16** Shostak, A. (2021). Tilgjengelig fra: <https://unsplash.com/photos/IR0m7qvH0-4> (lest 12.04.2022).
- Fig. 17** GreenForce (2020). *Hemp planting at farm* Tilgjengelig fra: [https://unsplash.com/photos/bYZn\\_C-RswQ](https://unsplash.com/photos/bYZn_C-RswQ) (lest 12.04.2022).
- Fig. 18** Basert på Pickett, S. T. A. & Cadenasso, M. L. (2009). *Altered resources, disturbance, and heterogeneity: A framework for comparing urban and non-urban soils*. Tilgjengelig fra: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-008-0047-x> (lest 31.01.2022).
- Fig. 19** Kemper, J. (2021). *Hemp planting at farm* Tilgjengelig fra: <https://unsplash.com/photos/YD5TvbPgmQc> (lest 12.04.2022).
- Fig. 20** Ukjent. (u.å.). *Wooden footpath in winter park*. Tilgjengelig fra: <https://stock.adobe.com/no/> (lest 15.01.2022)
- Fig. 21** Climate Change Resource Center. (2017). *Carbon (Gt C) stored in ecosystems (based on Scharlemann et al., 2014)*. Tilgjengelig fra: <https://www.fs.usda.gov/ccrc/topics/global-carbon> (lest 15.01.2022).
- Fig. 22** Kotangens (u.å.). *Bog swapm walkway to Trolltunga Norway*. Tilgjengelig fra: [https://stock.adobe.com/no/search?k=swamp+norway&search\\_type=usertyped&asset\\_id=237720034](https://stock.adobe.com/no/search?k=swamp+norway&search_type=usertyped&asset_id=237720034) (lest 13.05.2022).
- Fig. 23** Asplan Viak, NMBU & NIBIO. (2022). *Klimagassberegning av landskap*. Tilgjengelig fra: <https://ipaper.ipapercms.dk/AsplanViak/et-rikt-liv-i-paradis/> (lest 02.05.2022).
- Fig. 24** Basert på KanEnergi AS. (2000). *Påvirkningsmuligheten i et prosjekt er størst ved initiering og avtar senere*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/kilde/md/hdk/2002/0009/ddd/pdfv/149327-rapport-pbl-2000.pdf> (lest 18.04.2022).
- Fig. 25** Basert på KanEnergi AS. (2000). *Påvirkningsmuligheten i et prosjekt er størst ved initiering og avtar senere*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/kilde/md/hdk/2002/0009/ddd/pdfv/149327-rapport-pbl-2000.pdf> (lest 18.04.2022).
- Fig. 26** SLA. (u.å.). *Sankt Kjeld's Square and Bryggervangen*. Tilgjengelig fra: <https://www.sla.dk/cases/sankt-kjelds-square-and-bryggervangen/> (lest 10.05.2022).
- Fig. 27** Holte, Å. (2019). *Testbed Ruseløkkveien*. Tilgjengelig fra: <https://www.asplanviak.no/prosjekter/testbed-ruseloekkveien/> (lest 08.05.2022).
- Fig. 28** SLA (u.å.). *Gellerup New Nature Park*. Tilgjengelig fra: <https://www.sla.dk/cases/gellerup-new-nature-park/> (lest 08.05.2022).



- Fig. 29** Isakesen, T. (2021). *Campus Ås åpning*. Tilgjengelig fra: <https://www.statsbygg.no/nyheter/velkommen-til-offisiell-apning-av-veterinaerbygningen-pa-campus-as> (lest 02.05.2022).
- Fig. 30** Pir II. (2021). *Gruehagan*. Tilgjengelig fra: <https://www.statsbygg.no/nyheter/velkommen-til-offisiell-apning-av-veterinaerbygningen-pa-campus-as> (lest 25.04.2022).
- Fig. 31** SLA. (2021). *Herlev Hospital*. Tilgjengelig fra: <https://www.sla.dk/cases/herlev-hospital/> (lest 29.04.2022).
- Fig. 32** SLA. (2021). *The Forest Bath*. Tilgjengelig fra: <https://www.sla.dk/cases/the-forest-bath/> (lest 29.04.2022).
- Fig. 33** Jansen, A. (2021). *Meadow*. Tilgjengelig fra: <https://eu.news-leader.com/story/news/localozarks/2017/05/16/less-mowing-more-public-property-could-help-reduce-flooding-city-hopes/101758664/> (lest 25.04.2022).
- Fig. 34** Kettering BC. (2020). Tilgjengelig fra: <https://twitter.com/ketteringbc/status/1251155227513778179> (lest 08.05.2022).
- Fig. 35** Östberg, J. (2020). *#Treetags*. Tilsendt foto. (mottatt 26.04.2022).
- Fig. 36** Johnsrud, H. (2020). *Oslotrær*. Tilsendt foto. (mottatt 27.04.2022).
- Fig. 37** NYC Parks. (2019). *New York City Street Tree Map*. <https://tree-map.nycgovparks.org/tree-map/borough/4> (lest 25.04.2022).
- Fig. 38** NYC Parks. (2019). *New York City Street Tree Map*. <https://tree-map.nycgovparks.org/tree-map/borough/4> (lest 25.04.2022).
- Fig. 39** SLA. (2021). *Herlev Hospital*. Tilgjengelig fra: <https://www.sla.dk/cases/herlev-hospital/> (lest 29.04.2022).

# VEDLEGG

Vedlegg 1: Kontaktpersoner.

Vedlegg 2: Beskrivelse av Pathfinder.

Vedlegg 3: Climate Positive Design Scorecard.

# VEDLEGG 1

## KONTAKTPERSONER

LARK = Landskapsarkitekt

Navn	Stilling	Relevans	Tidspunkt
Christina Krohn Skjæveland	LARK (Landskaperiet AS)	Schous plass, BGF	04.02.2022
David Barton	Seniorforsker (NINA)	BGF, i-Tree	03.01.2022
Deanna Lynn	LARK (Wildland Workshop)	Relevant masteroppgave	01.02.2022
Erik Lind	LARK (Tyréns AB)	Relevant masteroppgave	21.12.2021
Espen Reinjord Evensen	LARK (Asplan Viak)	Veiledning på tematikk	20.01/13.04.2022
Gunnhild Sjøgaard	Forskningsjef (NIBIO)	Karbonlagring	07.01.2022
Hanne Johnsrud	Prosjektleder (Oslotrær)	Karbonbinding i trær	15.02.2022
Hans Martin Hanslin	Forsker (NIBIO)	Karbonlagring i jord	20.01/18.03.2022
Henrik Sjöman	Professor (SLU)	Veiledning på tematikk	12.01.2022
Johan Östberg	Professor (SLU)	i-Tree	02.12.2021
Kathrine Strøm	Professor (NMBU)	Veiledning på tematikk	14.01.2022
Mallory Holien Mo	LARK (Oslo kommune)	Oslotrær	15.02.2022
Mari Myrene	Daglig leder (FAGUS)	Veiledning på tematikk	08.04.2021
Mari-Ann Thorsen Ekern	LARK (Asplan Viak)	Veiledning på tematikk	20.01/13.04.2022
Pamela Conrad	LARK (Climate Positive Design)	Veiledning på tematikk	19.01.2022
Rune Skeie	LARK (Asplan Viak)	Veiledning på tematikk	Feb 2021-d.d.
Vidar Lind Yttersian	Miljørådgiver (Asplan Viak)	LCA	Jan 2022-d.d.

# VEDLEGG 2

## HVA INKLUDERER PATHFINDER?

Klimafotavtrykket til et landskapsprosjekt beregnes basert på tre hoveddeler: utslipp før og etter ferdigstilling, og karbonbinding i vegetasjon. Verktøyet beregner netto GWP per år, hvor mye karbon som tas opp hvert år og hvor mange år det tar før prosjektet er klimanøytralt (se del 2.1 for begrepsavklaring). Hva som ligger til grunn i de tre hoveddelene vil presenteres under og tar utgangspunkt i veilederen fra Climate Positive Design et al. (2020). Fokuset er primært på vegetasjon og jord, men vi adresserer materialenes innvirkning der det er relevant. Denne veilederen er to år gammel og da programvaren oppdateres kontinuerlig kan det være noen endringer i dagens verdier.

### **1) KLIMAFOTAVTRYKK FØR FERDIGSTILLING:**

Klimafotavtrykket før ferdigstilling er summen av klimagassutslipp til materialer som er nødvendige for å bygge landskapsprosjektet. Her inkluderes klimagassutslippene til utvinning, produksjon, transport, installering, bruk og vedlikehold, samt erstatning av konstruksjonsmaterialer. Datagrunnlaget tar utgangspunkt i ulike LCA-databaser og EPDer fra produsenter. For eksisterende vegetasjon og jord er datagrunnlaget basert på akademiske studier som refereres til de aktuelle postene i verktøyet. Utviklerne av Pathfinder er klar over at jordtype, eksisterende vegetasjon og lokasjon gir varierte verdier, men de har valgt å bruke én verdi som et estimert

utgangspunkt. Håndtering av felte trær er også inkludert, der antalltrær, type tre og hvordan trærne skal håndteres kan føres inn. Når prosjektet er ferdig bygget, kaller de det "år 0".

### **2) ETTER FERDIGSTILLING:**

Etter at landskapsprosjektet er ferdig etablert vil utslippene primært være knyttet til vedlikehold. Her inngår utslippene fra maskiner som brukes til klipping, beskjæring og fjerning av løv til trær og busker, samt bruk av gjødsel. Det kan spesifiseres om maskinene er elektriske eller bruker fossilt drivstoff. Datagrunnlaget som brukes til beregningene her er basert på litteratur der de aktuelle kildene henvises til Pathfinder.

### **3) KARBONLAGRING:**

I byggefasen skal jord og planter transporteres inn og etableres. Da vil det i starten være noe utslipp, men etter etablering vil karbonopptak beregnes. Når vegetasjon skal føres inn i Pathfinder velges en vekstsone som er ganske grovt fordelt. For eksempel vil Norge være i samme vekstsone som Canada, hele Russland og Grønland. Derfor vil ikke beregningene gjenspeile variasjonen for herdighet som er innad i et land. Karbonlagring i jord inngår ikke direkte i verktøyet, siden det mangler god data som tallfester hvor mye CO<sub>2</sub> som jorda binder hvert år.

# DATAGRUNNLAGET FOR VEGETASJON

Datagrunnlaget for trær og busker er hovedsakelig innhentet og modifisert fra USDA Forest Service. Her velges vekstzone, størrelse ved fullvokst alder (liten, medium eller stor) og type tre (eviggrønn eller løvfellende). Kalkuleringen er grov og baseres på hastigheten tretypen har til å binde karbon ved fullvokst alder på årlig basis. Disse beregningene påvirkes av to faktorer. Den ene tar for seg hvor stort opptak og nedbrytning et fullvokst tre kan forvente å ha for den gitte aldersperioden. Den andre faktoren ser på overlevelsen og hvor stor sannsynlighet tretypen har til å overleve ved den gitte aldersperioden.

For busker modifiseres beregningene basert på datagrunnlaget til trær. For eksempel vil karbonopptaket til en stor busk være verdien til et lite eviggrønt eller løvfellende tre som divideres på 3, uavhengig av vekstzone. En mellomstor busk vil ha halvparten av verdien til en stor busk, og halvparten av denne verdien igjen vil være verdien for en

liten busk. Levetiden til busker er kortere, og derav korrigeres også faktorene for alder og overlevelse. For både trær og busker så inkluderes en prosentandel av døde planter som må erstattes. For hvert 20. år forventes det at 15 % av trærne må byttes ut. Siden busker har en forventet levetid på 10 år legges det til grunn at 100 % må plantes på nytt hvert 10 år.

Pathfinder inkluderer også plen, flerårig planter og våtmark. For plenarealer vil klimafotavtrykket avhenge av hvor ofte det klippes, gjødsles og vannes. Karbonlagring i jord inngår ikke (Climate Positive Design et al., 2020).

Hvorvidt de akademiske studiene er tilpasset urbane forhold er ikke spesifisert. Kalkulatoren har som nevnt svært grove vekstsoner som ikke møter lokale klimatiske forhold som herdighetssone, lengde på vekstsesong og temperatur. Beregningene er heller ikke på artsnivå som kan være avgjørende for hvor godt plantene evner til å binde karbon og trives.

## VEKSTSONER I PATHFINDER

Vekstsonene globalt er basert på verdiene innad i USDA sine vekstsoner, og bestemmes ut fra antall vekstdager per år og prosjektets geografiske lokasjon.



(Climate Positive Design et al., 2020).

## CLIMATE POSITIVE DESIGN SCORECARD

Tall på utvalgt vegetasjon:

Climate Positive Design Scorecard		Project Name	Masterberegni
		Type of project	Park
<b>Materials</b>		Evergreen Large trees	722 kg
<b>Element</b>	<b>Total impact</b>	Deciduous Large trees	615 kg
Organic Mulch	0 kg	Evergreen Small trees	31 kg
Organic Mulch	0 kg	Deciduous Medium trees	380 kg
Asphalt - Vehicular	974.3 kg	Evergreen Medium trees	104 kg
Stabilized Crushed Stone	38.8 kg	Deciduous Small trees	81 kg
Stone Paving	990.7 kg	Deciduous Medium trees	0 kg
Wood Decking	37.8 kg	<b>Subtotal</b>	<b>3,287 kg</b>
<b>Subtotal</b>	<b>2,042 kg</b>	<b>Operations</b>	
<b>Plants</b>		<b>Element</b>	<b>Total impact</b>
<b>Element</b>	<b>Total impact</b>	Leaf blowers/Vacuums	0 kg
Intensive management lawn	98 kg	Trimmers/Edgers/Cutters	28,440.3 kg
Minimal management lawn	17.3 kg	Lawn-mowers	0 kg
No-mow lawn	397 kg	Chainsaws	118.8 kg
Perennial Grasses perennials	397 kg	Existing Trees Impact - Evergreen Large	620 kg
Perennials	397 kg	Existing Trees Impact - Deciduous Large	590 kg
Deciduous Small shrubs	50 kg	Leaf blowers/Vacuums	0 kg
Deciduous Medium shrubs	50 kg	Regrading	0.9 kg
Deciduous Large shrubs	50 kg	Volume of Soil off-hauled	116.9 kg
Evergreen Small shrubs	26 kg	Volume of Soil imported	116.9 kg
Evergreen Medium shrubs	26 kg	Applied NPK to shrubs	0 kg
Evergreen Large shrubs	26 kg	Organic Fertilizer	0 kg
Deciduous Small shrubs	50 kg		
<b>Subtotal</b>	<b>27,584 kg</b>		
<b>Net Impact over 50 Years</b>			<b>26,339 kg CO2-eq</b>

Scenario 1:

### Climate Positive Design Scorecard

Plants

Element	Total impact
Intensive management lawn	9,801.6 kg
Deciduous Large trees	3,108 kg
Deciduous Small trees	322 kg
Evergreen Large trees	1,430 kg
<b>Subtotal</b>	<b>4,942 kg</b>
<b>Net Impact over 50 Years</b>	<b>4,942 kg CO2-eq</b>

Scenario 2:

### Climate Positive Design Scorecard

Plants

Element	Total impact
Minimal management lawn	1,212.8 kg
Deciduous Small shrubs	1,952 kg
Deciduous Medium shrubs	2,252 kg
Deciduous Large shrubs	1,952 kg
Evergreen Small shrubs	278 kg
Evergreen Medium shrubs	331 kg
Evergreen Large shrubs	278 kg
Deciduous Large trees	5,000 kg
Deciduous Small trees	322 kg
Evergreen Large trees	1,430 kg
Evergreen Small trees	31 kg
<b>Subtotal</b>	<b>12,613 kg</b>
<b>Net Impact over 50 Years</b>	<b>12,613 kg CO2-eq</b>

Scenario 3:

### Climate Positive Design Scorecard

Plants

Element	Total impact
Intensive management lawn	1,960.3 kg
No-mow lawn	11,910.1 kg
Deciduous Small shrubs	3,278 kg
Deciduous Medium shrubs	3,778 kg
Deciduous Large shrubs	3,278 kg
Evergreen Small shrubs	457 kg
Evergreen Medium shrubs	533 kg
Evergreen Large shrubs	457 kg
Deciduous Large trees	8,729 kg
Deciduous Small trees	481 kg
Evergreen Large trees	1,430 kg
Evergreen Small trees	31 kg
<b>Subtotal</b>	<b>32,402 kg</b>
<b>Net Impact over 50 Years</b>	<b>32,402 kg CO2-eq</b>

Automatisk miks av busker:

Add shrubs

Area  m<sup>2</sup>

Foliage  50% Deciduous 50% Evergreen

Shrub sizes

- Small - Mature height below 3ft (1m) - 18" spacing
- Medium - Mature height 3-6ft (1-2m) - 24" spacing
- Large - Mature height above 6ft (2m) - 36" spacing

33% small 34% medium 33% large



**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway