

Utslippsfrie byggeplasser

State of the art
Veileder for innovative anskaffelsesprosesser



SINTEF Fag

Selamawit Mamo Fufa, Sofie Mellegård, Marianne Kjendseth Wiik, Cecilie Flyen, Geir Håsele, Lukas Bach,
Pablo Gonzalez, Erlend Salberg Løe og Flemming Idsøe

Utslippsfrie byggeplasser

State of the art

Veileder for innovative anskaffelsesprosesser

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Fag 49

Selamawit Mamo Fufa, Sofie Mellegård, Marianne Kjendseth Wiik, Cecilie Flyen, Geir Håsele, Lukas Bach, Pablo Gonzalez, Erlend Salberg Løe og Flemming Iidsøe

Utslippsfrie byggeplasser

State of the art

Veileder for innovative anskaffelsesprosesser

Emneord: utslippsfrie byggeplasser, fossilfri byggeplasser, prosess, energibruk, livsløpsanalyse, optimering, krav til utslippsfrie byggeplasser

ISSN 1894-2466

ISBN 978-82-536-1589-9 (pdf)

Foto, omslag: SINTEF Byggforsk

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2018

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser.

Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Byggforsk

Forskningsveien 3 B

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf: 73 59 30 00

www.sintef.no/byggforsk

www.sintefbok.no

Forord

Forprosjektet om utslippsfrie byggeplasser ble innvilget av Regionale Forskningsfond Hovedstaden (RFFHSTAD) i mars 2017, og har Omsorgsbygg som prosjekteier, SINTEF Byggforsk som prosjektleder og SINTEF Digital, Skanska og Bellona som partnere.

Arbeidet er utført av en flerfaglig arbeidsgruppe med deltakere fra SINTEF og partnere. Selamawit Mamo Fufa, Sofie Mellegård og Marianne Kjendseth Wiik fra SINTEF Byggforsk har ført rapporten i pennen, med tekstlige bidrag og innspill fra Lukas Bach og Geir Hasle fra SINTEF Digital, Pablo Gonzalez, Erlend Salberg og Randi Lekanger fra SKANSKA, og Flemming Idsøe fra Omsorgsbygg. Cecilie Flyen, Christofer Skaar, Andreas Økland og Christoffer Venås fra SINTEF Byggforsk er kvalitetssikrere i prosjektet.

Oslo, 24.8.2018

Partow Pakdel Henriksen
Forskningsjef
SINTEF Byggforsk

Selamawit Mamo Fufa
Prosjektleder
SINTEF Byggforsk

Sammendrag

Forprosjektet om utslippsfrie byggeplasser har hovedfokus på fagfeltene samferdsel og transport og skal bidra til at Oslo kommune kan stille bedre krav til utslippsfrie byggeplasser gjennom innovative offentlige anskaffelser ved å benytte resultater og metodikk fra FoU. Forprosjektet omfatter arbeid med å identifisere drivere og barrierer samt å se på muligheter og utfordringer som påvirker dagens anskaffelsespraksis med særlig fokus på fossil- og utslippsfri byggeplass. Målet er å utarbeide et grunnlag og anbefalinger til hvordan man kan sette mål og krav og utføre tiltak i de ulike fasene i byggeprosessen for å redusere utslipp fra byggeplassen. Grunnlaget tar inn erfaringer fra funn i prosjektets casestudie og har fokus på fire utvalgte temaer: prosesser, energibruk, optimering ved muliggjørende teknologier og livsløpsanalyser. Prosjektets rammer og tematikkens store omfang og kompleksitet begrenser oppgaven til å omhandle den norske byggenæringen.

Rapporten er basert på en gjennomgang av teori, eksempler på eksisterende praksis samt tidligere- og pågående forskning. Rapporten gjennomgår eksempler på hvilke tiltak for reduksjon av utslipp som allerede er på plass, og hvilke tiltak som enkelt kan implementeres. I løpet av prosjektperioden er det også samlet inn erfaringer og beregningsgrunnlag for utslipp fra Lia Barnehage, som er referansecase i studien. Lia Barnehage er utført som en totalentreprise og omfatter prosjektering og bygging en 10-bases barnehage i Harald Sohlbergs vei 19–21 i bydel Alna, Oslo. Skanska Husfabrikken er totalentreprenør (TE) og OBY er byggherre. Barnehagen bygges i henhold til TEK10 samt at det bygges som plusshus. Videre blir barnehagen BREEAM-NOR sertifisert i klasse "Very good".

Tidligere undersøkelser viste at utslipp fra byggefasen i størrelsesorden ligner på miljøbelastningen fra byggets bruksfase. Mangel på systemgrenser og data, samt usikre utslippsfaktorer og metodevalg, gjør at det er stor usikkerhet knyttet til de direkte og især de indirekte utslippene i byggefasen. Det er i dag heller ingen felles forståelse av begrepene fossilfri og utslippsfri byggeplass, og hvilke aktiviteter som inngår i dette. Bruk av eksperter i tidligfase vil bidra til å sette systemgrensene og omfanget for prosjektet, samt i størst mulig grad gi muligheten til å vurdere bærekraften av aktivitetene i byggefasen. Dette gjelder både sosiale, økonomiske og miljømessige konsekvenser. Man må unngå at miljøbelastningen skiftes til et annet sted i verdikjeden eller skaper et sosialt problem. En omfattende livssyklusanalyse vil også gi større mulighet til å identifisere de mest virkningsfulle og reelle tiltakene tidligst mulig.

Gjeldende energibruk sees det også i forprosjektet på lav- og nullutslippsteknologi for oppvarming og tørking av bygget. Her trekkes fjernvarme og andre vannbårne varmesystemer fram, samt bruk av solceller til dette formålet og til byggstrøm. Tilgjengelighet av ulike vannbårne varmesystemer og logistikk og infrastruktur for nye energibærere er noe som i så fall må tas opp i en tidlig fase av prosjektet. Det samme gjelder for en større elektrifisering på byggeplassen (med anleggsmaskiner, oppvarmingssystemer og ladestasjoner) som stiller krav til kapasiteten til strømforsyningen.

Hva gjelder optimering ble det funnet at det i liten til ingen grad er benyttet parametrisert design eller løsningsalgoritmer til å løse planleggingsutfordringer som går på logistikk og interntransport på byggeplassen. Gode prosesser og økt bruk av optimering gir en minimering av ressursbruk, og står sentralt i videre utvikling av en mest mulig utslippsfri byggeplass.

Behovet for ytterligere forskning med referansecaser er tilstede, og formidling av den nye kunnskapen må stå sentralt. Fra referansecasen på Lia barnehage ble det gjort flere funn som ble implementert i videre arbeid med fossilfrie byggeplasser i Omsorgsbyggs prosjekter. Lengre tid til planlegging i tidlige faser, særlig når det gjaldt logistikk, gjorde gjennomføringstiden på byggeplassen på Lia kortere. Det var et ønske i prosjektet om å bruke elektriske anleggsmaskiner. Erfaringen er at det kan kjøres elektrisk med de mindre kjøretøyene, men at det i dag er få alternativer til diesel for større anleggsmaskiner. Det forventes allikevel en snarlig vekst i det elektrifiserte tilbudet. På Lia ble det derfor valgt biodrivstoff for de store kjøretøyene, og man fant ut at det er behov for sensitivitetsanalyser i en fullverdig vurdering av biodrivstoffets potensial for klimagassreduksjon i

byggefasen. Studien viser at det er behov for økt kompetanse hos bestiller og leverandør om fossilfrie og utslippsfrie alternativer.

Denne rapporten gir også et forslag til kravsetting for utslippsfrie byggeplasser og hvordan man kan stille krav til valg av prosessmodeller, kompetanse, metoder, verktøy og type dokumentasjon som bidrar til optimaliserte fossilfrie- eller utslippsfrie løsninger. Forslagene er basert på funnene og kunnskapsgapet identifisert i studien. Kravene inkluderer aktuelle temaer (prosesser, optimering, energibruk og LCA), mål og hvem som må involveres og ha ansvar for å lykkes med målsetningene gjennom alle prosessfaser (programmering, prosjektering, produksjon og drift). anbefalingene retter seg mot Oslo kommune som kravstiller. Andre byggherrer og eiendomsutviklere med høye ambisjoner kan bruke anbefalingene til å formulere krav til utslippsfrie byggeplasser og stimulere til nye innovative anskaffelsesprosesser

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	8
1.1	BAKGRUNN	8
1.2	UTSLIPPSFRI ELLER FOSSILFRI?	9
1.3	SYSTEMGRENSE	11
1.3.1	<i>Bygget, området, samfunnet</i>	11
1.3.2	<i>Bærekraftige byggverk</i>	12
1.3.3	<i>Aktiviteter knyttet til byggeplassen</i>	13
1.4	MÅL OG OMFANG	14
1.5	HVORDAN LESER JEG DENNE RAPPORTEN?	14
2	DRIVERE	16
2.1	PARIS-AVTALEN OG NORGES KLIMAPOLITIKK	16
2.2	NASJONAL TRANSPORTPLAN	16
2.3	LOV- OG FORSKRIFTEENDRINGER	17
2.4	INSENTIVER OG STØTTEORDNINGER	19
2.5	MARKEDET SOM DRIVER	20
3	BARRIERER	23
3.1	KUNNSKAP OG ERFARING	23
3.2	TEKNOLOGI OG KOSTNADER	23
3.3	OFFENTLIGE STØTTEORDNINGER	23
3.4	MANGLENDE KRAV	23
4	MULIGHETER OG UTFORDRINGER	25
4.1	PROSESSER	25
4.1.1	<i>Samhandlingsformer i referanseprosjekter</i>	28
4.1.2	<i>Trimmet bygging (LEAN Construction)</i>	30
4.1.3	<i>Kompetanse</i>	31
4.1.4	<i>Fra sekvensiell til sirkulær prosess (økonomi)</i>	31
4.1.5	<i>Rigg og drift</i>	32
4.2	OPTIMERING	33
4.2.1	<i>Optimeringsoppgaver på byggeplasser</i>	33
4.2.2	<i>Optimering av transport</i>	34
4.2.3	<i>Elektrisitetsnett</i>	34
4.2.4	<i>Reduksjon snarere enn eliminering</i>	34
4.2.5	<i>Avfall</i>	34
4.2.6	<i>Helhetlig tilnærming og grensesnitt mellom aktiviteter</i>	37
4.3	ENERGIBRUK	37
4.3.1	<i>Anleggsmaskiner</i>	38
4.3.2	<i>Oppvarming og tørking av byggeplasser</i>	40
4.3.3	<i>Transport til og fra byggeplassen</i>	42
4.4	LIVSLØPSANALYSER (LCA)	43
4.4.1	<i>Omfang og systemgrenser</i>	46
4.4.2	<i>Livsløpsregnskap</i>	48
4.4.3	<i>Indikatorer for miljøprestasjon</i>	48
4.4.4	<i>Referansebyggeplasser</i>	48
4.4.5	<i>Samarbeid og kompetanse</i>	49
5	LIA BARNEHAGE CASESTUDIE	50
5.1	NØKKELINFORMASJON	50
5.2	ERFARINGER FRA LIA BARNEHAGE	50
5.2.1	<i>Prosesser</i>	50
5.2.2	<i>Optimalisering</i>	52
5.2.3	<i>Energibruk</i>	52

5.2.4	<i>Klimagassberegninger</i>	52
6	OPPSUMMERING OG GRUNNLAG FOR FORSLAG TIL KRAV	55
6.1	EKSISTERENDE KUNNSKAP OG GJELDENE PRAKSIS	55
6.2	ERFARINGER FRA CASE-STUDIEN (LIA BARNEHAGE)	56
6.3	KUNNSKAPSGAP	57
7	FORSLAG TIL KRAV FOR UTSLIPPSREDUKSJON FRA BYGGEPLASSER VED OFFENTLIGE ANSKAFFELSER	58
7.1	NØDVENDIGHET AV/OG MANGLENDE KRAV	58
7.2	MÅL OG KRAV SOM LEDER TIL LAVUTSLIPP FRA BYGGEPLASS	58
7.3	FORSLAG TIL KRAV FOR PROSESSER, OPTIMALISERING, AVFALL, ENERGIBRUK OG KLIMAGASSBEREGNINGER.	60
7.4	BEGRENSNINGER OG VIDERE ARBEID	66
	REFERANSER	67

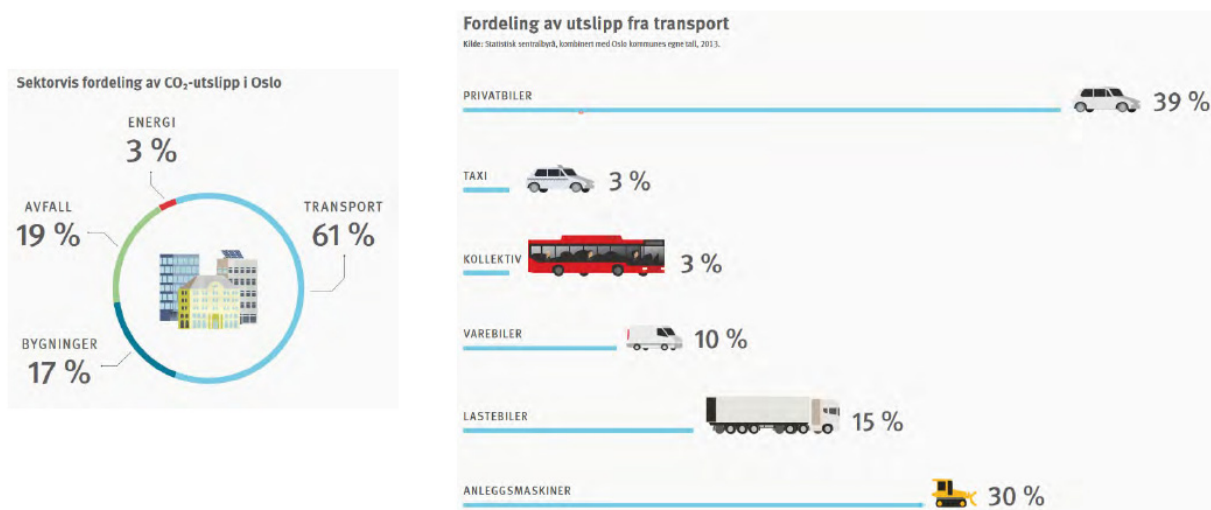
1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Oslo preges i dag av dårlig luftkvalitet. Oslo med omegn er en av de raskest voksende regionene i Europa og byggeaktiviteten ventes å øke, samtidig som utslippene skal ned. Forskning knyttet til utslipp fra byggeaktiviteter er i rask utvikling og kommunen har et stort behov for å innlemme flere gjennomførbare krav enn de som det er mulig å stille per i dag. Ved å ta i bruk nye forskningsmetodikker knyttet til både transport og andre utslippstunge byggeaktiviteter skal dette forprosjektet bidra med kunnskap for å få på plass en innovativ anskaffelsesprosess i kommunen.

Som svar på den første juridisk bindende globale klimaavtalen signert i Paris i 2015 (COP21), innledet bystyret i Oslo "det grønne skiftet" med mål om å oppnå en halvering av CO₂-utslippene innen 2020. Det vil redusere klimagassutslippene med 95 prosent innen 2030, sammenlignet med 1990-nivå [1]. Et av tiltakene omfatter blant annet utfasing av fossildrevet varetransport innen utgangen av 2025. Den norske bygg- og anleggsnæringen står for ca. 1,2 % av landets totale utslipp [2], noe som tilsvarer om lag 660 000 tCO₂eq av klimagasser, som i hovedsak kommer fra fossilt brensel i anleggsfasen [2]. Rundt. 5 % av disse utslippene stammer fra oppvarming og uttørking av bygninger, mens det resterende (95 %) kommer fra transport og drift av maskiner [2]. Et anslag tilsier at 7 500 tonn propan og 3 000 tonn diesel blir brukt til produksjon av varme og tørking av konstruksjoner på norske byggeplasser [2].

Oslo kommunes klima- og energistrategi viser at transportsektoren er ansvarlig for 61 % av de totale klimagassutslippene i Oslo og at 30 % av Oslos transportutslipp kommer fra anleggsmaskiner, 39 % fra privatbiler (inkludert transport av byggearbeidere til og fra byggeplasser), 15 % fra lastebiler og 10 % fra varebiler (inkludert transport av byggevarer til og fra byggeplasser) [1]. I tillegg kommer 19 % av de totale klimagassutslippene fra avfall, 17 % fra bygninger og 3 % fra energisektoren [1]. Av disse utslippene er en andel brukt til avfallshåndtering, oppvarming, tørking og energibruk på byggeplasser. Derfor er både byggeplasser og transportsektoren identifisert som viktige områder for å redusere klimagassutslippene.



Figur 1.1. Sektorvis fordeling av klimagassutslipp i Oslo, og fordeling av utslipp fra transportsektoren [1]

En fersk rapport utarbeidet av DNV-GL på oppdrag fra Energi Norge, Norsk Fjernvarme, ENOVA og Bellona viser at norske byggeplasser slipper ut 420 000 tCO₂eq og 5,1 tonn NO_x årlig [3]. Ifølge rapporten kan CO₂-utslippene reduseres med om lag 99 % og NO_x-utslippene med om lag 96 % ved bruk av alternative energikilder og bedre planlegging [3]. Et tiltak innebærer å legge strøm og eventuelt fjernvarme, som likevel skal inn i bygget, fram til byggeplassen før byggearbeidet starter [3].

Det har i lang tid vært manglende fokus på fossilfrie og utslippsfrie løsninger knyttet til prosesser og aktiviteter på byggeplass. I en veileder rettet mot luftforurensing som ble utarbeidet i 2013 på bestilling fra en rekke tunge aktører (Miljøverndepartementet, Samferdselsdepartementet, og Helse- og omsorgsdepartementet, Vegdirektoratet, Folkehelseinstituttet, Helsedirektoratet og flere kommuner), er tiltak knyttet direkte til byggeplasser ikke tatt med [4]. Det nasjonale forskningscenteret for nullutslippsbygg (ZEB) presenterte nylig at utslipp fra driftsfasen av et undervisningsbygg tilsvarte de totale utslippene fra byggefasen av bygningen [5, 6] og at utslippene fra byggeaktiviteter skjer i løpet av en kort periode, mens utslipp i driftsfasen foregår over en 60-års levetid, eller mer. Dette viser at byggefasen er et fokusområde med stort potensial for reduksjon av de samlede miljøeffektene over bygningens levetid.

Omsorgsbygg, som en av de offentlige byggherrene underlagt Oslo kommune, og Bellona har signert en samarbeidsavtale hvor målet er å sette i gang utviklingen av grønne byggeplasser. Gjennom en serie dialogkonferanser og workshoper i 2016 og 2017 har Omsorgsbygg og Bellona vært i kontakt med byggenæringen for å identifisere hvilke utslippsreduksjonstiltak som allerede er på plass, og hvilke tiltak som enkelt kan implementeres. Foreløpig har følgende tiltak vist seg å være mulige å få fossilfrie med enkle grep:

- Utslippsfri varme og tørk av byggeplass
- Fossilfrie anleggsmaskiner
- Fossilfri transport til og fra byggeplass

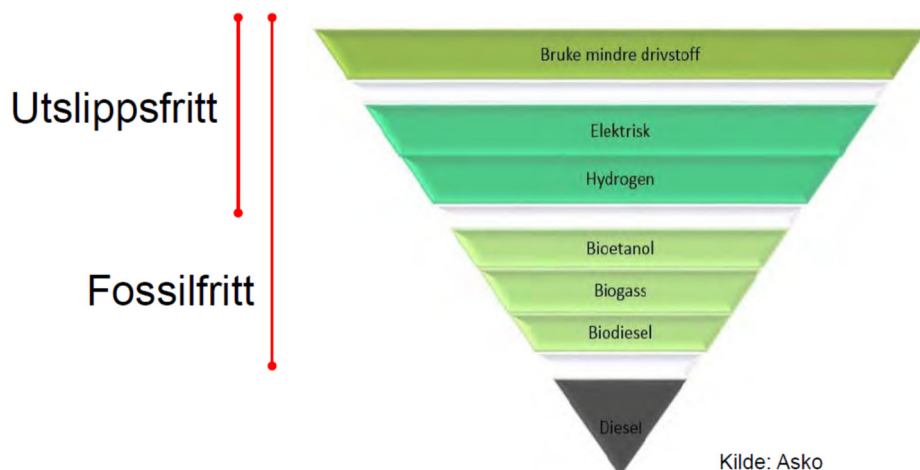
Fra 2017 stiller Omsorgsbygg krav til utslippsreduksjon fra byggeplasser i alle prosjektene sine og jobber tett med samarbeidspartneren NASTA, som er i gang med prototyp utviklingen av en elektrisk gravemaskin på 50 tonn. Prosjektet er initiert av Omsorgsbygg, og gravemaskinen skal tas i bruk på Omsorgsbyggs byggeplasser så snart den er klar. Bellona, Difi og Omsorgsbygg er også i gang med å samle informasjon om leverandører med tilgjengelig fossil- og utslippsfritt utstyr. Informasjonen blir publisert på en nettportal for å gjøre det enklere for innkjøpere å vite hva som allerede er tilgjengelig på markedet. Oversikten gir norske firmaer med for eksempel en elektrisk hjullaster, eller et selskap som kan levere anleggsstrøm fra solceller og batterier, store fordeler [7].

1.2 Utslippsfri eller fossilfri?

Manglende fokus på fossilfrie og utslippsfrie løsninger knyttet til byggeprosessen innebærer også at mange nye begreper har blitt introdusert til byggenæringen. Begrepene brukes om hverandre, og man har ikke fått på plass definerte systemgrenser. I dagens praksis i bransjen virker det som om systemgrensen er begrenset til direkte utslipp i bruksfasen (på byggeplassen), uten at denne avgrensingen fremgår tydelig. Samtidig må det påpekes at flere fossilfrie alternativer har direkte utslipp på byggeplass. En nylig publisert rapport om fossil- og utslippsfrie byggeplasser [8] definerer den **utslippsfrie byggeplassen** som "kun ved bruk av energikilder som ikke fører til utslipp av CO_{2e} eller NO_x fra f.eks. elektrisitet, fjernvarme på selve byggeplassen". Den **fossilfrie byggeplassen** er ifølge studien definert som "bruk av fossilfrie energikilder som f.eks. biobasert brensel, biodiesel eller biogass som ikke gir utslipp av CO_{2e}".

CO₂-ekvivalent (CO_{2e}) er en term som brukes for å vise hvor stor oppvarmingseffekt en klimagass har, ved at man sammenligner gassen med CO₂. Klimagassutslipp omfatter både karbondioksid (CO₂), metan (CH₄), lystgass (N₂O) og fluorgasser (HFK, PFK og SF₆). For å kunne sammenligne disse gassenes evne til å varme opp atmosfæren regnes de om til CO₂-verdier som kalles CO_{2e}. Enheten tilsvarer den effekten en gitt mengde (som regel et tonn) CO₂ har på den globale oppvarmingen over en gitt tidsperiode (som regel 100 år). De øvrige drivhusgassene har et sterkere oppvarmingspotensial (GWP-verdi) enn CO₂, og utslipp av disse gassene omregnes derfor til CO_{2e} i henhold til deres globale oppvarmingspotensial, GWP-verdier. For eksempel: Med en tidshorisont på 100 år har metan en GWP-verdi lik 21, hvilket innebærer at 1 kg metan virker 21 ganger mer oppvarmende enn 1 kg CO₂. Perfluormetan (CF₄) og svovelheksafluorid (SF₆) har GWP-verdier på henholdsvis 6 500 og 23 900 for samme tidshorisont. CO₂ er likevel viktigst for økningen i drivhuseffekten fordi utslippene er så mye større.

Figur 1.2 viser Askos drivstoffhierarki som eksempel på forslag til utslippsfri og fossilfri byggeplass: Nullutslipp der det er mulig, fornybart drivstoff uten utslipp av CO₂ der det er beste alternativ tilgjengelig – og diesel i bunnen.



Figur 1.2. Askos drivstoffhierarki som inngår i begrepene utslippsfri og fossilfri [9]

Følgende kapittel foreslår definisjoner av fossil- og utslippsfrie byggeplasser for byggeplassaktiviteter innenfor systemgrensen som vist i fig. 1.4. Disse inkluderer: transport av byggematerialer, anleggsmaskiner, personer; energibruk og håndtering (inkludert transport) av avfall; tilleggs materiale for installasjoner.

Fossilfri byggeplass: Innebærer bruk av fossilfrie løsninger for byggeaktiviteter innenfor systemgrensen.

Utslippsfri byggeplass: Innebærer bruk av utslippsfrie løsninger for byggeaktiviteter innenfor systemgrensen.

Det er mulig å differensiere fossilfrie og utslippsfrie ambisjonsnivåer med tanke på systemgrenser. Utslippsfrie løsninger omfatter ikke bare CO_{2eq}, men ser også på andre typer utslipp som partikler, NO_x, SO₂ og støy, som først og fremst påvirker helse. Planlegging og optimering for alle prosessaktiviteter som bidrar til utslipp på byggeplassen, er viktige punkter for begge definisjoner.

Når uttrykkene fossilfritt eller utslippsfritt er brukt, er det viktig å først definere ambisjonsnivået for:

- byggeplassaktiviteter innen systemgrensen
- type utslipp (f.eks. direkte og/eller indirekte utslipp)
- utslippsreduksjonsløsninger
- prosentvis utslippsreduksjon i forhold til et utvalgt referansebygg
- gjennomføringsmodell og valg av teknologier

Utslippsfaktorer knyttet til ulike energibærere

CO₂-ekvivalenter er faktoren som brukes til å evaluere utslipp knyttet til utvinning, behandling, generering, lagring, transport, distribusjon og levering av forskjellige energikilder [10]. CO_{2eq}-faktoren konverterer utslippene fra energibruk til drivhusgassutslipp for ulike energibærere, og bør inkludere alle utslipp. CO_{2eq} brukes som en indikator og alle drivhusgasser omdannes derfor til CO_{2eq} i henhold til deres relative bidrag til klimagassutslipp. Klimaeffekten av fossilfrie eller utslippsfrie energikilder avhenger også av indirekte CO_{2eq} utslipp knyttet til hvordan energikildene blir produsert.

Fjernvarme fra avfallsforbrenning, som for eksempel beskrives som utslippsfri, bør derfor analyseres på grunnlag av de faktiske drivhusgassutslippene som er knyttet til produksjon [9]. Nåværende sammensetning av forbrenningsavfall i Norge er rundt 50 % fossilt, noe som gir spesifikke utslipp av drivhusgass fra fjernvarme basert på avfallsforbrenning, som kan sammenlignes med forbrenning av naturgass [10]. Det er også samme prinsipp for solceller, elektrisitet og andre energikilder som anses som utslippsfrie løsninger, og som kan resultere i høye indirekte utslipp fra for eksempel produksjon og avhendingsfasen. Energikilder som anses som utslippsfrie, bør derfor analyseres ikke bare på grunnlag av direkte utslipp fra bruksfasen, men også på de faktiske drivhusgassutslippene som er forbundet med produksjon, bruk og avhending. Emisjonsfaktor og anvendte datakilder må dokumenteres.

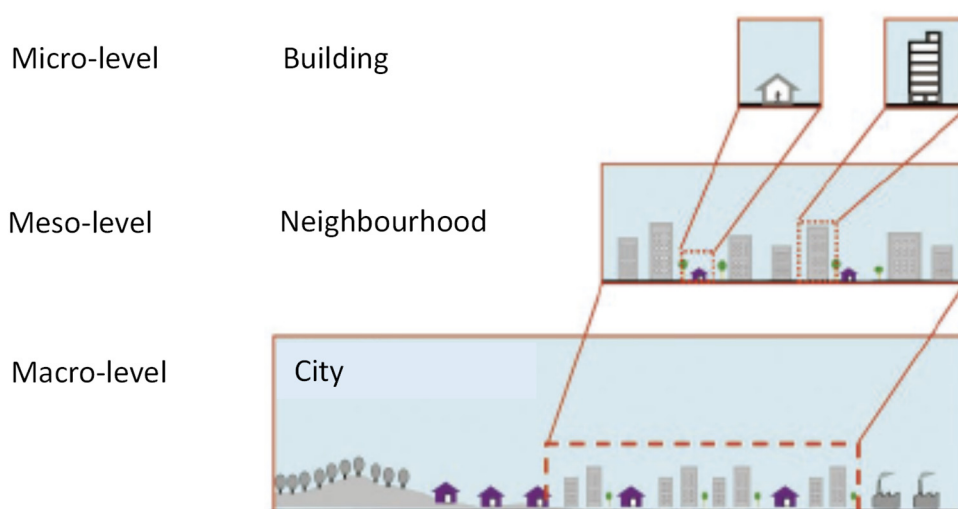
1.3 Systemgrense

En systemgrense skal definere både hva som er inkludert og hva som ikke er inkludert i vurderingen, og beskrive omfanget (EN 15643). Å få oversikt over systemgrensen er både omfattende og tidkrevende i alle prosjekter. Sammenlagt er den totale systemgrensen en kombinasjon av en rekke systemgrenser. Som vist i figur 1.3 inkluderer dette blant annet aktiviteter knyttet til byggeplassen. Disse aktivitetene kan variere ut fra valgt konstruksjonsmetode som plassbygget, prefabrikkerte elementer eller moduler, eller en kombinasjon av disse. Andre faktorer kan være om man bygger i ett eller flere trinn i et nabolag, om det er en ambisjon å utnytte ulike ressurser (optimalisering) til fulle innen en utvalgt byggeplass, eller ved å inkludere flere byggeplasser innenfor en systemgrense.

1.3.1 Bygget, området, samfunnet

Denne forstudien tar utgangspunkt i en systemgrense for aktiviteter begrenset til én avgrenset byggeplass. Systemgrensen er utviklet i et nylig avsluttet arbeid i forskningssenteret ZEB, der fokus er å finne løsninger med utgangspunkt i den enkelte bygningen. Det har vært en stor utfordring og noen ganger vanskelig å oppnå energi- og utslippsmål, enten fordi energibehov og utslipp fra bundet energi ikke kan reduseres tilstrekkelig, eller på grunn av begrenset tilgang til lokal eller nærliggende fornybar energi. Resultatene viser viktigheten av å ikke lenger kun fokusere på enkeltbygninger for å få redusert utslipp, men at det er nødvendig å inkludere større områder/lokalsamfunn for å kunne gjennomføre tiltak som oppfyller globale klima- og energirelaterte mål.

Nabolag er et begrep som kan defineres på flere ulike måter og som alltid vil være en kombinasjon av geografiske og sosiale aspekter. Områdegrensene i et nabolag vil ikke alltid være klart definert. Figur 1.3 identifiserer nabolaget på mesonivå mellom byen (makronivå) og bygningen (mikronivå) [10].

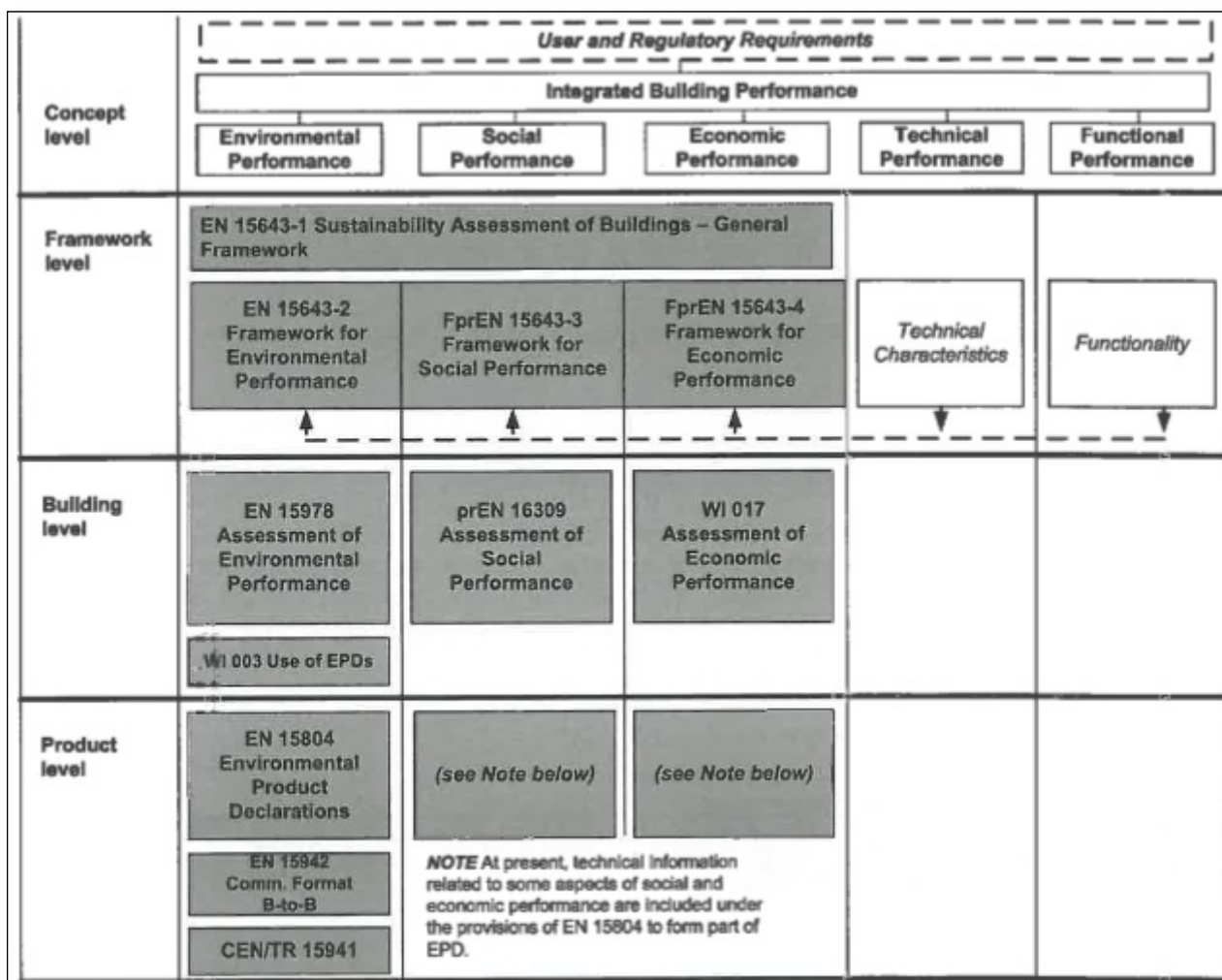


Figur 1.3. Identifisering og nivåer av nabolag [10]

Optimalisering på nabolagsnivå i stedet for på enkeltbygninger kan redusere energibehovet for hele systemet ved å bruke en høyere andel fornybar energi. Dette er mulig på grunn av byens integrerte natur (inkludert transport og infrastruktur). Det nye norske forskningscenteret ZEN, som har fokus på nullutslippsområder i smarte byer, har til hensikt å muliggjøre overgangen fra nullutslippsbygninger til bærekraftige nabolag og et lavutslippssamfunn (CO₂).

1.3.2 Bærekraftige byggverk

Denne forstudien bruker livssyklusanalyser som metode for å evaluere miljøprestasjoner knyttet til byggeplassaktiviteter, identifisere potensielle effektkilder og evaluere muligheter for å minimere miljøpåvirkningen. Livssyklusanalyser (LCA) er en veletablert metodikk som brukes til å evaluere miljøprestasjoner av bygninger og byggevarer. Evaluering av byggeplassaktiviteter bør ikke bare fange opp funksjonell og miljømessig ytelse som kreves, men også vurdere de økonomiske og sosiale konsekvensene som oppstår i produktenes livssykluser. LCA-metoden har blitt utvidet til å adressere tilknyttede livssyklus kostnader (Life Cycle Cost, LCC) og sosiale og sosioøkonomiske aspekter (Sosial LCA, SLCA) for å utdype potensielle positive og negative virkninger av et produkt gjennom hele livssyklusen (Figur 1.4).



Figur 1.4. Standard utviklet av CEN/TC 350 for bærekraftsevaluering av bygninger [11]

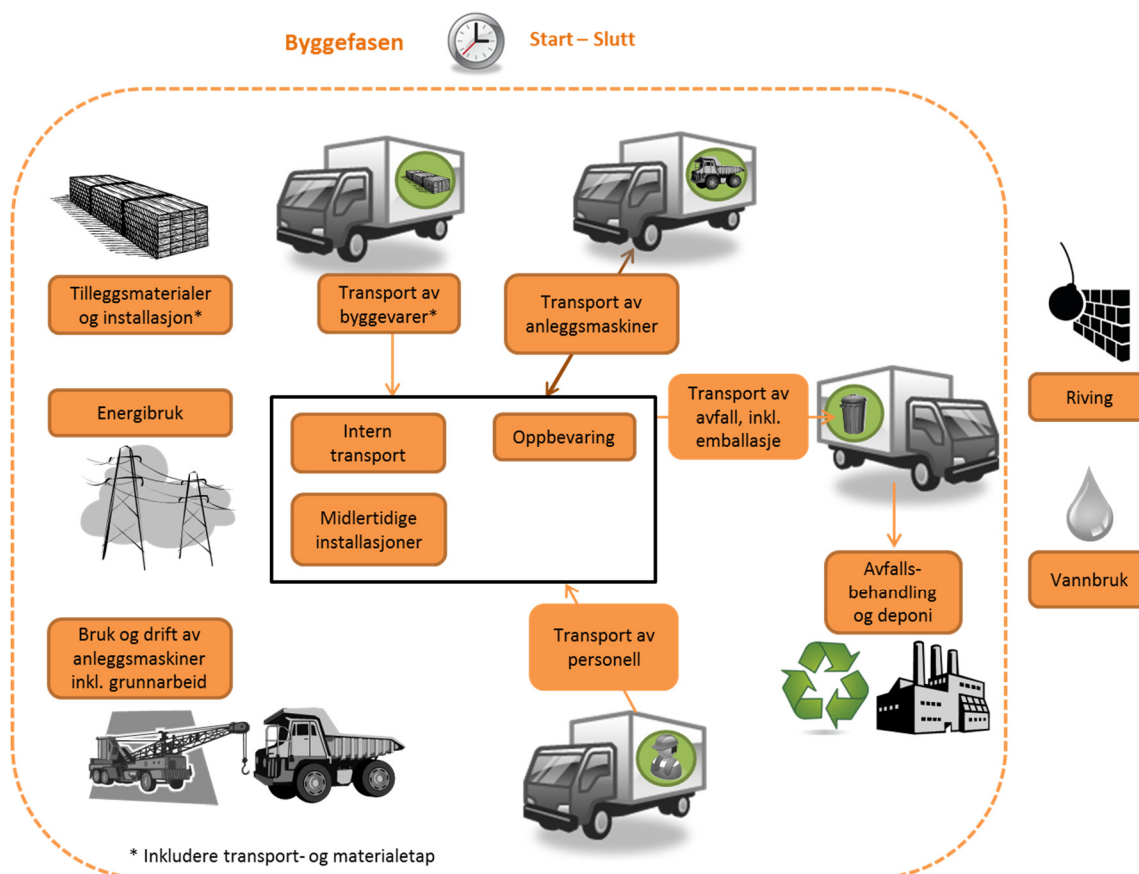
I motsetning til LCA og LCC anses SLCA å være et utviklingsområde. Dette på grunn av mangel på klare definisjoner, vanskeligheter med å identifisere, velge og måle sosiale indikatorer, og mangel på tilstrekkelige analytiske og teoretiske data- og databaseverktøy. Det anses også problematisk å forstå og tolke dataene. SLCA

kan brukes til å identifisere sosiale "hotspots", kommunisere og rapportere sosiale konsekvenser og for å øke konkurransekraften for lokale aktører. Ved å sette opp strategier og handlingsplaner kan de sosiale konsekvensene av bygningsprodukter for hele livssyklusen resultere i muligheter i tillegg til å belyse den "sosiale dimensjonen" ved valg av materialer og hvor de produseres, noe som vil øke muligheter for å forbedre forholdene for dem som er involvert i produksjon og håndtering av materialer og produkter.

1.3.3 Aktiviteter knyttet til byggeplassen

Systemgrensen som foreslås i denne studien, vil gjelde for de fire definerte temaene som omfatter prosesser, energibruk, optimering og livsløpsanalyser.

Aktiviteter som inngår, er i henhold til de harmoniserte standardene EN 15804 og EN 15978 (se kapittel 3.4.1). I tillegg inkluderes persontransport som beskrevet i prNS3720. Figur 1.5 illustrerer hvilke aktiviteter som inkluderes i avgrensningen i dette forprosjektet. Aktiviteter som inkluderes, er: transport av byggematerialer, anleggsmaskiner, personer, energibruk og håndtering (inkludert transport) av avfall samt tilleggsmateriale for installasjoner. Arbeider knyttet til avhendingsfasen er ikke en del av systemgrensen som vist i figuren.



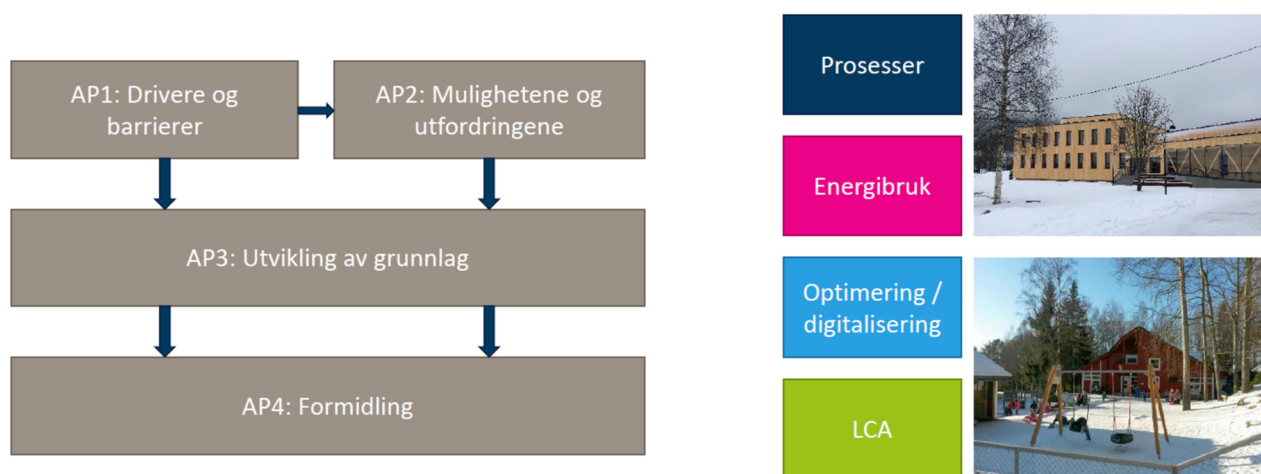
Figur 1.5. Illustrasjonen viser hvilke aktiviteter som inkluderes i avgrensningen i dette forprosjektet. Figuren er utarbeidet av Asplan Viak og revidert og oversatt til norsk av SINTEF Byggforsk [27].

I systemgrensen foreslår vi å ta med valg av konstruksjonsmetode (som plassbygget, prefabrikkerte elementer eller moduler, eller som en kombinasjon av disse konstruksjonsmetodene) for å unngå å skifte miljøbelastning til en annen del av byggets livssyklus.

1.4 Mål og omfang

Det langsiktige målet er å få til helt utslippsfrie byggeplasser. Forprosjektet om utslippsfrie byggeplasser ble innvilget av Regionale forskningsfond Hovedstaden (RFFHSTAD) i mars 2017, og har Omsorgsbygg som prosjekteier, SINTEF Byggeforsk som prosjektleder, og SINTEF Digital, Skanska og Bellona som partnere.

Forprosjektet har hovedfokus vært på fagfeltene samferdsel og transport. Det skal bidra til at Oslo kommune kan stille bedre krav til utslippsfrie byggeplasser gjennom innovative offentlige anskaffelser, ved å benytte resultater og metodikk fra FoU. Målet med arbeidet er å identifisere drivere og barrierer, samt å se på muligheter og utfordringer som påvirker dagens anskaffelsespraksis, med særlig fokus på aktiviteter knyttet til byggeplassen (figur 1.6).



Figur 1.6. Prosjektorganisasjon og temaer

Studien inkluderer utslippsreduksjonstiltak som allerede er på plass, og hvilke tiltak som enkelt kan implementeres med fokus på de utvalgte temaene: prosesser, optimering, energibruk og livssyklusanalyser. Teori og dokumentasjon av eksisterende praksis samt tidligere og pågående forskning er gjennomgått. Resultatene fra dette forprosjektet sammenstilles til et grunnlag som skal kunne brukes av byggherrer i regionen for å kunne stille bedre krav til utslippsfrie byggeplasser, og til å stimulere til nye, innovative anskaffelsesprosesser. Dette er et forprosjekt med begrensede midler, og vi har derfor fokusert på selve utviklingen av anbefalinger til krav. Veilederen er planlagt testet ut og forbedret i et hovedprosjekt.

1.5 Hvordan leser jeg denne rapporten?

Forstudien baseres på litteraturstudier av nylig avsluttede og pågående prosjekter med relevant informasjon for denne studien. Erfaringer fra casestudien med tilhørende tall for utslipp fra prosjektgjennomføringen av Lia barnehage er dokumentert (se kapittel 5). Casestudien illustrerer hvordan klimagassutslippene tilknyttet prosessene på byggeplassen kan evalueres og registreres.

Kapittel 2 beskriver drivere som er med på å gi økt fokus på nødvendig utslippsreduksjon.

Kapittel 3 tar for seg en rekke konkrete faktorer som oppleves som barrierer for de involverte partnerne i prosjektet.

Kapittel 4 går nærmere inn på status i utviklingen mot utslippsfrie byggeplasser og hva som hittil er oppnådd. En byggeplass huser komplekse prosesser som inkluderer en rekke aktiviteter både i selve prosjektet og utenfor prosjektet. Det gjenspeiles også i omfanget av valget for systemgrensen for prosjektet (se figur 3 i kapittel 1.3). Midlene i forprosjektet er begrenset, og vil derfor kun behandle tematikk innenfor systemgrensen. For å få mer

oversikt over disse aktivitetene tar beskrivelsen utgangspunkt i de fire definerte områdene i prosjektsøknaden: 1) prosesser, 2) optimering og digitalisering, 3) energibruk og 4) livssyklusanalyse.

Kapittel 5 presenterer resultatet fra casestudien i prosjektet.

Kapittel 6 oppsummerer funn fra litteraturgjennomgangen, erfaringer fra casestudien og analyse av generelt manglende kunnskap.

Kapittel 7 er laget som en veileder og gir et grunnlag for hvordan man kan utforme en offentlig innovativ anskaffelse. Her gis også begrensninger og anbefalinger for videre arbeid.

2 Drivere

Følgende kapittel belyser drivere som bidrar til å redusere utslippene fra byggeplasser.

2.1 Paris-avtalen og Norges klimapolitikk

Paris-avtalen er et historisk gjennombrudd i og med at det er den første rettslig bindende klimaavtalen med reell global deltagelse fra alle land. Paris-avtalen ble vedtatt under klimaforhandlingene i Paris i midten av desember 2015, og avtalen trer i kraft i 2020. Gjennom avtalen har landene blitt enige om at den globale temperaturøkningen ikke skal overstige 2 °C fra førindustriell tid. Landene skal også iverksette tiltak for å hindre at økningen blir mer enn 1,5 °C. Avtalen går ut på at verdens samlede utslipp må reduseres så raskt som mulig og videre skal synke jevnlig frem til at kloden blir klimanøytral. For at dette skal skje må alle landene i avtalen lage en nasjonal plan som inkluderer landets utslippsmål. Planen skal fornyes og videreutvikles hvert femte år.

I Norges svar på Paris-avtalen ble det utarbeidet ti prinsipper av regjeringens ekspertutvalg for grønn konkurransekraft i oktober 2016. Rapporten tar utgangspunkt i at Norge, som i dag har høye klimagassutslipp og en oljedominert økonomi, skal kutte klimagassutslipp med opp mot 40 prosent innen 2030 og bli et lavutslippssamfunn i 2050. Omfattende dialog med sentrale næringer, bedrifter, organisasjoner og academia har bidratt til å formulere et veikart for grønn konkurransekraft: Hva skal politikere og myndigheter gjøre, og hva skal sektorene og næringslivet selv gjøre for at Norge skal bli et konkurransedyktig lavutslippssamfunn i 2050? Politisk enighet og vilje til å bruke disse ti prinsippene kan utløse innovasjonskraft og investeringsvilje.

De ti prinsippene er som følger: 1) Forurenser skal betale, 2) Utslipp og andre eksternaliteter skal prises, 3) Grønne skatter: Det vi vil ha mindre av, skal skattes mer. Det vi vil ha mer av, skal skattes mindre, 4) Det skal legges til rette for at forbrukere kan foreta informerte beslutninger, 5) Offentlige anskaffelser skal være grønne, 6) Planlegging og investeringer skal ta utgangspunkt i målet om å bli et lavutslippssamfunn i 2050, 7) Livssyklusperspektivet skal legges til grunn for offentlige investeringer og anskaffelser, 8) Nye lovforslag skal inkludere en vurdering av CO₂-effekter der det er relevant, 9) Grønn konkurransekraft skal bygges på velfungerende markeder, 10) Det skal rapporteres på det vi vil oppnå og det vi vil unngå.

Norge har et godt utgangspunkt for å klare målene satt i Paris-avtalen. Mye handler om å gjøre ting som allerede gjøres, bare enda smartere, mer integrert og mer effektivt.

2.2 Nasjonal transportplan

Transport er en viktig del av aktivitetene til, fra og på byggeplassen, og utgjør store deler av utslippene fra den totale byggeprosessen. Det stilles stadig flere krav til miljøvennlige og bærekraftige løsninger på norske byggeplasser, og det er iverksatt initiativ for å redusere utslipp fra byggeplasser på flere steder i landet. For at vi skal oppfylle Paris-avtalen og Norges klimamål for 2030, ønsker regjeringen at transportsektoren tar en stor andel av utslippskuttene [12]. Et av regjeringens arbeidsmål er at klimagassutslippene i transportsektoren skal reduseres med 35 til 40 prosent fra 2005-nivå innen 2030, og at sektoren skal være tilnærmet utslippsfri/klimanøytral innen 2050. For å legge til rette for dette, presenterte regjeringen en rekke nye målsettinger og ambisjoner i Nasjonal Transportplan (NTP) for 2018–2029, og inkluderte blant annet følgende tiltak:

- Nye personbiler og lette varebiler skal være nullutslippskjøretøy, og nye bybusser skal være nullutslippskjøretøy eller bruke biogass i 2025.
- Innen 2030 skal varmedistribusjonen i de største bysentrene være tilnærmet nullutslipp. Nye tyngre varebiler, 75 prosent av nye langdistansebusser og 50 prosent av nye lastebiler skal være nullutslippskjøretøy.
- Det skal utarbeides en handlingsplan for fossilfrie byggeplasser/anleggsplasser innen transportsektoren.
- Persontransportveksten i byområdene skal tas med kollektivtransport, sykkel og fotgjengertrafikk.

- Ved å stimulere til å ta i bruk miljøvennlig transportteknologi, alternative drivstoff og en effektivisering av transport og logistikk skal man bidra til å redusere klimagassutslippene fra godstransport. Det legges stor vekt på å stimulere til et taktskifte for hurtigere innfasing av ny teknologi.

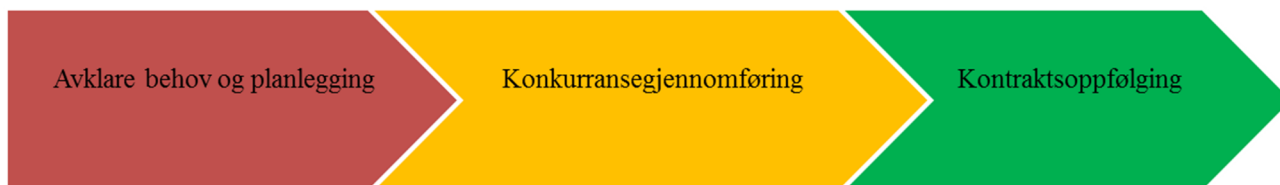
Nødvendig infrastruktur vil være en viktig forutsetning for storskala innfasing av null- og lavutslippsteknologi i transportsektoren. Regjeringen vil derfor utarbeide en nasjonal plan for infrastruktur med alternative drivstoff for transportsektoren. Det innebærer blant annet ladeinfrastruktur for elektrisitet og fyllestasjoner for hydrogen og biogass, som samsvarer med måltallene for nullutslippskjøretøy frem mot 2030.

2.3 Lov- og forskriftsendringer

Lov om offentlige anskaffelser § 6 (og FOA § 17-3) pålegger offentlige oppdragsgivere å ta hensyn til miljømessige konsekvenser under planlegging av den enkelte anskaffelse. Miljøkriteriesettet hjelper oppdragsgivere med å ivareta dette kravet. Ambisiøse miljøkrav kan i tillegg stimulere til å ta i bruk allerede eksisterende løsninger og teknologier og til innovativ utvikling av nye, fremtidsrettede løsninger. Ved å bruke de utvidede miljøkravene i miljøkriteriesettet kan man fremme nyskapende løsninger. På denne måten kan det å stille miljøkrav gi flere gevinster enn kun de rene miljøgevinstene.

Anskaffelsesprosessen består av standardiserte prosessmodeller for gjennomføring av en offentlig anskaffelse. Offentlige anskaffelser kan bidra til innovasjon og kjøp av varer og tjenester med lavere klima- og miljøpåvirkning, og til å skape et bedre marked for miljøvennlige produkter og tjenester. Ambisiøse miljøkrav kan stimulere til innovativ utvikling av nye, fremtidsrettede løsninger.

Figur 2.1 viser Difis (Direktoratet for Forvaltning og IKT) standardiserte prosessmodell for gjennomføring av en offentlig anskaffelse. Prosessen begynner fra utfordringen oppstår til gevinster er realisert, og kontrakten er slutført og evaluert.



Figur 2.1. Tre hovedfaser av offentlig anskaffelsesprosess [13]

I 2013 ble Difis miljøkriteriesett for prosjektering av offentlige bygg utarbeidet. Kriteriesettet dekket prosjektering og utførelse av anlegg, samt forvaltning, drift og vedlikehold av henholdsvis bygg og anlegg [13]. Tabell 2.1 viser miljøtemaer som er tatt inn i dette kriteriesettet og som det anbefales å fokusere på.

Tabell 2.1. Miljøtemaer som er tatt inn i Difis miljøkriteriesett [13]

Miljøtema	Formålet med å stille miljøkrav
Energi	<ul style="list-style-type: none"> • Redusere bygningens energibehov • Stimulere bruk av fornybar energi
Materialvalg/ressursbruk	<ul style="list-style-type: none"> • Redusere/fase ut bruk av materialer og produkter som inneholder helse- og miljøskadelige stoffer • Velge materialer som kan ombrukes eller gjenvinnes • Redusere/fase ut bruk av trevirke fra ikke bærekraftige kilder • Velge materialer som gir minst mulig CO₂-utslipp i levetiden
Avfall	<ul style="list-style-type: none"> • Legge til rette for ressurseffektiv og miljøvennlig avfallshåndtering i driftsfasen • Redusere mengden produsert avfall i byggeperioden • Sikre at produsert avfall håndteres på en miljøvennlig måte

I juni 2015 arrangerte klima- og miljøministeren og næringsministeren en konferanse om offentlige anskaffelser og virkemidler som fremmer miljø, innovasjon og konkurransekraft [14]. Representanter fra det offentlige, næringsliv og organisasjoner debatterte virkemidler som kan bidra til videreutvikling av klima- og miljøvennlige teknologier i bygg- og anleggsektoren. De kom frem til at endringer i lovverket kan være et sterkt bidrag til å bringe Norge videre til lavutslippssamfunnet. Dette resulterte i at Stortinget fremmet en ny lov om offentlige anskaffelser som kan bidra til videreutvikling av klima- og miljøvennlige teknologier og løsninger som gir grønn vekst [14].

Difi fikk i 2017 økte ressurser for å jobbe med miljø, og gjorde en del undersøkelser som viste at mange brukere ønsket en veileder, flere verktøy og et kriteriesett som gjør det lettere å stille miljøkrav. Slike miljøkriterier skal gjøre det lettere for offentlige oppdragsgivere å stille miljøkrav ved innkjøp av bygg og tjenester til bygg. Difi har deretter publisert nye krav og kriterier for miljø og sosialt ansvar for disse innkjøpene. Her inngår dokumentasjon av kravene, forslag til hvordan disse kan brukes og veiledning til hvordan dette skal implementeres og gjennomføres i praksis [15]. Krav- og kriteriesettene for fossilfri byggeplass og utslippsfri byggeplass er inkludert i kategorien for Rigg og drift (Figur 2.2).

Miljø

Økologi og overvann ⓘ

Energi ⓘ

Ledelse ⓘ

Rigg og drift ⓘ

Inneklima ⓘ

Livssyklus kostnader (LCC) ⓘ

Transport ⓘ

Materialer ⓘ

Sosialt ansvar

Ethiske krav ⓘ

Figur 2.2. Temaer/kategorier som er tatt inn Difis nye veileder for miljø og sosialt ansvar [15]

Plan- og bygningsloven (pbl) og byggt teknisk forskrift (TEK17)

Byggt teknisk forskrift (TEK17), kapittel 9 "Ytre miljø" [16] beskriver hvordan byggenæringen har stor innvirkning på nasjonale mål, blant annet knyttet til materialbruk og avfallsmengder som oppstår ved bygg- og anleggsvirksomhet. Hele kapittel 9 er relevant for valg av produkter og materialer samt miljøbelastning på ytre miljø: "Reglene i forskriftens kapittel 9 omfatter bestemmelser om helse- og miljøfarlige stoffer i byggprodukter, grunnforurensing, naturmangfold, håndtering av bygg- og anleggsavfall og partikkelutslipp fra vedovner". Det trekkes her frem de mest relevante tekniske kravene for avfall og ytre miljø.

TEK17 krever at det velges produkter til byggverk som er egnet til ombruk og materialgjenvinning. Det er spesielt én paragraf som omtaler ombruk direkte. Annet avsnitt i TEK17 § 9-5 Avfall sier: "Det skal velges produkter til byggverk som er egnet for ombruk og materialgjenvinning." Veiledningen til dette punktet sier blant annet at:

Et byggverk som er prosjektert og bygget slik at materialer og produkter kan demonteres og brukes om igjen, bidrar til lavere avfallsmengder. Hvilke vurderinger som er gjort med hensyn til ombruk og materialgjenvinning må fremgå av prosjekteringen. Produkter er lite egnet for materialgjenvinning dersom de inneholder helse- og miljøskadelige stoffer, og dersom de består av materialtyper som er vanskelig å skille fra hverandre.

Videre stilles det i § 9-6 krav om at det skal lages avfallsplan, der det "gjøres rede for planlagt håndtering av avfall fordelt på ulike avfallstyper og -mengder".

I TEK17 § 9-8 stilles det krav om at minimum 60 % av avfallet skal sorteres på byggeplass. Dette er uendret fra kravet i TEK10 [17]. § 9-9 stiller krav til at det skal utarbeides sluttrapport for faktisk disponering av avfallet fordelt på typer og mengder, og at levering til godkjent avfallsmottak eller direkte til gjenvinning skal dokumenteres.

I rammedirektivet om avfall er det i dag et mål om 70 % av ikke-farlig bygg- og anleggsavfall skal gå til ombruk og materialgjenvinning innen 2020 [18]. Norge rapporterte 61 % materialgjenvinning av bygge- og anleggsavfall i 2013, og dette sank til 54 % i 2014 [18]. Da forslag til ny TEK17 var på høringsrunde, hadde Avfall Norge følgende kommentar i sin høringsuttalelse: "Dersom Norge skal nå målsettingen om 70 % gjenvinningsgrad innen 2020, må vi påse at dette reflekteres som krav i forskriften når den nå revideres" [19]. Det ble tydeliggjort et behov for å øke andelen for å nå målet i rammedirektivet om ombruk og materialgjenvinning av avfall med 70 % materialgjenvinning i 2020, men en utvidelse fra TEK10 ble likevel ikke innarbeidet i TEK17.

2.4 Insentiver og støtteordninger

For å oppnå utslippsreduksjoner på offentlige og private byggeplasser må byggherren stille krav og definere egne ambisjoner og hva man kan stille krav til. Myndighetene må også bidra til å skape nye rammebetingelser for å støtte byggenæringen. Støtte til utvikling av nye løsninger er en måte myndighetene kan bidra til å oppnå en omstilling i næringen [20]. Deltakelse i forskningsprosjekter er en arena for å komme frem til innovative prosesser og løsninger sammen med forskere. I tillegg kan innovasjonen testes ut og forbedres som en del av et forskningsprosjekt. Deltakelse i forskningsprosjekter kan gi partnere et fortrinn i konkurransesammenheng.

Transport: Analyser viser at ambisiøse utslippsreduksjoner innen veitransporten ikke er mulige å nå uten insentiver. Regjeringens allerede vedtatte virkemidler antas å gi vesentlige bidrag til å nå de måltallene som er satt. For eksempel har ENOVA i dag flere programmer som er spesielt relevante for transport [12].

- **Støtte til energiledelse:** Støtten fra ENOVA bidrar til at virksomhetene i økt grad sertifiseres etter internasjonal standard for energiledelse. Det innebærer for eksempel å sette fokus på kjøremønstre som reduserer drivstofforbruket og dermed klimagassutslipp.
- **Støtte til energiltak i landtransport:** ENOVA støtter gjennom dette programmet innkjøp av nullutslipps nyttekjøretøy. Programmet dekker innkjøp av elektriske varebiler, godsbiler og anleggsmaskiner m.m., samt alle typer hydrogenkjøretøy brukt i nyttetransport, og støtte til innkjøp av biogassdrevne kjøretøy og anleggsmaskiner.
- **Støtte til ny energi- og klimateknologi i transport:** ENOVA støtter ny energi- og klimateknologi i alle sektorer gjennom programmene *Støtte til demonstrasjon av ny energi- og klimateknologi* og *Støtte til fullskala innovativ energi- og klimateknologi*. Dette innebærer støtte til for eksempel innovative elektrifiseringsløsninger og andre løsninger som reduserer utslipp eller energibruk.
- **Støtte til infrastruktur for kommunale og fylkeskommunale transporttjenester:** Dette programmet er rettet mot det offentliges innkjøp av transporttjenester. Gjennom programmet vil ENOVA kunne støtte

blant annet ladeanlegg for ferjer og busser, og dermed bidra til at offentlige innkjøp kan stille strengere klimarelaterte krav i sine utlysninger.

- **Støtte til biogass og biodrivstoff:** ENOVA støtter gjennom dette programmet prosjekter for produksjon av biogass og bærekraftig andregenerasjons biodrivstoff.
- **Støtte til ladeinfrastruktur:** ENOVA bidrar, gjennom støtte til et hurtigladenettverk, til at flere kan benytte elektriske biler til lengre reiser, og at elektriske biler kan bli fullverdige alternativer til fossilbiler.
- **Støtte til infrastruktur for tanking av hydrogen:** ENOVA har nylig lansert en støtteordning for hydrogenstasjoner for å legge til rette for en raskere vekst i bruk av hydrogenkjøretøy.

2.5 Markedet som driver

Byggsektoren er viktig for at Norge skal nå sine miljømål. Både offentlige og private byggeiere er med på å påvirke markedet i en riktig retning. Offentlige byggherrer har et særlig stort ansvar og har også stor påvirkningsmulighet på hele byggsektoren, inkludert arkitekter, rådgivere, entreprenører og byggevareprodusenter.

Både offentlige og private byggherrer har over lang tid selv tatt ansvar for å drive miljømålene i norsk byggenæring i riktig retning. I dag tilbyr markedet en rekke verktøy for miljøklassifisering av bygg for foretak som ønsker å få en grønnere profil. BREEAM er det fremste poengbaserte sertifiseringssystemet med langt over 200 000 sertifiserte bygninger og over én million registrert for vurdering siden lanseringen i 1990. BREEAM-NOR er den norske tilpasningen, og har vist seg å være et effektivt verktøy for å samordne de ulike aktørene i et byggeprosjekt.

I en BREEAM-NOR-sertifiseringsprosess [21] tildeles for eksempel ett poeng dersom det oppnås en sorteringsgrad på 75 % og to poeng for en sorteringsgrad på 85 %. Dersom det oppnås en sorteringsgrad på 90 %, oppnås to poeng + ett innovasjonspoeng. Økning av kildesortering til 75, 85 og 90 % anses som fullt gjennomførbart i dag. Enkelte riveprosjekter har oppnådd over 95 % sortering uten at det har gått utover kostnadseffektiviteten. Man kan få ytterligere 1–2 poeng dersom livsløpsvurderinger utføres over byggets livsløp. Videre får prosjektet 1–2 poeng ved reduksjon av klimagasser (ett poeng dersom man bruker et LCA-verktøy til å beregne klimagassutslippene fra nye materialer i bygget og om klimagassutslippene reduseres med 20 %, og to poeng for en reduksjon på 40 % sammenlignet med referansebygget). BREEAM er også hoveddriveren for den økende etterspørselen etter miljøproduktdeklarasjoner (EPD) i norsk byggebransje. BREEAM tildeler 1–2 poeng for prosjekter som bruker ca. 15 produkter dokumentert av EPD. Dette fører til at store markedsaktører, kommuner og eiendomsutviklere som Statsbygg og Omsorgsbygg krever produkter med EPD under anskaffelsesprosessen i ny-, rehabiliterings- og vedlikeholdsprosjekter. EPD-er muliggjør informerte materialvalg og reduserer utslippene fra materialene, produktene og tjenestene som brukes på byggeplassen.

Byggenæringens landsforening (BNL) er en av aktørene som fremhever viktigheten av å jobbe for utslippsfrie eller fossilfrie byggeplasser. Enkelte større byggherrer har også begynt å stille krav. BNL anbefaler dog at kravene stilles med klokskap og i dialog med næringen [22]. Forskning knyttet til utslipp fra byggeaktiviteter er i rask utvikling og kommunen har et stort behov for å innlemme flere gjennomførbare krav enn de som er mulig å stille per i dag. Ved å ta i bruk nye forskningsmetodikker knyttet til både transport og andre utslippstunge byggeaktiviteter kan dette prosjektet bidra med kunnskap for å få på plass en innovativ anskaffelsesprosess i kommunen.

Som et eksempel oppsummerer Tabell 2.2 krav og tiltak fra partnerne som er involvert i dette prosjektet. Flere av kravene kan bli møtt med tiltak i enkelte prosjekter eller bare være fokusområder i andre. Noen av kravene er utviklet til minimumskrav for alle prosjekter, mens noen er mer prosjektspesifikke avhengig av ambisjonsnivået.

Tabell 2.2. Krav og tiltak hos Omsorgsbygg og Skanska for å redusere utslipp fra byggeplassen

Satsingsområder		Eksempel på prosjekter med fossilfrie/utslippsfrie byggeplasser
Omsorgsbygg	<ul style="list-style-type: none"> – Byggeplassen skal være fossilfri. Alle maskiner som kan gå på el/batteri, skal gå på el/batteri. Alle dieseldrevne maskiner skal bruke andregenerasjons biodrivstoff fra sertifisert bærekraftig kilde iht. EUs fornybardirektiv. Drivstoffet skal tilfredsstille EN 15940. – Det skal være en styrt tørkeprosess. Det skal brukes væskebåret distribusjonssystem for varmen. Løsninger som tilfører fukt til bygget, skal unngås. Ved støping av betong vinterstid og behov for oppvarming for herding skal varmerør for væskebåret varme støpes inn og brukes til herding og uttørring. – Belysning på byggeplassen skal være energieffektiv og styrt for å unngå belysning når det ikke foregår arbeid. – Det skal benyttes elektrisk tårnkran fremfor dieseldrevet mobilkran. – Brakkeringen skal være godt isolert på nivå med krav i TEK17. Brakkeriggen skal ha system for senking av temperatur om natten og i helger og ferier. 	<p>Tåsen Byggeplassen på Tåsen er landets første byggeplass som kan drive anleggsmaskiner på strøm fra egne solceller. Etablering av solceller på rehab-prosjekter til drift av byggeplass</p>
Skanska	<ul style="list-style-type: none"> – Ved riving av bygg og konstruksjoner før prosjektoppstart skal muligheten for ombruk av materialer vurderes i det nye prosjektet. – Ved håndtering av rene og lett forurensede masser skal man vurdere muligheten for gjenbruk eller omdisponering av massene til andre tiltak. – Innkjøp skal alltid prioritere gjenvunnet/resirkulert materiale, komponenter med standarddimensjoner/moduler, materialer med lang levetid og kortreiste materialer. – Prosjektet skal vurdere muligheter for miljøvennlig oppvarming og tørking, for eksempel fjernvarme eller mobile væskebårne varmekraftverk. – For å minimere energiforbruket skal prosjektet vurdere valg av prefabrikkerte betongelementer og fasadelementer som ikke trenger herding/tørking. – Energieffektivisering (isolering av brakker, LED-belysning, varmegjenvinning, spareinstallasjoner, dørpumper for å redusere oppvarmingen, bevegelsesdetektorer, rutiner for å slå av lys, temperaturovervåking) – Opplæring for ulike grupper: økokjøring for maskinførere, opplæring til nøkkelressurser angående byggvarme/-belysning/-tørk 	<p>Fossilfrie byggeplasser</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lia barnehage: Vannbåret varme, elektrisk utstyr, bærekraftig drivstoff, optimalisering av logistikk, massebalanse; industrialisering – Powerhouse Kjørbo: Innvendige maskiner går på strøm, oppvarming med strøm, solceller skal inkluderes som en del av byggestrømmen. Elektrisk lift, gravearbeider utføres med bærekraftig drivstoff, optimalisere logistikk, utfordre underentreprenørene

Satsingsområder	Eksempel på prosjekter med fossilfrie/utslippsfrie byggeplasser
<ul style="list-style-type: none"> – Valg av miljøvennlige maskiner på prosjekt: Små elektriske gravere og hjullastere for konkrete aktiviteter, bruk av biodiesel i store anleggsmaskiner der strøm ikke er en mulighet (for eksempel ved gravearbeider) – Prosjektet skal vurdere hvordan transport fra og til prosjektet kan minimeres ved å tilrettelegge for kollektiv og miljøvennlig transport og samkjøring for ansatte. – Fokus på avfallsminimering. Prosjektene følger opp kg avfall/kvm bygg, dette for å identifisere muligheter for mindre svinn og mer effektive innkjøp. – Videreføring av klimaambisjonene til våre UE, TUE, prosjekterende og leverandørkjeden ved å stille krav knyttet til reduksjon av klimagassutslipp 	

3 Barrierer

Følgende kapittel oppsummerer konkrete faktorer som oppleves som barrierer og suksesskriterier for å oppnå utslippsfrie byggeplasser. Kapitlet tar opp temaer fra de involverte partnere i prosjektet.

3.1 Kunnskap og erfaring

Generelt opplever underleverandører miljøkravene og krav om fossilfrie alternativer som veldig nytt. Det er et stort behov for mer kunnskap både hos bestiller og leverandør. En klar definisjon og systemgrense for fossilfrie eller utslippsfrie byggeplasser er ennå ikke på plass. Det mangler en felles forståelse for hva som inngår i disse begrepene. Derfor er det behov for en tett dialog mellom leverandør og byggherre i tidligfase, da det er nødvendig å avklare forventninger, krav, systemgrenser og muligheter for utslippsreduksjon. Kunnskap og erfaringer fra tidligere vellykkede prosjekter bør tas inn i disse møtene (forbildeprosjekter). Videre er det viktig å involvere nøkkelpersoner på prosjektet slik at teoretiske løsninger går hånd i hånd med de praktiske.

3.2 Teknologi og kostnader

Hos Skanska er det et strategisk valg å investere i den nyeste teknologien som gir best effekt, lavest forbruk og derav også et lavere klimafotavtrykk. Den nyeste teknologien på anleggsmaskiner gir ca. 25 % reduksjon i forbruk av drivstoff sammenlignet med forrige generasjon maskiner. Tilgangen på utslippsfrie anleggsmaskiner i det norske markedet er per i dag begrenset, og kostnadene er mange ganger høyere enn for konvensjonelle anleggsmaskiner. Driftstiden når heller ikke opp i sammenligning med tradisjonelle maskiner fordi de for eksempel må lades opp. I lys av dagens teknologiutvikling, ikke minst innen IKT, bør man forvente store endringer innen anleggsmaskiner, person- og varetransport. Autonome kjøretøy, nye forretningsmodeller, droner og fremtidens logistikk-system vil kunne skape hurtig endring og gi konkurransedyktige priser på de nye transportløsningene. Fremtidens behov for infrastruktur, inkludert vei, er heller ikke så lett å forutsi som tidligere. Utslippsfri teknologi som elektrisitet og hydrogen vil utfordre eksisterende planlegging og fasilitering av byggeplasser. Energiforbruk i ulike faser og tilgangen til dette må planlegges for å ha bedre kontroll og vite mer om bakgrunnen for valg av tiltak. Eventuell bruk av hydrogen som drivstoff til maskiner må også planlegges med hensyn til fylling, sikkerhet, logistikk og kostnader.

Kostnadene for biodrivstoff er per i dag ca. 50 % dyrere enn for tradisjonelt fossilt drivstoff. Tilgangen på biodrivstoff i det norske markedet kan også være en begrensning for et prosjekt. Det er også viktig å påpeke at biodrivstoff ikke er utslippsfritt, men gir en reduksjon i klimagassutslippet.

3.3 Offentlige støtteordninger

Leverandørene vil gjerne levere utslippsfri teknologi, men utviklingskostnader vil kunne begrense denne viljen. Ny teknologi vil i mange tilfeller ha behov for partnerskap og finansiering. Det finnes i dag flere støtteordninger, blant annet Pilot-E finansiert av Enova, Forskningsrådet og Innovasjon Norge. Ambisjonen om utslippsfrie bygge- og anleggsplasser har spredt seg i markedet, og Skanska har som ambisjon å være den ledende grønne entreprenøren med et sterkt fokus på miljø og klima. Skanska opplever at det er stor etterspørsel og økt betalingsvillighet i markedet for miljøvennlige løsninger, og de har lang erfaring med leveranser av BREEAM-prosjekter. Nå ønsker de å ta steget videre for å minske utslippene fra utførelsesfasen i prosjekter.

3.4 Manglende krav

Kravene til utslippsfrie byggeplasser krever et større engasjement i tidligfase av prosjektet. Krav som stilles i dag, er i stort sett formulert som ytelseskrav, noen ganger med beskrivelse av en tilhørende oppgave som skal utføres. Det stilles få eller ingen krav til bruk av nye teknologier som kan medføre innovative løsninger for redusering av utslipp fra byggeplassen. Det finnes et stort potensial for å stille målbar krav med tilhørende dokumentasjon innen optimering ved bruk av for eksempel parametriske design eller andre digitale løsninger. Kravene som stilles i dag har fokus på direkte utslipp fra energibruk og drivstoff til anleggsmaskiner i selve byggefasen, men tar ikke med seg indirekte utslipp (utslipp som ikke skjer der energien brukes). I dag mangler

kravene ofte en klar og tydelig systemgrense for byggeaktiviteter. Det er ikke tydelig i hvilke faser klimagassberegninger skal utføres eller hvilke beregningsgrunnlag som skal brukes. Derfor må det utvikles krav som fører til store utslippsreduksjoner innen de fire temaene (prosesser, optimering, energibruk og LCA) i fremtiden. Se kapittel 7 for utdypende informasjon.

4 Muligheter og utfordringer

Digital optimering er en av driverne som gir en rekke muligheter for å redusere utslipp fra byggeaktiviteter i produksjonsfasen. Samtidig er det utfordrende å ta i bruk ny teknologi. Det gjelder for eksempel for optimering, som krever ny kompetanse hos både bestillere og leverandører. Prosesser og samarbeidsformer må også legges til rette for å utnytte potensialet i form av ny teknologi, blant annet ved optimering av transporter til og fra byggeplassen, se kapittel 4.2.2.

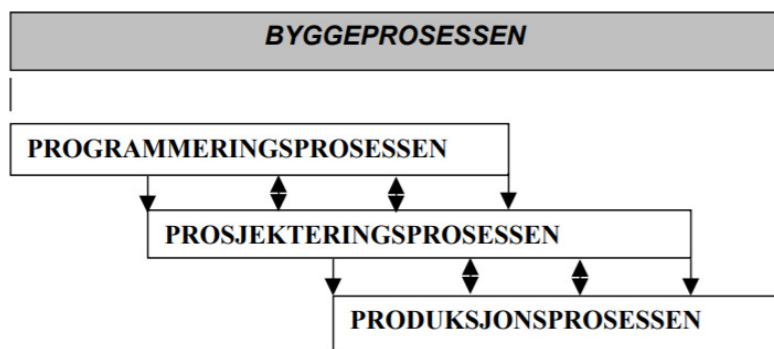
4.1 Prosesser

Følgende kapittel oppsummerer grunnleggende prinsipper knyttet til feltet "byggeprosess", mulige samhandlingsformer og behov for kompetanse som kan fremme utslippsreduksjon fra byggeplassen. Det finnes ingen fast mal for hvordan man best gjennomfører et byggeprosjekt. Byggeprosjekter er komplekse og involverer en rekke personer og tjenester. I følge Eikeland er byggeprosjektets kjerneprosesser sammensatt av en rekke delprosesser som er direkte ledd i produktutviklingen, og som resulterer i for eksempel beskrivelser eller produksjon av selve bygningen [23]. Byggeprosessen sett i et utvidet livsløpsperspektiv spenner helt fra tidligfase-planlegging (definisjon, konsept og programutvikling) gjennom prosjektering og produksjon til bruk, forvaltning og avvikling. Meland beskriver byggeprosessen som en gjennomføringsmodell for et byggeprosjekt definert gjennom kontraktene mellom partene og i forarbeidene med disse. "Ved å kombinere ulike entrepriser- og kontraktsformer, kontraheringsstrategier, vederlagsformer og organiseringsmodeller framkommer et sett mulige gjennomføringsmodeller som kan legges til grunn for enkeltprosjekter" [24]. Prosessene i et byggeprosjekt pågår ikke nødvendigvis sekvensielt, de kan pågå parallelt. Bransjens nye fasenorm "Neste Steg", se figur 4.2, er en felles fasenorm for bygg- og anleggsbransjen som ble ferdigstilt i 2015. Fasenormen synliggjør alle nødvendige trinn i byggeprosessen og skal bidra til økt forståelse for ulike perspektiver og helheten, samt legge grunnen for en felles begrepsbruk for bygge- og anleggsprosjekter.

Kjerneprosesser

Byggeprosjektets kjerneprosesser er prosesser som er direkte ledd i produktutviklingen, og som resulterer i beskrivelser eller produksjon.

- Programmeringsprosessen – *Hvilke krav skal byggverket tilfredsstillere?*
- Prosjekteringsprosessen – *utvikling og utforming med tilhørende beskrivelse av byggverkets fysiske egenskaper*
- Produksjonsprosessen – *fysisk utførelse av byggverket*



Figur 4.1. Kjerneprosesser i et byggeprosjekt [23]

Administrative prosesser

Administrative prosesser legger til rette for, planlegger og styrer kjerneprosessene. Disse er:

- Planleggings- og styringsprosessene innenfor de forskjellige fasene
- Anskaffelsesprosessene (offentlig anskaffelse)
- Finansiering, markedsføring, utleie eller salg
- Forvaltning, drift og vedlikehold.

Offentlige prosesser

Offentlige prosesser er fastlagt i lovverk som kulturminneloven og plan- og bygningsloven. For eksempel:

- Planprosesser som offentlig arealplanlegging og bebyggelsesplaner
- Byggesaksprosesser knyttet til byggesøknader og tillatelse til bruk når bygningen står ferdig

Valg av gjennomføringsmodell i byggeprosessen avhenger alltid av prosjektets størrelse, kompleksitet og hvilken tid man har til rådighet. I den tradisjonelle byggeprosessen inngår alle prosesser og rammebetingelser som skal til for å planlegge, prosjektere og gjennomføre et byggeprosjekt – fra programmering til overlevering av en ferdig bygning. Aktører som legger premisser for prosjektet, kan være departementer, direktorater, lovgivende myndigheter, offentlig forvaltning og finansieringskilder innenfor offentlig og privat virksomhet og plan- og byggesaksmyndigheter. Aktører som er involvert i selve byggeprosessen, opererer på strategisk nivå (byggherren), taktisk nivå (prosjekt- og prosjekteringsledelse) og operativt nivå (de utførende).

Fasenormen *Neste Steg* illustrerer både ansvarsforhold og hvilken informasjon som er nødvendig fra hver fase for at overgangene mellom dem skal bli sømløse. Oppgavene som tilhører de ulike fasene, er ikke nødvendigvis ment å utføres sekvensielt. Fasene defineres slik i Neste Steg:

- Strategisk definisjon
- Program- og konseptutvikling
- Bearbeiding av valgt konsept
- Detaljprosjektering
- Produksjon og leveranser
- Overlevering og ibruktakelse
- Bruk og forvaltning
- Avvikling.

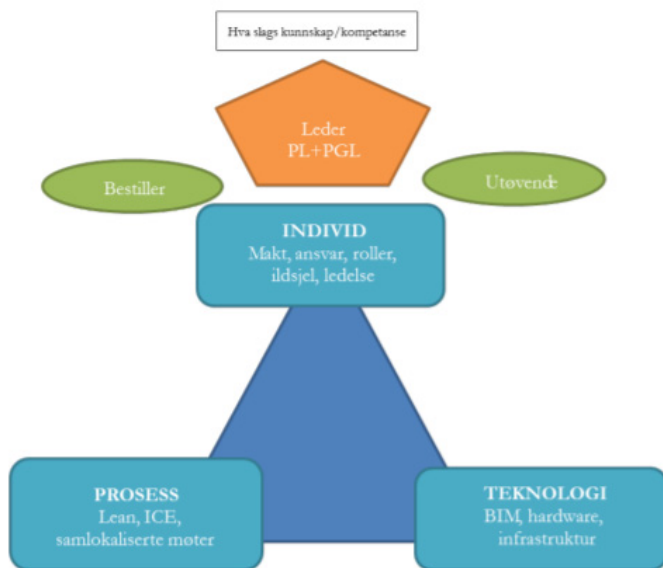
Vi har valgt å basere arbeidet på forskningsprosjektet SamBIM, der en beskrivelse for byggeprosessen ble utarbeidet på strategisk nivå. Hovedfasene i SamBIM-modellen korresponderer med hovedfasene i ISO 29481-1 [25] og de viktigste fasene i ISO 22263 [26]. Byggeprosessen styres derved ikke av en spesifikk entreprisform eller et kontraktsforhold, og blir heller ikke en full gjennomføringsmodell. Vi bruker derfor gjennomføringsmodell/prosessmodell som begrep (også brukt i SamBIM) i dette prosjektet (Figur 4.2).

	1. Strategisk Definisjon		2. Program- og konseptutvikling		3. Bearbeiding av valgt konsept		4. Detaljprosjektering			5. Produksjon og Leveranse		6. Overlevering og ibruktakelse	7. Bruk og forvaltning	8. Avvikling
Bygg21/NE Fasenorm (2015)	Identifisere behov, mål, ambisjoner og forretningsmessige rammer.		Definere krav, behov og rammer for prosjektet. Avklare overordnet prinsipper og konsepter. Vurdere ulike alternativer og gjennomførbarhet.		Klargjøring av konsekvenser. Konkretisere prosjektet ifht. krav, behov, og rammer for gjennomføring.		Nødvending detaljering og konkretisering av prosjektet for å sikre at krav og behov er ivarettatt i produksjonsgrunnlaget.			Utføreprosjektet ifht produksjonsgrunnlaget.		Sikre at prosjektet er gjennomført i fht bestilling og klaregjøre for ibruktakelse.	Sikre at prosjektet tilfredstiller rammer som virksomheten krever (strategisk definisjon) og sørge for nødvendige tilpassninger og utvikling gjennom byggets levetid.	Sørge for at bygget avvikles (salg, virksomhetsopphør el. riving) på en mest mulig bærekraftig måte.
RIBA PoW (2013)	0. Strategic definition		1. Preparation and Brief		2. Concept design		3. Developed design & Technical design		4.		5. Construction		6. Handover & Close out	7. In Use
BuildingSMART Norge/ ISO 29481-1	S00	S01	S02	S03	S04	S05	S06.1	S06.2	S07	S08.1	S08.2	S08.3	S09	S10
	Portfolio requirements	Conception of need	Outline feasibility	Substantive feasibility	Outline conceptual design	Full conceptual design	Coordinated design	Procurement	Production information	Construction	Construction pre-fab	FMI/Operation information handover	Operation and maintenance	Disposal
Arkitektfaglig ytelsesbeskr. (2010)	Utredningsfasen		Skisseprosjektfasen		Forprosjektfasen		Detaljprosjektfasen			Utførelsesfasen		Driftsfase		
Statsbygg, Forsvarsbygg, Fylkeskommunene	Initiering		Programmering		Forprosjekt		Detaljprosjekt			Bygging		Reklamasjon		
RIF Veileder prosjekteringsledelse høring (2013)			Programmering		Prosjektering					Produksjon		Overtakelse Reklamasjonstid	Forvaltning, drift og vedlikehold	
PMI	Feasibility study		Development of concepts		Pre- engineering		Detailed engineering			Construction		Completion	Operation	
The Information Delivery Cycle	Brief		Concept		Design		Definition			Build & Commision		Handover & Close out	Operation/In use	
DIFI Byggeprosjekt (2010)	Tidligfase				Prosjekteringsfase				Utførelsesfase		FDV	Drift og Vedlikehold / Utredning		
SAM_BIM (2015)	Programmering				Prosjektering				Produksjon				Drift	

Figur 4.2. Fasenormen "Neste Steg" som ble utviklet i 2015 som en felles fasenorm for bygg- og anleggsbransjen [27]. Nederst vises fasene for en av casene i forskningsprosjektet SambIM, som ble avsluttet i 2015.

4.1.1 Samhandlingsformer i referanseprosjekter

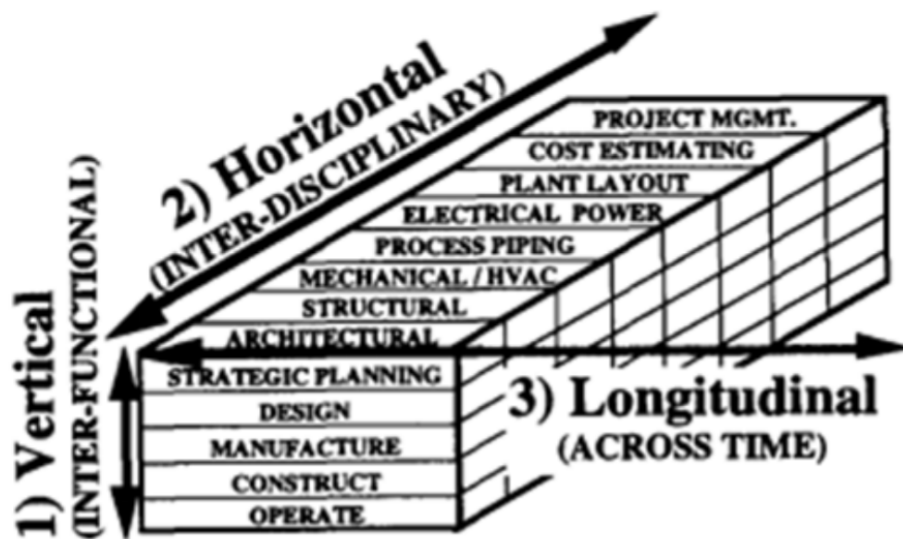
I forskningsprosjektet SamBIM –"Bedre samhandling i byggeprosessen med BIM som katalysator" – fokuserte man blant annet på prosjektaktørenes evne til å ta i bruk nye verktøy og metoder for å forbedre sine arbeidsprosesser og samhandlingsformer (Figur 4.3). Målet var å oppnå bedre samhandling og prosjektresultater, raskere gjennomføring og økt kvalitet på produktet. Slike samhandlingsformer er relevante i denne sammenhengen fordi de kan bidra til å redusere utslipp fra byggeplasser.



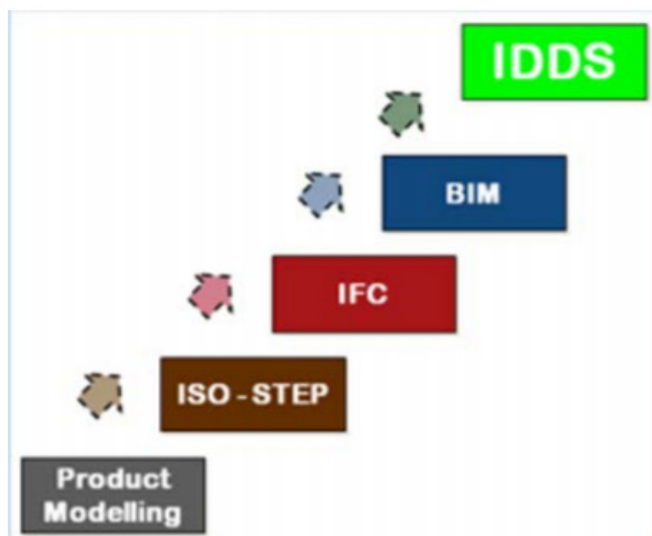
Figur 4.3. Relasjonen mellom individ, prosess og teknologi. Fra prosjektet SamBIM [28]

I SamBIM rapporten [28] beskrives "Integrated design and delivery solutions" som følger:

Med økt bruk av BIM og annen ny teknologi i byggeprosjekter, reises det også nye problemstill[ing]er med hensyn til hvordan dette skal integreres i prosjektorganisasjonen. International Council for Research and Innovation in Building and Construction har utviklet det såkalte integrated design and delivery solutions (IDDS) – integrerte design- og leveranseløsninger for høyere effektivitet og verdiskaping. Bedre samspillmodeller, kompetanseheving, muliggjørende teknologier og integrert informasjons- og kunnskapshåndtering kan minimere ineffektivitet og utløse verdiskaping i og på tvers av alle byggets faser og på tvers av prosjekt. Det er altså blant annet snakk om å øke alle de tre formene for integrasjon som Fergusson [29] omtaler [se Figur 4.4]. Dette skal gjøres gjennom bruk av både organisatoriske og kontraktuelle samt teknologiske virkemidler. IDDS er et internasjonalt satsingsområde som forener tanker fra flere ulike forskningstradisjoner. Utviklingen av IDDS ses på som "det neste steget", altså noe som går lenger enn bare bruken av BIM, jf. figur 4.5.



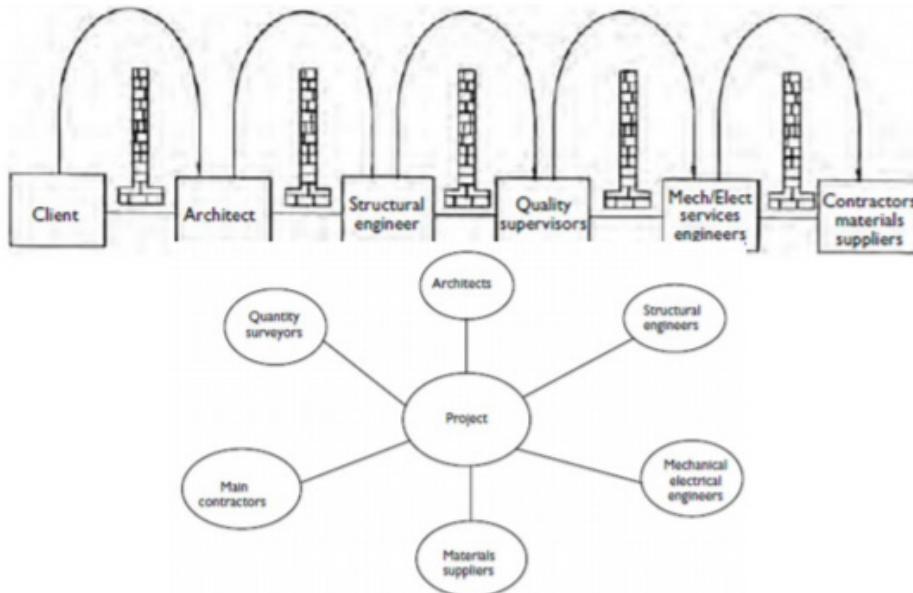
Figur 4.4. Ulike former for integrasjon: (1) Mellom kjerneprosessene programmering, prosjektering og produksjon (vertikalt), 2) Mellom de ulike fagdisiplinene (horisontalt), og 3) Over tid innad i prosjektene, men også ulike prosjekter (temporalt) [29]



Figur 4.5. Utviklingen av IDDS [28]

Fokus på ressursbesparelser i tråd med prinsippene om sirkulær økonomi skaper mindre behov for intern transport av materialer og elementer på byggeplassen, og derav mindre utslipp. En form for digital styring av logistikk vil forenkle oversikten på byggeplassen. Å se byggeprosessen som et samlebånd er brukt på vellykket vis i industrien og bør kunne overføres til byggenæringen – for eksempel ved økt bruk av strekkoder. I både IC og ICE står integrert, samtidig og tverrfaglig arbeid og tidlig involvering av nødvendig kompetanse i sentrum. Det er altså særlig horisontal, men også vertikal, integrasjon som vektlegges. Forskjellen ligger i at ICE legger vekt på bruken av BIM og andre teknologier for å understøtte samhandlingen. ICE kan derfor ses på som en videreføring og detaljering av den opprinnelige modellen "Concurrent Engineering", men også som en slags "rebranding" av et allerede kjent konsept [28].

Felles for ICE og IDDS er at de kan ses som forskjellige oppskrifter på hvordan man kan organisere en byggeprosess.



Figur 4.6. Én tradisjonell prosjekteringsprosess og én prosjekteringsprosess med et integrert team [28]

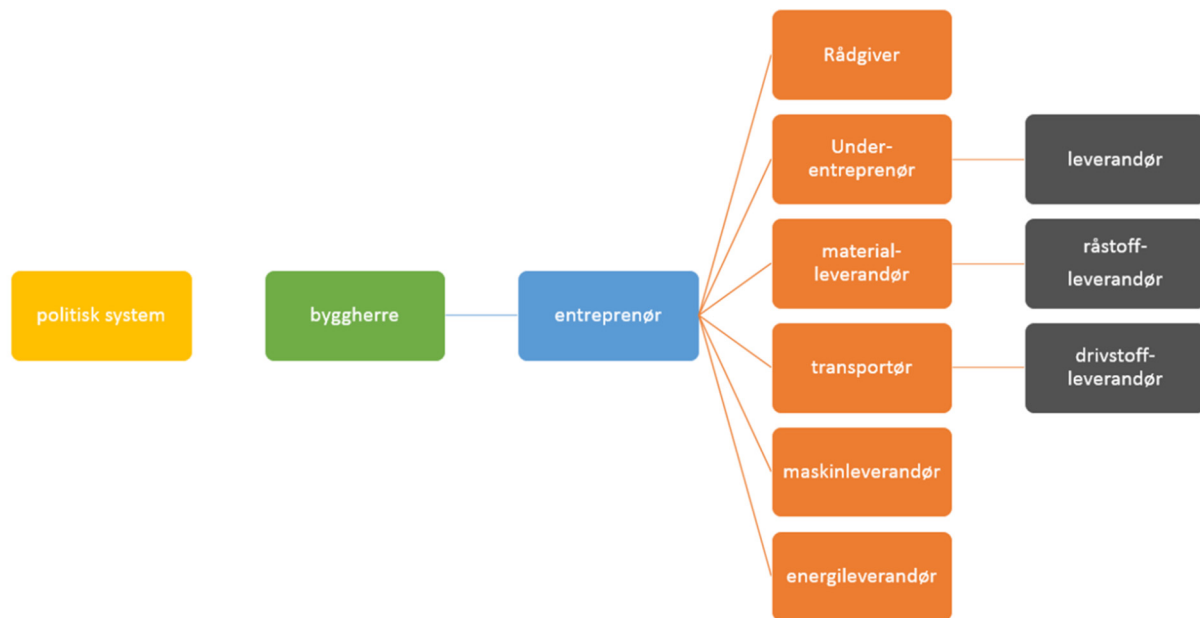
ICE har hovedfokus på prosjekteringsfasen og kan ses på som en videreutvikling av Concurrent Engineering (CE), men der IT spiller en mer sentral rolle. ICE er en sum av CE i sin opprinnelige form med et tillegg der det gjennomføres koordinering fra et teknologisk perspektiv [29]. Denne formen for samhandling gir god forankring av alle aktører i prosjekteringen og krever at deltakere i gruppen har god nok kompetanse for å lykkes med gjennomføringen. I forskningsprosjektet SamBIM ble et av case-studiene gjennomført ved hjelp av ICE. I stedet for bruk av referater, som flere av partnerne i SamBIM-prosjektet mente ikke var optimalt for informasjonsoverføring og som informasjonsbærer i byggeprosessen, tok man i bruk en nyutviklet prosessmodell basert på VDC, ICE og delvis Lean-tankegang (se nærmere beskrivelse av trimmet bygging/Lean Construction i kapittel 4.1.2). "Bakoverplanlegging" og forventningsavklaringer mellom aktørene ble benyttet, og i stedet for konvensjonelle møtereferater ble dialogmatriser aktivt brukt for å dokumentere beslutninger og avgjørelser i møtene. Denne samhandlingsmåten ga gevinster, og man fikk løst problemer sammen på en rask og effektiv måte. IT-utstyr og tilpasset "big room" var også til stor nytte.

4.1.2 Trimmet bygging (LEAN Construction)

Alle entreprenører i Norge bruker Lean-prinsippene i en eller annen form. Profilerte miljøer innen Lean Construction inkluderer Berkeley og Salford [30, 31]. Just-in-time, utjevning av produksjon, total kvalitetsledelse (TQM), total produktivt vedlikehold (TMP) og utstrakt samarbeid med underleverandører er sentrale elementer i Lean. Videre benytter man også virkemidler som standardiserte prosesser, jobbrotasjon, teamorganisering og forbedringsgrupper i en kontinuerlig søken etter å redusere alle former for "sløsing" (waste). Lean har utviklet seg fra å være best tilpasset permanente organisasjoner til en mer prosjektbasert retning. Det gjelder også bygg og- anleggsnæringen [32]. Lean-prinsippene er i utgangspunktet en form for gjennomføring med fokus på effektivitet uttrykt ved tid og kostnader, men vil også ha direkte effekt på både ressursbruk og utslipp fra gjennomføringsfasen av byggeprosessen.

4.1.3 Kompetanse

I denne sammenhengen defineres kompetanser som egenskaper og kvaliteter som er viktige å ha utover det tekniske kjernefaget [33]. Figur 4.7 viser alle involverte aktører i byggeprosessen. Alle aktørene kan få behov for å opparbeide seg ny kompetanse.



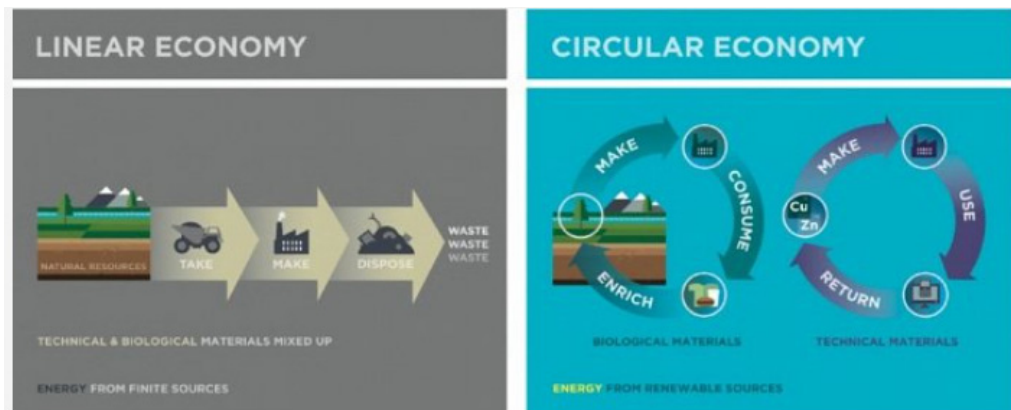
Figur 4.7. Alle aktører vist i figuren vil få behov for å øke sin kompetanse med hensyn til utslippsreduksjon på byggeplassen
Kilde: B. Laanke. *Grønn anleggssektor*. Prosjektoppgave med Handelshøyskolen BI i Oslo, 2017.

En spørreundersøkelse gjennomført i industri-, bygg- og anleggsbedrifter oppsummerer blant annet fremtidige kompetansekrav og hvordan disse vil endre seg i løpet av en 10-årsperiode. Resultatet viser at det å beherske IKT vurderes som mest økende i viktighetsgrad. Fagarbeideren må kunne sette seg inn i og anvende ulike former for digital støtte i tilknytning til for eksempel planlegging, organisering, koordinering, kommunikasjon, styring og rapportering [33].

Ved bruk av ICE vil det ikke lenger være tilstrekkelig med en byggeteknisk kompetanse. I tillegg må de prosjekterende ha kompetanse om anvendelse av BIM og annen ny teknologi. De må ha kunnskap om mulighetene med og bruksområdene til disse teknologiene. I tillegg må man ha god prosesskompetanse om hvordan man best kan tilpasse verktøyet til arbeidsroller, rutiner, samarbeidsrutiner osv. Om man ikke har denne kompetansen, vil prosjektet som regel ende opp som et tradisjonelt prosjekt der man bruker BIM-/3D-modellen til kollisjonstester. Krav til kompetanse og målsettinger for prosess og framdrift må beskrives i konkurransegrunnlaget. Både krav til BIM-kompetanse, BIM-leveranser og BIM-forventninger må være tydelige. Disse bør eventuelt rulleres og justeres i oppstart av prosjektet for å sikre felles forståelse.

4.1.4 Fra sekvensiell til sirkulær prosess (økonomi)

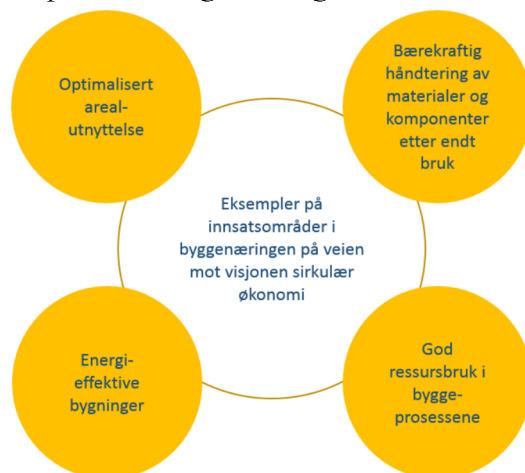
Med det "grønne skiftet" rettes det stadig større oppmerksomhet mot en sirkulær økonomisk modell i motsetning til en konvensjonell lineær økonomisk modell (Figur 4.8). Gjenbruk, reparasjon, oppussing og forbedring av materialgjenvinning og ressursbruk står i sentrum.



Figur 4.8. Forskjellen mellom lineær og sirkulær økonomi [34]

Ellen MacArthur Foundation [35] beskriver sirkulær økonomi som en stadigværende utviklingssyklus som ivaretar og gjenbraker ressurser (naturlig kapital), optimaliserer ressursutbyttet og har fokus på god styring og fornybare strømmer. Mange tenker kanskje at sirkulær økonomi først og fremst gjelder håndtering av komponenter og byggematerialer ved avhending, men det handler også om å redusere ressursforbruket til et minimum og optimalisere inngående ressurser og arealbruk.

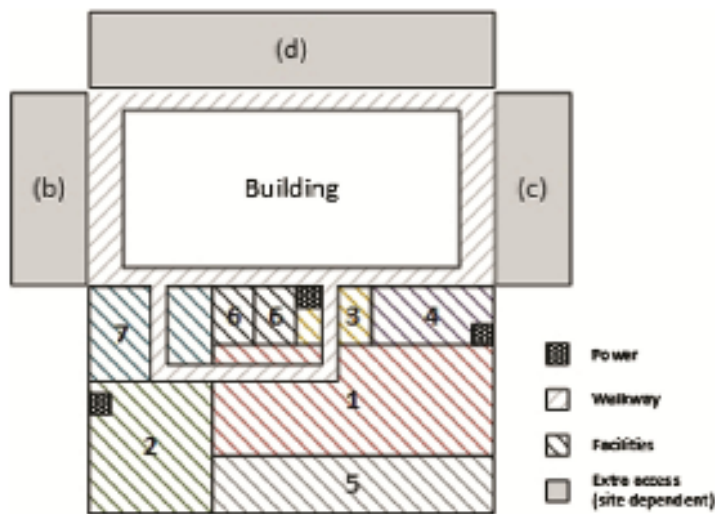
Figur 4.9 viser et eksempel på hvilken relevans en sirkulær økonomi vil ha for den norske byggenæringen. Ressursbesparelser vil også i mange tilfeller innebære utslippsbesparelser i byggefasen.



Figur 4.9. Fire mulige innsatsområder for å få til en sirkulær økonomi i byggenæringen [34]

4.1.5 Rigg og drift

Optimering av aktivitetene knyttet til rigg og drift er en viktig del av arbeidet for å redusere utslipp. Den fysiske utformingen vil ha innvirkning på mengden transport og bruk av energi og drivstoff for inn- og utgående vare- og personleveranser, i tillegg til forbruket på selve byggeplassen. Utformingen av byggeplassen må tilrettelegges for hvert enkelt prosjekt slik at logistikk og sekvensering på byggeplassen i størst mulig grad er lagt opp til minst mulig omfordeling og intern forflytning av masser, materialer og elementer på byggeplassen, og størst mulig grad av direkte leveranser til utførelse og montering. Bruk av digitale verktøy for å beregne og sikre korrekt antall og mengde bestillinger, størrelse og leveranstid og -sted, vil tilrettelegge for og resultere i den beste utformingen av byggeplassen. Mulighetene for å optimere rigg og drift med hjelp av digitale verktøy beskrives også kapittel 4.2.1.



Figur 4.10. Eksempel på en effektiv rigg og drift for en Norsk byggeplass utviklet i forskningsprosjektet "High Performance Work Systems", finansiert av Norges forskningsråd. Prosjektet ble gjennomført i regi av SINTEF Teknologi og samfunn, og ble avsluttet i 2015 [36].

4.2 Optimering

Innen fagfeltet optimering er utslippsfrie byggeplasser ikke et etablert begrep. Det har sannsynligvis to hovedårsaker: For det første er fokuset på utslippsfrie byggeplasser relativt nytt og derfor ikke grundig studert. Den andre – og antakelig primære – årsaken er at anvendelse av optimeringsmetoder typisk krever problemer av signifikant størrelse for at det kan oppnås forbedringer som er store nok til å forsvare utviklingsutgiftene.

Innen optimeringsfeltet er det først og fremst fokus på å utvikle modeller og løsningsalgoritmer for planleggingsoppgaver, det vil si å utvikle metoder som kan brukes i verktøy for automatisk utarbeidelse av planer. Planene skal være optimale (eventuelt så gode som mulig) for definerte målkriterier, og tillatte, det vil si at de tilfredsstillende gjeldende føringer. Oppgaver kan defineres på ulike nivåer i kontrollkjeden: strategisk, taktisk, operasjonelt og sanntid. Eksempler på anvendelser er mannskapsplanlegging, prosjektplanlegging, transportplanlegging og design/layout. Innen mannskapsplanlegging kan oppgaven være å lage en detaljert plan for hvem som utfører hvilke oppgaver til hvilken tid. I prosjektplanlegging er oppgaven typisk å lage en optimal plan der hver aktivitet får tildelt ressurser og tid med hensyn til ressursbegrensninger og andre føringer. Innen transport kan oppgaven være å finne en best mulig plan for å utføre transportoppdrag (mannskap, varer, avfall) med en flåte av kjøretøy: bestemme hvilket kjøretøy som skal ta hvilket oppdrag, i tillegg til betjeningsrekkefølgen for hvert kjøretøy. Dette kalles "the Vehicle Routing Problem" (VRP). Anvendelser innen design og layout gjelder ofte strategisk planlegging av hvilke funksjoner/enheter som skal plasseres hvor, gjerne også med dimensjonering.

4.2.1 Optimeringsoppgaver på byggeplasser

Som nevnt krever bruk av optimering oppgaver av en viss størrelse og kompleksitet for å gi gevinst. Dette er en klar utfordring om vi ser på hver enkelt byggeplass. Større byggeplassprosjekter kan gjøre nytte av forskningen innen "Facility Layout Problem" eller "Shipyard Layout Problem", hvor selve plasseringen av ulike funksjoner bestemmes [37]. Disse formuleringene kan tilpasses slik at de omfatter flytting av masser og oppstilling av stasjonære maskiner, samt layout i forbindelse med strømforsyning og liknende på plassen. Metodene er ikke trivielle, og kan tilpasses til aktuelle problemstillinger for logistikk på byggeplassen. Planleggingen av byggeplassen kan kombineres med et klassisk Gant-diagram slik at planleggingen av oppgaver koordineres bedre med den fysiske plasseringen av masse og materiell på byggeplassen. Optimeringsanvendelser av mer typisk størrelse kan formuleres rundt overordnet koordinering, for eksempel ved å se på transporter til og fra flere byggeplasser.

4.2.2 Optimering av transport

"The Vehicle Routing Problem", VRP, som beskrevet over er et av de mest studerte optimeringsproblemer innen transport. I forbindelse med utslippsfrie byggeplasser kan verktøy for løsning av VRP [38] bidra til å redusere kostnader og utslipp. Gevinstpotensialet varierer med anvendelsen, men kan typisk være 10 % når det gjelder manuell planlegging. Bedre planlegging kan lede til bruk av færre kjøretøy, mindre totalt transportarbeid og bedre koordinering, for eksempel ved å anvende tidsvinduer for levering. En nyere trend i VRP-forskning er modeller der målkriteriet er å minimere utslipp, eksempelvis "Green VRP" og "Pollution VRP" [39]. Optimale planer vil da gjerne ha ruter der kjøretøyene unngår kø og tung last i motbakker. En annen trend innen VRP-forskning er å se på samarbeid mellom konkurrerende transporttilbydere ved å konsolidere oppdrag. Dette kan medføre en reduksjon av antall kjøretøy, men er ofte utfordrende i praksis da det krever en høy grad av samarbeid mellom konkurrerende bedrifter. En løsning kan være å stille krav til samarbeid allerede i tilbudsprosessen. Videre kan krav fra byggherre om bruk av terminaler for samlastning for leveranser til anleggs- og byggeplasser være et virkemiddel for å redusere transportbelastningen. I tillegg til redusert transportmengde vil terminalløsninger kunne bidra til mer presise leveranser, hvor tidsbruk og utslipp i forbindelse med lasting og lossing kan reduseres vesentlig. Bruk av optimeringsbaserte planleggingsverktøy kan også effektivisere transport av avfall (se kapittel 4.2.5), og muliggjøre en kombinasjon av utkjøring av materialer med henting av avfall.

4.2.3 Elektrisitetsnett

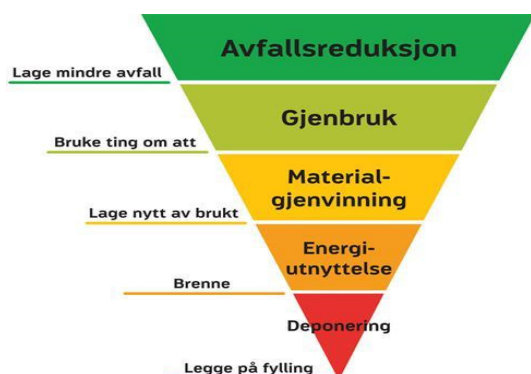
Planlegging og styring av elektrisitetsnett er en mye studert anvendelse av optimering. Klassiske problemformuleringer er "Economic Dispatch" og "Unit Commitment", der målet for en produsent er å finne en inntektsoptimal tidsplan for produksjon på kort og lang sikt. En annen krevende optimeringsoppgave er dynamisk balansering av nettverket. Om en byggeplass skal elektrifiseres, krever det antakelig utbygging av den eksisterende infrastrukturen, noe som ikke alltid vil være mulig. Optimeringsteknikker kan brukes til "Peak Shaving" og "Load Shifting" for å sørge for at nettet ikke overbelastes, og at forbruk og lading av batteri styres på en kostnadsoptimal måte.

4.2.4 Reduksjon snarere enn eliminering

Felles for de fleste optimeringsanvendelser er at de fokuserer på å utføre oppgaver mer effektivt. Derfor bidrar de primært til reduksjon snarere enn eliminering av utslipp. Optimering kan bidra til miljøvennlige løsninger, for eksempel fordi bedre planleggingsevne gjør det praktisk mulig å anvende utslippsfrie maskiner. Planlegging av hydrogenforsyning til en gravemaskin basert på brenselcelle er et konkret eksempel på dette.

4.2.5 Avfall

Avfall er definert som kasserte gjenstander eller stoff, men gjennom gjenbruk og gjenvinning av materiale kan avfall nyttiggjøres som råstoff for nye produkter og tjenester. Avfall er ikke lenger nødvendigvis bare en belastning, en uønsket kostnad eller et problem, men også en ressurs. Avfallshierarkiet (Figur 4.11) angir ulike nivåer av håndtering av avfall fra øverst til nederst. Målet er at avfallet skal behandles så nær toppen av pyramiden som mulig.



Figur 4.11. Avfallshierarki eller avfallspyramide [40]

Avfallshierarkiet gir en prioritert rekkefølge for avfallsforebygging (altså hindre at avfall oppstår), fulgt av gjenbruk (hindre bruk av nye ressurser som samtidig hindrer avfall til deponi), materialgjenvinning (tilbakeføring av materialer i en industriell prosess), energigjenvinning og til slutt deponi [41]. Avfallsforebygging kan defineres som reduksjon av avfallsmengdene fra kilden gjennom redusert forbruk, endret forbruksmønster, endrede produksjonsprosesser og bedre utnyttelse av råvarer. Avfallspyramiden reflekterer prioriteringene i norsk avfallspolitikk og EUs rammedirektiv for avfall. EU har lansert en handlingsplan for sirkulær økonomi, "Closing the Loop", og i Norge regnes sirkulær økonomi som en viktig del av det politisk ønskede "grønne skiftet". I tillegg til bedre ressursforvaltning er målet nye, grønne og lokale arbeidsplasser [42].

Bygg- og anleggsavfall er en av de største avfallsgruppene i Norge. I følge Statistisk sentralbyrå oppstår det rundt 1,87 millioner tonn byggavfall årlig, hvor avfall fra nybygging, riving og rehabiliteringer utgjør omtrent en tredjedel hver [43].

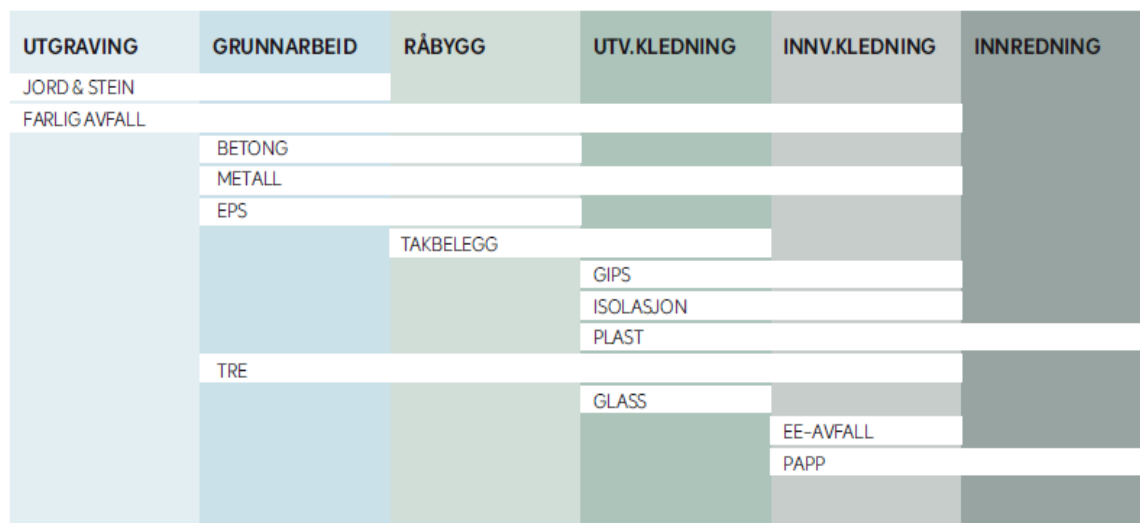
Hensiktsmessige mål for avfallsminimering inkluderer:

- **Redusere mengden produsert avfall i byggeperioden:** Elementbyggerier eller prefab produsert på fabrikk kan redusere byggetiden, energibehovet knyttet til herding og tørking, avfall knyttet til byggeaktiviteter og byggefeil samt gi bedre innelima i husene sammenliknet med tradisjonelle plassbygging på grunn av redusert risiko for eksempel fuktskader under bygging. Direkte montering kan også gi mindre arealbehov til rigg, og derav mindre inngrep i natur og tomtebehov. I trange bysituasjoner kan det derfor bygges mer økonomisk og effektivt. Fabrikktilpassede dimensjoner (precut eller prekapp) kan være en smart måte å redusere byggavfall på [42]. For eksempel vil gipsplater levert i riktig lengde gjøre at det ikke blir kapp på byggeplassen. Det reduserer avfallsmengdene. Emballasje kan reduseres i byggeperioden ved å kreve bruk av mindre emballasje/ombruk av emballasje eller ved å stille krav til at leverandørene tar med seg emballasje knyttet til sine leveranser. Imidlertid er det viktig å vurdere om miljøbelastninger skiftes til en annen del av byggets livssyklus (for eksempel til produksjonsfasen).
- **Legge til rette for ressurseffektiv og miljøvennlig avfallsplan:** Sikre at produsert avfall håndteres på en miljøvennlig måte. Fra tilgjengelige data (se tabell 4.1) ser det ut som om det er ganske vanlig at det oppstår 40–60 kg avfall per kvadratmeter i nybyggprosjekter (omfatter ikke riveavfall). Men det fins pilotprosjekter som har oppnådd så lavt som 15 kg/m² [42]. Det krever imidlertid omfattende planlegging og fokus på redusert avfallsgenerering – helt fra første strek settes på en tegning til bygget er ferdig. Flere miljøprosjekter har lagt seg på en målsetning om maks 25 kg/m². Den beste metoden for å fastsette forventede avfallsmengder er å lage et regneark hvor de ulike materialkategoriene er lagt inn med spesifikke mengder avfall per løpemeter, og måle opp hvor mange løpemeter man har av denne typen. Erfaringstallene i tabell 3.1 kan brukes som utgangspunkt, og man kan sette opp en avfallsplan som et effektivt verktøy for å fastsette forventede avfallsmengder for bygget (i form av et regneark).

Tabell 4.1. Avfall i kg/m² for riving og nybygg. Erfaringstall fra NHPs kildesorteringsveileder [42]

Fraksjon	Små boliger		Store boligbygg		Næringsbygg		Andre bygg	
	Riving	Nybygg	Riving	Nybygg	Riving	Nybygg	Riving	Nybygg
Betong, ren	491.66	1.72	445.49	16.71	550.1	18.47	359.24	16.36
Betong, forurenset	15.92		48.66		18.42		10.43	
EE-avfall	1.6	0.08	1.2	0.14	2.56	0.64	2.4	0.09
Gips	1.58	4.17	0	6.22	0.47	4.1	8.44	4.54
Glass	1.27	0	0	0.03	2.46	0.16	0.77	1.04
Metall	11.4	0.4	16.16	2.3	35.69	3.79	34.06	4.22
Papir	1.6	1.52	0	1.77	0	1.03	7	2.96
Plast	0.21	0.44	0	0.75	0.01	0.24	0.02	0.39
Trevirke	107.77	12.33	68.59	16.36	56.41	13.02	51.06	16.22
Blandet avfall	96.69	17.61	28.52	14.25	39.15	16.76	39.19	16.09
Annet	2.76	0	0	0.21	2.33	0.4	8.82	1.97
Farlig avfall	7.32	0.23	7.32	0.23	7.32	0.23	7.32	0.23
Sum	739.78	38.5	615.94	58.97	714.92	58.84	528.75	64.11
Asfalt	10.55	0	14.28	5.6	24.37	6.8	38.58	82.63

- **Måling av avfallsmengder** [42]: Avfallsmengde per kvadratmeter må måles, og målene må gjennomgås jevnlig. Det er vanlig at avfallsmengdene med restavfall stiger mot slutten av prosjektet på grunn av dårlig tid og generell opprydding på byggeplassen. Det er viktig å følge med på totalmengden og avfall generert per kvadratmeter, og når i et byggeprosjekt avfallsmengdene oppstår. Figur 4.12 viser hvilke avfallsfraksjoner som vanligvis oppstår i de ulike fasene i et byggeprosjekt [42].



Figur 4.12. Oversikt over hvilke avfallsfraksjoner som vanligvis oppstår i de ulike fasene i et byggeprosjekt [42]

- **Lokal ombruk** er ombruk av bygningselementer oppstått ved oppgradering av samme bygning som elementene er hentet fra. Mest vanlig er ikke-bærende konstruksjoner, inventar og tekniske systemer. **Ombruk annetsteds** er ombruk av bygningskomponenter (for eksempel vinduer, dører og bærende konstruksjoner) som kommer fra andre bygninger: 1) Utform materialkomponenter der alle bestanddeler består av samme materiale); 2) Utform holdbare komponenter med lang levetid for bruk i flere generasjoner; 3) Høy generalitet (for eksempel: Utform komponenter med lav kompleksitet); 4) Bruk av fleksible forbindelser; 5) Utform de konstruktive lagene som uavhengige systemer; og 6) Merk materialer og komponenttyper med informasjon om øvrig byggesystem for lettere demontering, sortering og remontering og forenklet planlegging av riveprosess.

4.2.6 Helhetlig tilnærming og grensesnitt mellom aktiviteter

Bruk av verktøy for optimalisert flåtestyring som baserer seg på løsning av "the Vehicle Routing Problem" (se 4.2.2) gir mulighet for gevinster ved samarbeid mellom konkurrerende transporttilbydere ved å konsolidere leveranser. Slike verktøy kan både føre til reduksjon av antall kjøretøyer som må anvendes og det totale transportarbeidet – og dermed også miljøbelastninger.

4.3 Energibruk

Energibruk inkluderer fossilfrie og utslippsfrie løsninger for oppvarming og uttørring av byggeplassen, anleggsmaskiner og andre verktøy som benyttes på byggeplassen. De mest sentrale parametrene i beregningen er energibehov, energikilde og utslippsfaktorer. Hovedprinsippet i livssyklusenknningen er at både oppstrøms utslipp, direkte utslipp og nedstrøms utslipp skal inkluderes uavhengig av geografisk utslippssted. Det gjelder både utslipp fra elektrisitet, fjernvarme og ulike fossile og fornybare brensler.

Løsninger for utslippsreduksjon fra energibruk inkluderer redusert energibehov, økt energieffektivitet og bruk av lav- og nullutslippsteknologi eller karbonnøytralt drivstoff.

Redusere energibehov

Energiforbruket er den første faktoren som bør vurderes for å redusere utslippene fra byggeplassen. Det kan oppnås på flere måter [1]:

- Effektive og gode transportløsninger for både varer og personell
- Ved å holde bygningen tørr reduseres behovet for oppvarming og uttørring. For eksempel kan et midlertidig tak eller en teltløsning installeres for å stoppe gjennomtrenging av regn, og byggematerialene må oppbevares tørt og trygt.
- Ved å prioritere bruken av prefabrikkerte betongelementer reduserer prosjektet behovet for uttørring.
- Årstidene kan utnyttes for å redusere energibehovet på byggeplassen. På Campus Evenstad foregikk mesteparten av arbeidet om vinteren. Det resulterte i sin tur i en økning av utslippene fra byggeplassen på grunn av dieselaggregatene som ble benyttet til opptining av grunnen og herding av betongen. Hvis støping av betong hadde funnet sted i sommermånedene, og hvis alternative fornybare oppvarmingskilder ble brukt i stedet for dieselaggregater, kunne slike utslipp vært unngått.
- NHO hevder også at oppvarmingsbehovet kan reduseres med 30 % ved å montere oppvarmingsenheter på innsiden av bygningen i stedet for på utsiden [44].
- Energiforbruk fra lys kan reduseres ved å benytte LED-lys og bevegelsessensorer for sikkerhet mot innbrudd eller tyveri utenfor arbeidstiden. Bruk av bevegelsessensorer betyr at behovet for belysning synker til 8 timer daglig i stedet for 24 timer. Det ville gitt 66 % sparing i belysningsbehovet [2].
- Forbedre standarden til brakkene på byggeplassen, slik at de får tykkere isolasjon i vegger og tak, varmegjenvinning, termostater og luft-til-luft eller vann-til-luft varmepumpe [2].
- Minimere tomgangskjøring av anleggsmaskinene, og skru av utstyr og maskiner som ikke er i drift.
- Velge lokale leverandører og underleverandører (UE) dersom det er mulig. Det fører til kortere kjøreavstander og betydelig mindre CO₂-utslipp.
- Vedlikeholde alt konstruksjonsutstyr og maskiner, slik at det er i god stand i henhold til produsentens spesifikasjoner. Utstyret må sjekkes av en sertifisert mekaniker og være funnet i god orden før det kan tas i bruk.
- Riktig valg og bruk av anleggsmaskiner på byggeplassen kan føre til betydelige CO₂-reduksjoner. Moderne anleggsmaskiner med STEG IV-motorer slipper ut mindre CO₂ og NO_x enn eldre STEG 3A og 3B maskiner. Riktig kjøreteknikk og kompetanse på økokjøring kan redusere CO₂-utslippet med 10–20 %.
- Bruk utstyr med riktig størrelse til jobben, og gi operatører opplæring før utstyret tas i bruk.

Lav- og nullutslippsteknologi eller karbonnøytralt drivstoff

Begrepet lav- eller nullutslippsteknologi i transport omfatter bruk av alternative drivstoff. Eksempel på nullutslippsteknologi er elektrisitet eller bruk av hydrogen som energikilde i batterier eller brenselceller. I

driftsfasen har ikke disse utslipp av klimagasser. Batterielektrisk teknologi og hydrogenteknologi er begge elektriske framdriftsløsninger. Lavutslippsteknologi er hybride løsninger som kombinerer en forbrenningsmotor med en elektrisk motor. I motsetning til fossile drivstoff, som man enkelt kan transportere og lagre på eksempelvis dieseltanker, er planleggingen av infrastrukturen til alternative drivstoff mer utfordrende, i form av for eksempel kapasitet på kraftnettet eller leveranse og lagring av hydrogen.

Per i dag er diesel mye brukt, men alternative motorteknologier og drivstoff inkluderer:

- Biodrivstoff
- Hybrid (diesel og batteri)
- Metanol (fornybart eller fra naturgass)
- Helelektrisk
- Brenselselle og Batteri (Hydrogen hybrid)
- Andre former for fornybar energi (fjernvarme, solceller, CHP)

Prosjektet skal se på muligheter og eksisterende praksis og løsninger under utvikling for tidlig anskaffelse av fornybar energi og drivstoff knyttet til:

- Anleggsmaskiner (for eksempel biodiesel eller elektriske løsninger)
- Varme og tørk av byggeplasser (for eksempel fjernvarme, elektrisk, varmebrønn med mobil varmpumpe)
- Transport til og fra byggeplass

4.3.1 Anleggsmaskiner

Anleggsmaskiner kan deles i maskiner til grunnarbeid (hvor det ofte brukes større, dieseldrevne maskiner som gravere og pelemaskiner) og bygningsarbeid (hvor det gjerne brukes dieseldrevne mobilkraner i kombinasjon med tårnkraner og lifter) [8]. Antall anleggsmaskiner og deres brukstid i denne fasen vil variere med kompleksiteten til grunnforholdene. Per i dag kan fossilfrie og utslippsfrie energibærere for anleggsmaskiner deles inn i fem kategorier:

Anleggsmaskiner drevet på biodiesel

Dette alternativet er ikke utslippsfritt, men fossilfritt, og er en midlertidig løsning som støtter overgangen fra dieseldrevne maskiner til utslippsfrie alternativer. Kategorien inkluderer øvrige anleggsmaskiner, hvor det ikke fins elektriske alternativer, og kan kjøres på HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) biodiesel. HVO er fornybar diesel som framstilles av fornybare organiske råstoffer ved hjelp av hydrogenering, det vil si tilførsel av hydrogen i en katalytisk kontrollert prosess [45]. Produktene kalles generelt for HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids), og dersom oljen kommer fra planter, brukes betegnelsen HVO. HVO har den fordelen at det er mulig å justere kuldeegenskapene av drivstoffet i raffineringprosessen, at den kan blandes inn i fossil diesel i ulike andeler og at man kan benytte dagens infrastruktur for fossil diesel. Caterpillar og Volvo har godkjent at deres maskiner kjøres på HVO-diesel. Hitachi avventer en endelig godkjenning og beskrivelse av drivstoffet fra EUs side før de godkjenner bruken [46]. Rapporten fra TØI som vurderer miljøeffekter av HVO, viser at klimaeffekten av drivstoffet HVO er avhengig av blant annet hvilke råstoff som inngår, hvor det hentes fra og indirekte virkninger produksjonen gir [45]. Selv om HVO brenner forholdsvis rent, vil lokale utslipp også avhenge av kjøretøyets Euro-klasse, motorstyring og rensesystem. I verste fall kan HVO gi et høyere klimabidrag enn konvensjonell diesel. Rapporten anbefaler å evaluere klimapåvirkningen av HVO i et livsløpsperspektiv, som alle fornybare drivstoffer.

Hybride anleggsmaskiner

Hybride anleggsmaskiner har en diesel og elektrisk hybrid løsning. Wacker Neuson leverer en dual power minigravemaskin for innendørsbruk som leveres med mulighet for to drivlinjer: Den kan kjøre på diesel og på elektrisitet via et aggregat som styrer drift og hydraulikk (figur 4.13) [47]. Komatsu leverer en hybrid gravemaskin med dieselmotor som produserer strøm til framdrift og driver-hydraulikken. I tillegg har den en elektrisk motor til svingning som også gjenvinner energi fra bremsing [48]. Det ble rapportert om reduksjoner i drivstofforbruk på rundt 30 % og en økning i innkjøpskostnad på rundt 20 % [49].



Figur 4.13 Dual-drive gravemaskin [47]

Kabeltilkoblede elektriske maskiner

Disse maskinene har ledning til strømforsyning og vil stå relativt fast på en lokasjon eller beveger seg innenfor et begrenset område. Per i dag går de fleste tårnkraner og mindre maskiner på strøm. Svenske Brokk leverer flere av sine riveroboter med elektrisk drift via kabler (figur 4.14). Den minste kan ta verktøy som veier opptil 80 kg og den største kan ta 600 kg, og den vertikale lengden er fra minst til størst på 3,1 til 7,1 m [48].



Figur 4.14. Brokk 60 (venstre) og Brokk 400 (høyre) [48]

Allikevel er det bekymringer knyttet til sikkerhet på byggeplasser med kabler siden de tilbyr begrenset fleksibilitet. Det er også begrenset kapasitet på elektrisitetsnettet. utfordringene blir større med flere maskiner i gang samtidig. Mange slike maskiner benytter spenning på inntil 1 000 V.

Mobile elektriske maskiner (batteridrevet)

Disse maskinene kan bevege seg fritt, og bruken er dermed kun begrenset av batterikapasiteten. Tilgjengelige batterielektriske maskiner inkluderer elektriske lastere fra leverandører som Wacker Neuson, Weidemann og Kramer, Atlas Copco og Avant. Wacker Neusons Kramer 5055e hjullaster har en løfteevne på opp til 2,5 tonn og omtrent 5 timer driftstid (figur 4.15) [50]. Wacker Neuson, Messersi, Fort, TUFFTRUK og Ecovolve tilbyr elektriske mini belte- og hjuldumpere [48]. Allikevel oppleves tilgangen på elektriske alternativer som begrenset. Ettersom etterspørselen etter slike alternativer vokser, forventes det at tilgangen på utslippsfrie maskiner framover vil øke.



Figur 4.15. Kramer 5055e hjullaster [50]

Bruk av enkelte elektriske anleggsmaskiner kan i noen tilfeller til og med være bedriftsøkonomisk lønnsomme som følge at denne løsningen innebærer mer effektiv bruk av energi.

Mobile elektriske maskiner med plug-in hydrogen

Denne løsningen er lik batteridrevne elektriske maskiner, men bruker brenselcelleteknologi til å dekke toppplastene og korttids mellomagring av energi. Maskinene kan lade om natten og kjøre på strøm og hydrogen om dagen. Denne tekniske løsningen er egnet i større maskiner med lange driftstimer, siden elektrisk batterikapasitet ikke er stor nok til å dekke energibehovet alene. ASKO skal ha første hydrogenlastebil på veien i 2018 [51]. Det ble produsert hydrogen i Norge for over hundre år siden, og det var Norsk Hydro som utnyttet vannressursene på Rjukan til å lage kunstgjødsel [51]. Plug-in hydrogen tilbyr større fleksibilitet på byggeplasser, og er tryggere enn kabeltilkoblede elektriske maskiner. Per i dag fins det ingen elektriske anleggsmaskiner med plug-in hydrogen, men det fins muligheter for at hydrogen kan produseres av en mobil hydrolyseenhet på byggeplassen gjennom elektrolyse eller at hydrogen kan kjøres til byggeplassen via en hydrogenfyllstasjon og mellomlagres i et mobilt tankbatteri.

4.3.2 Oppvarming og tørking av byggeplasser

Byggevarming og -tørking viser til bruk av varme på bygge- og anleggsplass til flere formål: oppvarming, tining, herding og tørking. Anleggsstrøm kan leveres helt utslippsfritt, istedenfor å bruke fossildrevne aggregater. Utover elektrisitet, kan HVO benyttes i aggregater. Også solceller kan monteres på taket fra starten av. Fjernvarme og CHP skal brukes framfor fossildrevne aggregater der det er mulig.

Fjernvarme og andre vannbårne løsninger

Fossil- og utslippsfrie alternativer som elektrisitet og vannbåret varme basert på fjernvarme eller pelleter er alternativer som kan benyttes til oppvarming i alle faser av et byggeprosjekt. Teknologien på dette området er altså tilgjengelig slik at all fossil oppvarming på byggeplassene kan erstattes med fossil- eller utslippsfrie alternativer. Fjernvarme krever at infrastrukturen kommer tidlig på plass, og tilsvarende gjelder ved et stort uttak av el. Fjernvarmesentralen som skal benyttes i byggets bruksperiode kan også brukes i byggeperioden, eller det kan installeres en mobil fjernvarmesentral som benyttes kun i byggeperioden.

Utleieselskapet El-bjørn er blant selskapene som tilbyr utleie av mobile fjernvarmesentraler, og de fleste store utleieselskaper tilbyr utleie av vannbårne varmeaggregater til oppvarming [8]. Der fjernvarme ikke er tilgjengelig, er vannbårne løsninger basert på biobrensel, herunder pelleter, et alternativ, og Norsk Bio er et selskap som leverer byggvarme og byggtørking basert på fast biobrensel. Imidlertid er det flere aktører som har pekt på at det kan oppstå utfordringer med frysing når det gjelder vannbårne løsninger. Tabell 4.2 viser oversikt over andelen av ulike typer energibærere som benyttes til oppvarming basert på markedsandeler fra utleieselskapene UCO (med 2/3 av utleieselskapenes markedsandeler) og Naboen AS (med 1/3 av utleieselskapenes markedsandeler) [8].

Tabell 4.2. Markedsandeler for ulike typer drivstoff/energikilder til oppvarming [8]

Energibærer	Markedsandel
Diesel	31 %
Propan	34 %
Elektrisitet	18 %
Fjernvarme	13 %
Pelleter	2 %
Biodrivstoff	2 %

Kombinert kraft- og varmeproduksjon (CHP)

Kombinert kraft- og varmeproduksjon – Combined Heat and Power (CHP)-anlegg – produserer elektrisitet og varme samtidig. Konvensjonelle kraftstasjoner fører til energitap på opptil 65 %, mens CHP benytter varmen generert i elektrisitetsproduksjonen til annen bruk, som romoppvarming, noe som øker effektiviteten til brenselkilden. Det resulterer i energieffektivisering og reduserer de assosierte klimagassutslippene [55]. Bruk av CHP øker også sikkerheten i energileveransen fordi energien skal brukes lokalt, nær der den er produsert, og fordi flere forskjellige energikilder kan benyttes. Bruk av fornybare drivstoffer som biomasse reduserer klimagassutslippene fra drivstoffets levetid ytterligere. I siste fase av byggeprosessen ved Campus Evenstads

ZEB pilot-bygning erstattet et CHP-anlegg basert på gassifisering av flis elektrisiteten benyttet fra el-nettet (figur 4.17). Den lokale strømmen som ble produsert av CHP-anlegget, reduserte utslippene av klimagasser de siste fire månedene av byggeprosessen med 0,13 kg CO_{2eq}/m²/yr. Differansen mellom konvensjonell elektrisitet fra nettet og CHP-enheten er fra utslippsfaktoren per kWh for CHP-anlegget (med utslippsfaktor 19,9 g CO_{2eq}/kWh) versus den energien som substitueres (el levert fra nettet med utslippsfaktor 132 g CO_{2eq}/kWh).



Figur 4.17. Kombinert kraft- og varmeproduksjon (CHP) tilknyttet på Campus Evenstad. Foto: ETA Norge og Statsbygg [6]

Hvis CHP-systemet hadde vært implementert før byggingen startet, kunne elektrisiteten fra nettet ha vært erstattet av elektrisitet produsert av CHP-enheten og varme generert av CHP-systemet. Det kunne ha gitt ytterligere reduksjoner i konstruksjonens totale klimagassutslipp. Imidlertid er CO_{2eq}-utslippsfaktoren for CHP-enheten avhengig av proporsjonen av fornybare ressurser anvendt i energiproduksjonen.

Til tross for at CHP er godt utviklet som systemer for større anlegg, er mikro-CHP generelt og biogassbaserte mikro-CHP-anlegg ikke vanlig å anvende i bygninger [56]. Det er fordi energikostnadene til produsert elektrisitet er høy når den er basert på biogass, spesielt hvis infrastrukturen ikke er godt etablert. På grunn av relativt lave strømpriser er det utfordrende å oppnå lønnsomhet i driften av et slikt anlegg sammenliknet med elektrisitet fra nettet og annen varmforsyning.

Solceller

Energibehovet på byggeplassen kan dekkes med egenprodusert energi fra solceller. Et eksempel er Omsorgsbygg som i 2016 installerte solceller på trygdeboligene som rehabiliteres for å dekke energibehovet på byggeplass – både for lys, anleggsmaskiner og kaffetrakter med egenprodusert strøm fra solceller [52]. Byggeplassen på Tåsen blir landets første som kan drive anleggsmaskiner på strøm fra egne solceller, og bygget er nominert til en internasjonal klimakonkurranse av Oslo kommune.

Figur 4.16 viser en Power Trailer, som er et mobilt fornybart kraftverk med 11 kWh batterikapasitet og 1 400 W solceller med en inverter som gir 4 000 W ved behov [53]. Power Traileren kan også konfigureres med flere omformere og større batteripakker, og kan for eksempel produsere byggestrøm på byggeplasser. Videre kan det kobles 230V-enheter til hengeren med forbruk opp til 4 000 W.



Figur 4.16. Power Trailer [53]

Innenfor solcelle-industrien foregår det en stadig utvikling av nye teknologier, materialeffektivitet for PV-moduler og reduksjon av kostnader og klimagassutslipp. I norske ZEB-pilotbygninger har man vurdert 50 % reduksjon av utslipp for erstattede PV-paneler med 30 års beregnet levetid. Dette er basert på antakelsen at nyproduserte PV-systemer vil være 50 % mer effektive om rundt 30 år, og ha halvparten så store klimagassutslipp fra materialene per m² [54].

Hvor stor del av energibehovet på byggeplassen som kan dekkes av solceller, vil selvfølgelig være steds- og prosjektspesifikt. Eventuelle ledige arealer bør utnyttes, og her er solceller på taket av brakkeriggen et typisk eksempel på en måte å gi en liten økning i den fornybare andelen strøm på byggeplassen. Solceller har også den fordelen at de kan rigges opp og ned forholdsvis enkelt.

4.3.3 Transport til og fra byggeplassen







Transport til og fra en byggeplass inkluderer:

- Transport av masser som graves opp i forbindelse med grunnarbeidet til deponeringssted, og transport av nye masser til anleggsplassen for å jevne ut eller stabilisere grunnen
- Transport av anleggsmaskiner og andre mindre verktøy som benyttes på byggeplassen
- Transport av byggematerialer og tilleggsmaterialer
- Intern transport
- Transport av personell
- Transport av avfall

God planlegging og bruk av kollektivtransport må prioriteres for å redusere utslipp. For transport til og fra byggeplassen fins det tilgjengelige alternativer til fossil tungtransport. Diesel som drivstoff i tunge kjøretøy kan erstattes med fossilfritt biobasert drivstoff, herunder biodiesel (HVO), biogass eller bioetanol. I tillegg er utslippsfrie alternativer som hydrogen- og elektriskdrevne godsbiler under utvikling og på vei til å bli kommersielt tilgjengelig. I denne forstudien ser vi bare på veitransport.

Østfold Fylkeskommune (under prosjektet "Test av fossilfrie maskiner og kjøretøy") [48], Blue move-prosjektet [57] og ZERO [58] kartlegger og synliggjør tilgjengelig informasjon om fossilfrie og utslippsfrie arbeids- og anleggsmaskiner som alternativer til tradisjonelle petroleumsbaserte anleggsmaskiner. Tabell 4.3 viser en oversikt laget av ZERO over fossilfrie og utslippsfrie lastebiler som er tilgjengelige i Norge i dag og som er annonsert at skal komme i salg og leveres til Europa [58].

Tabell 4.3. Tilgjengelige og kommende fossilfrie og utslippsfrie lastebiler [58]

Fossilfrie lastebiler som er tilgjengelige i Norge i dag		
<p>SCANIA</p>  <p>Drivlinje: Bioetanol (ED95) Ytelse: 280 hk Størrelse: opp til 26 tonn Rekkevidde: sammenliknbar med diesel</p>	<p>VOLVO</p>  <p>Drivlinje: Biogass Ytelse: 420 eller 460 hk Størrelse opp til 50 tonn Rekkevidde opp til 1 000 km (flytende)</p>	<p>SCANIA</p>  <p>Drivlinje: Biogass Ytelse: 280–410 hk Størrelse: 18–50 tonn Rekkevidde: 1 100 km (flytende) eller 500 km (komprimert)</p>
Elektriske lastebiler (batteri og hydrogen) som er annonsert at skal komme i salg og leveres til Europa		
<p>VOLVO</p>  <p>Drivlinje: Batterielektrisk Størrelse/totalvekt: opp til 26 tonn Rekkevidde: bydistribusjon Testing fra 2018, tilgjengelig i Norge fra 2019?</p>	<p>TESLA</p>  <p>Drivlinje: Batterielektrisk Størrelse/totalvekt: 36 tonn (USA) Rekkevidde: 475 eller 800 km Energiforbruk: <125kWh/100km Lansert 16. november 2017. Vil leveres til kunder i USA fra 2019. Uvisst når den kommer til Norge. Pris: 1,2 eller 1,5 mill. kr med hhv. liten og stor batteripakke.</p>	<p>NIKOLA</p>  <p>Størrelse/totalvekt: 36 tonn (USA) Rekkevidde: 1 290–1 930 km Lansert 1. desember 2016. Testing i USA fra 2018, serieproduksjon fra 2019. Flere norske kunder har bestilt, men det er foreløpig ukjent når den kommer til Norge.</p>

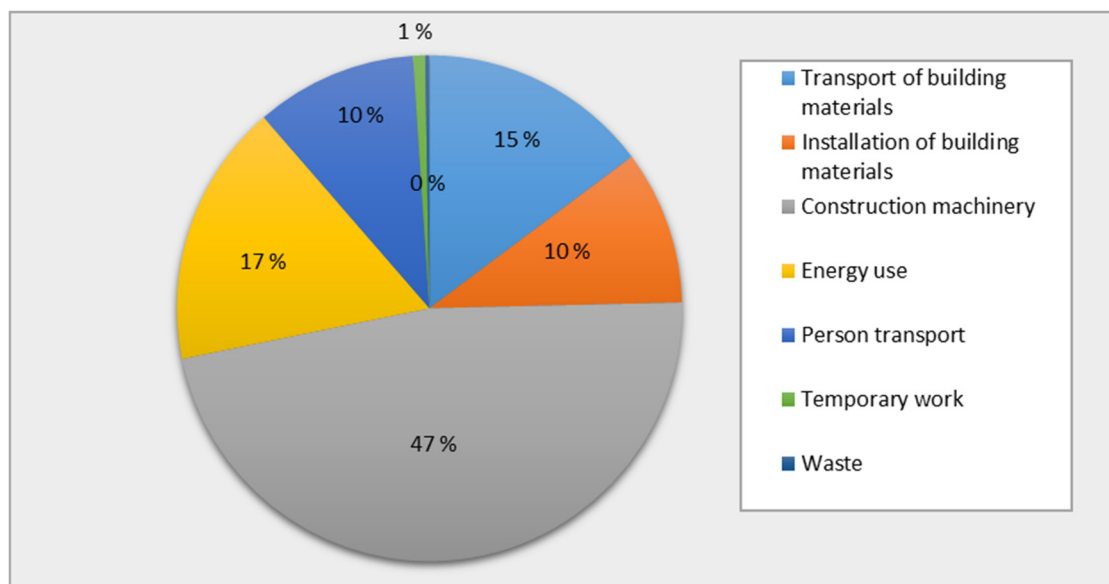
4.4 Livsløpsanalyser (LCA)

Livsløpsanalyser (LCA) er en anerkjent metode for å kartlegge og vurdere miljø- og ressurspåvirkninger systematisk gjennom hele livsløpet til et produkt eller en tjeneste. For et bygg vil dette omfatte produktfase, byggefase, bruksfase og avhendingsfase. I henhold til de to internasjonale LCA-standardene ISO 14040 [59] og ISO 14044 [60] skal livsløpsanalyser inneholde fire faser: fastsettelse av hensikt og omfang, livsløpsregnskap, effektvurdering og tolkning.

LCA kan også brukes til å evaluere miljøprestasjoner knyttet til byggeplass, identifisere potensielle miljøaspekter og evaluere muligheter for å minimere miljøpåvirkningen. Ved hjelp av slike analyser kan man foreta tidlige konsekvensvurderinger av ulike alternativer. I Norge er det foreløpig ikke fastsatt generelle normer knyttet til kvaliteter eller miljøegenskaper for byggefasen i et livssyklusperspektiv [61]. Det er imidlertid ikke til hinder for at både private og offentlige byggherrer går foran og stiller slike krav for å minimere CO₂-utslipp.

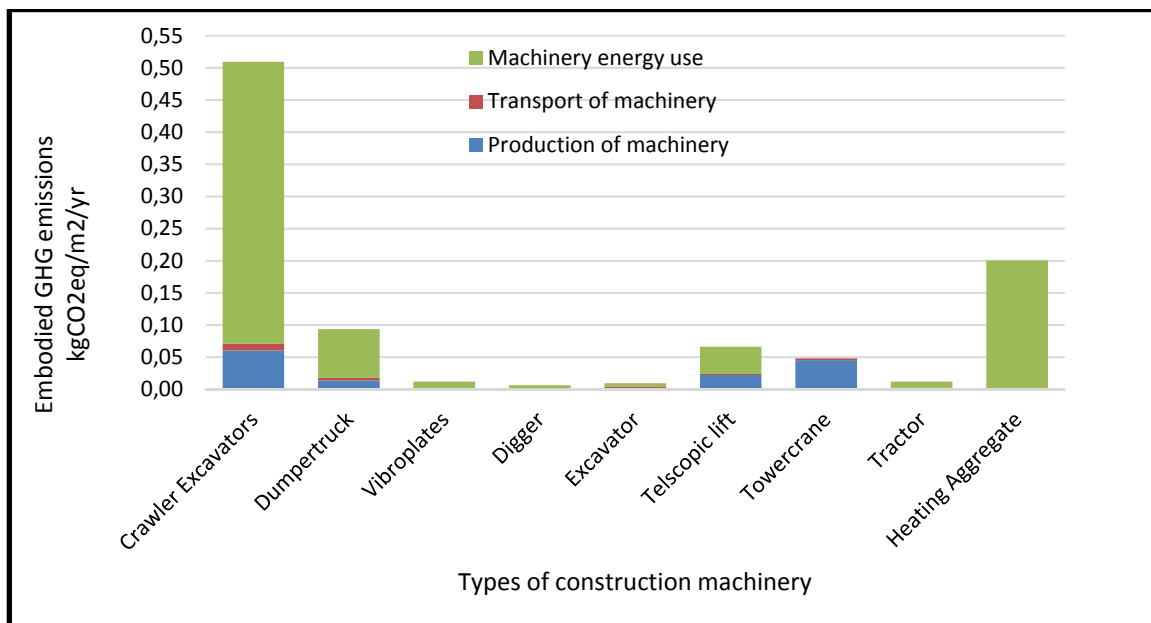
En rekke LCA-studier har fokusert på dokumentasjon av utslipp fra energibruk i drift og bundet energi i materialene som brukes i byggefasen. Det har vært svært lite fokus på energibruk og utslipp fra alt som foregår på byggeplassen. I studiene der byggefasen er inkludert, brukes det vanligvis hypotetiske data og inkonsekvente systemgrenser, noe som resulterer i store variasjoner for utslippsresultater knyttet til byggefasen [62, 63]. For å kunne forstå og etterprøve en LCA-studie er det behov for klare definisjoner for omfanget av studien, systemgrensene og type og kilder til bakgrunnsdata som brukes.

Campus Evenstad er et godt eksempel på et prosjekt der klimagassutslipp fra både designfasen og selve gjennomføringsfasen er tatt med. Studien ble utført ved hjelp av LCA-metoder som på forhånd hadde en klart definert systemgrense, og der kildene til bakgrunnsdata også var fastsatt på forhånd [5, 6, 64]. Klimagassutslippene fra bygget slik det ble ("som bygget", "as built") var basert på faktiske data samlet inn fra den aktuelle byggeplassen. Resultatene identifiserer de største utslippskildene til å være dieselbruk fra anleggsmaskiner (47 %), energibruk på byggeplass (17 %), transport av byggematerialer til byggeplassen (15 %) og persontransport (10 %), se figur 4.18.



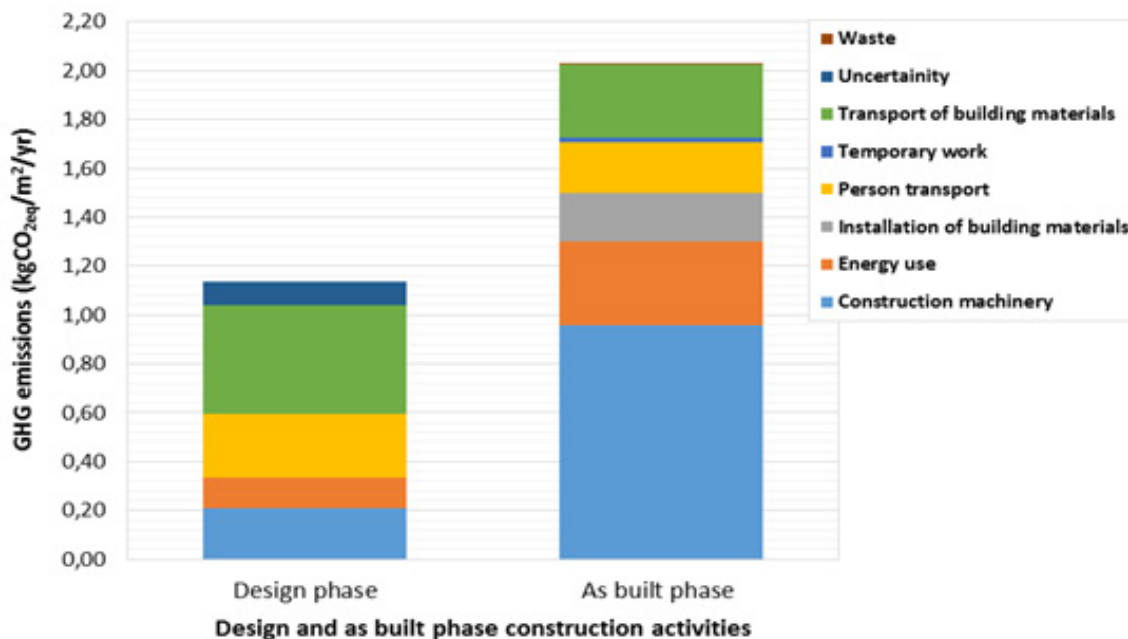
Figur 4.18. Utslipp fra de ulike aktiviteter på byggeplasser fra "som bygget"-fasen for Campus Evenstad [64]

Ut fra de ulike maskinene som brukes på byggeplass, er den største bidragsyteren til CO_{2eq}-utslipp bulldoseren 324 Crawler Excavator (36 %) etterfulgt av Remko varmeaggregat CLK120 (21 %), bulldoseren 312E Crawler Excavator (14 %), Moxy MT31 lastebil (10 %), teleskopisk løft (7 %), Potain Igo50 tårnkran (5 %) og bulldoser 307D Crawler Excavator (2 %), se figur 4.19. The Fendt vario 716 tractor, Doosan dx140W excavator, Bobcat digger E26 og Atlas Copco 800 vibroplate bidrar til totalt 1 % av CO_{2eq}-utslipp fra anleggsmaskiner.



Figur 4.19. Klimagassutslipp fra de ulike anleggsmaskinene brukt i Campus Evenstad, ved bruk av faktiske data innhentet fra byggeplassen [64]

LCA-resultater viser også at det er store variasjoner (ca. 44 %) mellom utslippene beregnet i forprosjektet og de faktiske utslippene "som bygget" (figur 4.20). Beregningene viste 80 % økning i utslipp fra anleggsmaskiner, 67 % økning fra energibruk, 33 % reduksjon fra persontransport og 25 % reduksjon fra transport av byggematerialer. Det viser at utslippene fra byggeplass ble feilvurdert, i både positiv og negativ retning. Årsaken er blant annet at ulike data har vært brukt i analysene. I den tidlige fasen ble utslippene estimert og beregnet i en workshop-basert prosess. Årsaken til denne framgangsmåten var at det manglet både utslippsdata og erfaringstall i den tidlige fasen. I tillegg manglet det helt verdier for installasjoner av byggematerialer, forskaling og andre midlertidige konstruksjoner, samt byggeavfall. Derfor er det 100 % økning i utslippene på disse siste postene. I fasen som omfatter den ferdige bygningen, ble beregningene utført ved hjelp av faktiske data innhentet fra Evenstad ved hjelp av inventardata samlet inn gjennom bygningsinformasjonsmodellen (BIM). Energi- og materialmengder, data fra transportlogger samt fra avfallsplanen ble innhentet av entreprenør og underentreprenører.



Figur 4.20. Campus Evenstad, klimagassutslipp fra forprosjekt (designfase) og som bygget-fase [64]

Til tross for at resultatene fra designfasen var usikre ble de likevel brukt til å evaluere, planlegge og redusere utslippene i "som bygget"-fasen. Det førte til 33 % reduksjon i utslipp fra persontransport (for eksempel ved å etablere/tilrettelegge for overnatting på byggeplassen for byggere) og 25 % reduksjon i utslipp fra transport av byggematerialer (for eksempel ved bruk av lokalt produserte byggematerialer). Dette viser at utslippsberegninger ikke bare skal utføres i designfasen, det må følges opp gjennom hele byggefasen for å optimalisere reduksjonen av utførlige konstruksjonsutslipp [37]. Et viktig resultat fra denne studien er betydningen av å designe et forenklet datainnsamlingsark for byggeplassen, for å forenkle prosessen og forbedre datakvalitet og gjennomsiktighet.

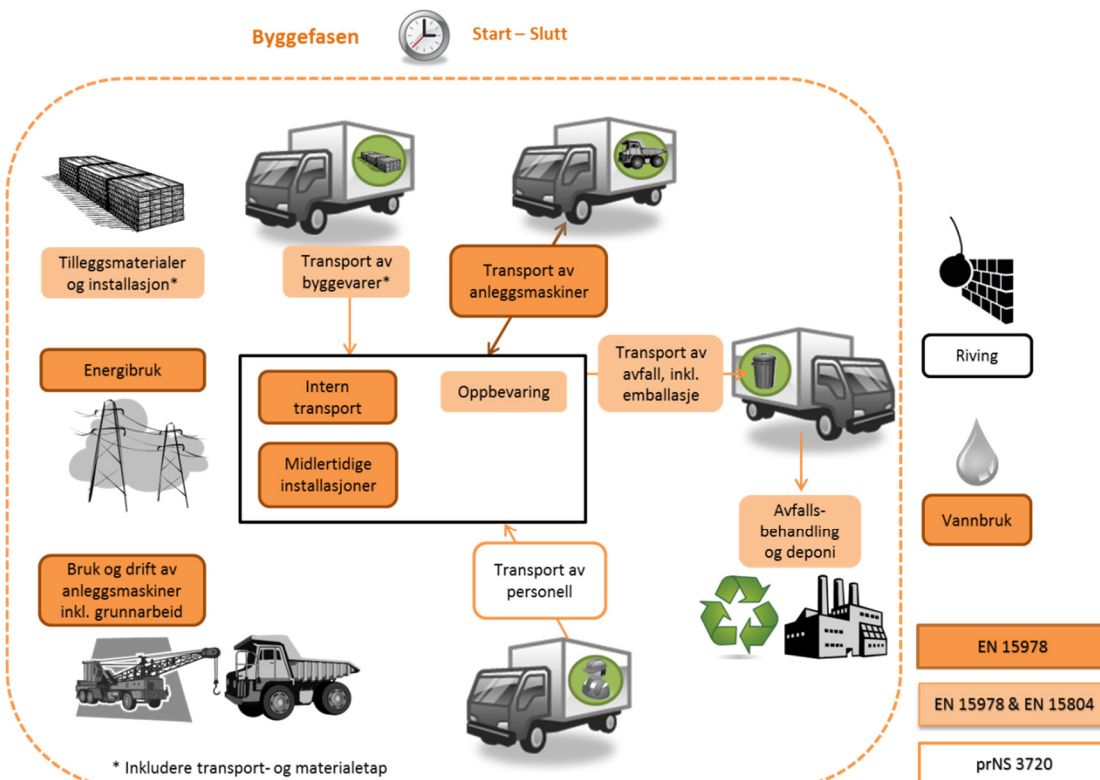
4.4.1 Omfang og systemgrenser

Når man utfører LCA, er det nødvendig å ha en tydelig og definert systemgrense. I tillegg må grunnlags- og inventardataene være dokumentert for å øke gjennomsiktigheten og tilrettelegge for sammenliknbarhet av prosjektet. For å kunne vurdere hele livssyklusens miljøprestasjon av nye og eksisterende byggverk, og muliggjøre sammenlikning mellom ulike studier, har arbeidsgruppe 350 i den europeiske standardiseringsorganisasjonen (CEN TC 350 European Committee for Standardization, Technical Committee 350) utviklet prosessbaserte LCA-standarder for bygninger og byggeprodukter (EN 15804 og EN 15978) som er i tråd med LCA-standarder (ISO 14040-44). Standardene måler vugge-til-grav-effekten basert på en modulær tilnærming fra fire hovedlivsløpsfaser (figur 4.21): produktfase (A1–A3), konstruksjon/installasjon fase (A4–A5), bruksfase (B1–B7) og slutfase (C1–C4), se figur 4.21. I tillegg er det mulig å dokumentere positive og negative miljøpåvirkninger etter endt levetid i modul D. Formålet med modul D er å ta hensyn til de potensielt positive og negative konsekvensene av behandling eller gjenbruk av materialer og komponenter etter avhending. Modul D er konsekvenser utenfor systemgrensen for bygningen eller byggeproduktet.

Produktfase			Konstruksjon installasjon fase		Bruksfase								Sluttfase				Etter endt levetid
Råmaterialer	Transport	Tilvirkning	Transport	Konstruksjon installasjon fase	Bruk	Vedlikehold	Reperasjon	Utskiftninger	Oppussing	Operasjonell energibruk	Operasjonell vannbruk	Demontering	Transport	Avfallsbehandling	Avfall til deponi	Gjenbruk-gjenvinning-resirkulering-potensiale	
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	

Figur 4.21. Livssyklusanalysens ulike faser i henhold til NS-EN 15978 [11]

I henhold til NS EN 15978 omfatter systemgrensen for byggefase livsløpsmodulen A4, som dekker transport fra fabrikkporten til byggeplassen, og livsløpsmodulen A5, som dekker konstruksjons-/installasjonsfasen i bygningen. Vanligvis brukes produktspesifikke utslippsdata fra miljøproduktdeklarasjoner (EPD) i beregninger for ulike bygningsdeler og hele bygninger. I mange europeiske land følger nasjonale EPD-programoperatører ISO 14025 [65] og/eller ISO 21930 [66], og publiserer EPD i henhold til EN 15804. EN 15804 gir EPD-er et liknende modulært livssyklusprinsipp til bygninger i EN 15978. Det er imidlertid noen forskjell i byggesystemets grense. En sammenlikning av disse to systemgrensene er vist i figur 4.22.



Figur 4.22. Systemgrense for byggeplass i henhold til NS-EN 15804, NS-EN 15978 og prNS 3720

Det er behov for å skille mellom produkter (EN 15804) og konstruksjonsaktiviteter på bygningsnivå (EN 15978) for å unngå at noen utslipp glemmes eller noen telles flere ganger. For eksempel er transport av materialer fra fabrikkporten til byggeplassen oppgitt i begge standarder, noe som kan føre til at det telles to

ganger, mens transport av materialer, produkter, avfall og utstyr på stedet bare er inkludert på bygningsnivå (EN 15978). Byggefaseutslipp kan derfor utelates fra beregninger hvis EPD-data brukes.

Selv om standardene EN 15804 og EN 15978 gir en metode og klar beskrivelse av systemgrensen, gir de ikke en helhetlig prosedyre for å sikre områdespesifikke, fullstendige konstruksjonsemisjonsberegninger. For eksempel er utslippene knyttet til transport av arbeidstakere generelt utelatt fra bundet energi og utslippsberegninger. På nasjonalt nivå arbeider en Standard Norge-komité for tiden med en ny norsk standard; PrNS 3720 *Metode for GHG-beregninger for bygninger*. Utkastet til standarden inkluderer alle bygge- og anleggsaktiviteter som er angitt i EN 15978 med følgende modifikasjon: Transport av byggere arbeidere inngår i modul A5. Denne standarden tar sikte på å harmonisere GHG-utslippsmetodikk for livssyklus for norske bygninger.

4.4.2 Livsløpsregnskap

Kvaliteten på beregninger av klimagassutslipp avhenger av inventardata (samlet for eksempel fra bygningsinformasjonsmodellering (BIM), mengderegister, transportlogger og avfallsplan) levert av ulike aktører (entreprenører eller underleverandører) for forskjellige faser av bygningen (design, konstruksjon og "som bygget"). EPD-er anses generelt som en god kilde til spesifikke utslippsdata. En undersøkelse av norske EPD-er for byggematerialer har imidlertid vist at det mangler spesifikke utslippsdata- og faktorer for byggefase og ofte også for scenarioer for vedlikehold. I tillegg kan utslippsfaktorer fra EPD-er ikke brukes direkte i beregningene, ettersom EPD-er er basert på et sannsynlig og representativt scenario, men de er ikke case- eller kontekstspesifikke. Videre er det i tidlig designfase begrenset med kunnskap om hvilke produkter som skal brukes, da dette ofte bestemmes senere i prosessen. Dermed er det også viktig å dokumentere datakildene, antakelser og klimagassutslippsfaktorer som brukes i studien sammen med inventartabellen for å øke gjennomsiktigheten av beregningen, metodikken og resultatene. Det gjør det mulig å oppdatere data når produktvalgene endres.

Utvikling av et standardisert datasamlingsark er nyttig for å forenkle datainnsamlingsprosessen fra byggefase og forbedre kvaliteten og gjennomsiktigheten. Dette vil føre til bedre dokumentasjon av klimagassutslipp fra norske byggeplasser og støtte initiativet til utslippsfrie byggeplasser.

Selv om byggeplassaktivitetene er prosjektspesifikke og ikke standardiserte for alle typer byggeplasser, er det viktig å bruke eksisterende LCA-studier som referanse for å få erfaring, evaluere og minimere potensiell miljøpåvirkning for ulike bygningstyper. LCA bør ikke bare utføres i designfasen (som hovedsakelig utføres på grunnlag av antakelser), men bør følges opp gjennom alle byggefaser for å optimalisere bygget med tanke på å redusere direkte og indirekte utslipp.

4.4.3 Indikatorer for miljøprestasjon

I en effektvurdering ser man på konsekvensene av potensielle utslipp fra et produkts livssyklus ved hjelp av resultatene fra livsløpsregnskapet. Globalt oppvarmingspotensial (GWP) brukes hovedsakelig til å vurdere miljøbelastningen fra en byggeplass. Fokus på GWP som miljøindikator har fordelen av å redusere kompleksiteten for beslutningstakere og korrelerer ofte med andre miljøpåvirkninger. Men man risikerer også at viktige miljøpåvirkninger går tapt eller at det ikke korrelerer med GWP, for eksempel giftighet [43]. LCA-studier viser at byggefase bidrar til ca. 57 % til giftig luftutslipp og 51 % til farlig avfall [44]. Derfor kan fokusering kun på GWP potensielt føre til at problemet forskyves til andre påvirkningskategorier (miljøpåvirkning).

4.4.4 Referansebyggeplasser

Å definere referansebyggeplasser er viktig for å vurdere prosjektets utslippsreduksjonsmål i forhold til en referanse. For eksempel er referansebygg definert i BREAM-NOR som:

Referansebygget er en funksjonelt ekvivalent bygningsutforming som oppfyller samme funksjonelle og tekniske krav som den faktiske bygningsutformingen. Disse kravene skal defineres av byggherren og nasjonale forskrifter, men skal utelukke estetiske krav. Referansebyggets utforming skal i det store og hele være representativ for lignende bygg (med lignende krav) med hensyn til materialvalg, materialforbruk og kostnad. De funksjonelle kravene, tekniske kravene og en spesifikasjon for referansebygget skal inngå i den fremlagte dokumentasjonen.

Fossilfrie eller utslippsfrie løsninger som vurderes i eksisterende case-studier, kan brukes som referanse for andre byggeplasser. For eksempel kan alternative utslippsreducerende tiltak og læring fra byggeaktivitetene i Campus Evenstad brukes som referanse. På samme måte antas det at utvikling av en referansebyggingsmodell for ulike prosjekttyper, etterfulgt av erfaringer fra eksisterende studier, kan være et nyttig utgangspunkt for utslippsfrie byggeplasser. Typologier (prosjekttyper) for byggeplasser kan gi et referansepunkt slik at utslippsreduksjonsstrategier kan få en benchmarking. Videre kan parametrisk LCA muliggjøre sanntidsevaluering av forskjellige utslippsreducerende tiltak i forhold til andre faktorer som kostnad eller konstruksjonstid. Denne tilnærmingen kan bidra til å påskynde beslutninger i designprosessen, og hjelpe designere til å velge optimale løsninger.

4.4.5 Samarbeid og kompetanse

Å utføre LCA for en hel bygning er en kompleks oppgave. Livsløpsregnskapet (LCI) anses å være det største hinderet på grunn av antall involverte interessenter og den tidkrevende prosessen med datainnsamling [67]. Tverrfaglig samarbeid og tydelig kommunikasjon mellom de ulike interessentene er viktig for å bryte ned barrierer mellom ulike kompetanseområder, samt vurdere mulige utslippsreduksjonstiltak og dele kunnskap effektivt gjennom nøye planlegging, styring og oppfølging [56, 68]. LCA er også følsom for metodologiske valg som vurderes i studien, kvaliteten på inventardata, påvirkningskategori og tolkning av resultatene. LCA-studien må utføres i samsvar med standard LCA-prosedyrer. Derfor er det ofte nødvendig at LCA utføres av LCA-eksperter, og studien bør også verifiseres eller kvalitetssikres av LCA-eksperter.

5 Lia barnehage casestudie



Figur 5.1. Lia barnehage. Foto: SINTEF

5.1 Nøkkelinformasjon

Tabell 5.1. Generell informasjon

Sted	Harald Sohlbergs vei 21
Entreprisemodell	Totalentreprise
Bygningstype	Barnehage over to etasjer
Konstruksjonsvalg	Prefabrikkerte bygningselementer med inn- og utvendig kledning. Produsert hos Skanska Husfabrikken's fabrikk, Steinkjer. Hulldekkeelementer ble brukt som etasjeskiller. Lettakselementer.
Areal (BRA)	1 600 m ²
Type prosjekt	Samspill, utviklingsprosjekt Skanska Husfabrikken i samarbeid med Omsorgsbygg Oslo
Energikilde	Væske/vann bergvarmepumpe; solceller
Prosjekteier	Omsorgsbygg Oslo KF
Totalentreprenør	Skanska Husfabrikken AS
Krav	Norges mest miljøvennlige barnehage, Plusshus, BREEAM very good Fossilfri Byggeplass
Konstruksjonsperiode	10.4.2017–27.11.2017
Ferdigdato	27.11.2017

5.2 Erfaringer fra Lia Barnehage

5.2.1 Prosesser

Kravene om utslippsfrie bygge- og anleggsplasser kom hovedsakelig fra Oslo kommune og Omsorgsbygg:

- Utslippsfrie løsninger bør prioriteres. Det betyr at elektrisk drift av maskiner velges der dette fins, samt fornybare løsninger for byggevarme og byggestrøm. Biodrivstoff benyttes der andre fornybare alternativer ikke er tilgjengelig.
- Alt biodrivstoff som benyttes, skal tilfredsstillende EUs kriterier for bærekraft.

I tillegg stiller Skanska et internt krav om å unngå biodrivstoff fra palmeolje eller biprodukter fra palmeoljeindustrien. Et tett samarbeid mellom byggherre og entreprenør var nødvendig fra tidlig fase. Her ble definisjoner, begreper, utfordringer og muligheter diskutert. Det ble enighet om å gjennomføre en rekke avklaringsmøter i tidligfase der de ulike aktørene fra byggherresiden, entreprenørene og leverandørene jobbet sammen for å finne tiltak som kunne bidra til å strekke seg mot en fossilfri byggeplass ved bygging av Lia barnehage [22]. Hensikten med møtene mellom aktørene (entreprenøren, byggherren, maskinleverandøren, SINTEF og Skanskas avdelinger for park og anlegg og ansvarlig for grunn- og betongarbeider) var å få innspill, dra nytte av tidligere erfaringer, undersøke tilgang på utstyr i markedet og diskutere tiltak for å få til en utslippsreduksjon i prosjektet. Det var krevende å få på plass fossilfrie alternativer når prosjektet allerede var igangsatt. Eksempler på dette var blant annet at mange av de innleide anleggsmaskinene ble levert til byggeplassen med en tank full av diesel selv om de skulle bruke biodiesel.

Bedre planlegging

Prosjektgjennomføringen av Lia Barnehage viste at krav fra naboer og byggherren krevde nøyaktig planlegging av prosjektet, noe som førte til redusert tidsforbruk ved produksjonsfasen. Prosjektspesifikke forhold som lokalisering og plassmangel krevde en større innsats på planleggingsstadiet. Med en skole som nabo ble det satt strengere krav til leveranser og logistikk. Skanska Husfabrikken var tidlig ute med planlegging av rigg og drift. Et utkast ble laget der de ulike underleverandørene fikk mulighet til å gi innspill for å få til en effektiv og produktiv arbeidsflyt. Økt antall eldrevne maskiner krevde også planlegging for et økt strømforbruk. God planlegging og bedre logistikk viste seg å være tidsbesparende senere i prosjektet. Dette var en av suksesskriteriene, og bidro sterkt til at prosjektet kunne leveres en måned før planlagt tid.

Valg av konstruksjonssystem

Valg av konstruksjonsløsning var en kombinasjon av prefabrikkerte, lokalproduserte og ferdigkledde ytterveggselementer. Lokal produksjon av hulldekkelementer (etasjeskille) og lettakselementer bidro til å minimere avfallshåndteringen på selve byggeplassen. Det gikk 13 dager fra fundament var ferdig til taket var montert. Det er tidskrevende å finne ut hvor mye konstruksjonsvalget har å si for utslippsreduksjon, men det er tydelig at antallet transporter av både materialer og personell, bruk av maskiner og håndtering av avfall blir redusert ved valg av prefabrikkerte løsninger.

Opplæring

Det ble gjennomført opplæring for ulike grupper:

- økokjøring for maskinførere
- opplæring til nøkkelressurser angående byggvarme/belysning/tørk

Anskaffelsesprosess

Prosjektet på Lia barnehage har bidratt til kunnskapsheving hos Omsorgsbygg rundt anskaffelsesprosessen. På Lia barnehage ble pris vektet 40 % og kvalitet (herunder miljøkriterier) 60 %. I senere anskaffelsesprosesser der Omsorgsbygg har kjørt pilotprosjekter for å fremme miljøvennlig byggeri har kvalitetskriteriene blitt vektet opp mot 75 %, noe som har bidratt til å få enda bedre prosjekter.

Markedet har utviklet seg raskt siden Omsorgsbygg begynte markedsdialogen sammen med Bellona om å få til utslippsfrie byggeplasser. Det har også ført til at Omsorgsbygg har utviklet sine krav knyttet til utslipp fra byggeplass. Det nye kravsettet angir et drivstoffhierarki der nullutslippsteknologi er øverste og prioriterte nivå. Der det ikke fins tilgjengelig teknologi i markedet skal det henholdsvis brukes hybridløsninger med biodrivstoff eller løsninger med biodrivstoff. Det er et absolutt forbud mot å bruke biodrivstoff basert på palmeolje eller biprodukter fra palmeoljeproduksjon. Videre er det plassert et ansvar hos byggherre (Omsorgsbygg) for å sikre nok strømkapasitet på byggeplass til å bruke elektriske maskiner. Kravene omhandler også utslippsfri og energieffektiv byggtørk og byggvarme, samt energieffektive brakkerigger og energieffektiv byggeplassbelysning.

Erfaringene fra Lia barnehage har også bidratt til at Omsorgsbygg har brukt reduksjon av klimagassutslipp og lokale utslipp fra byggeplass som tildelingskriterium i konkurransen om et annet prosjekt (Tåsenhjemmet sykehjem). Dette ble vektet med 17,5 % av totalen. Omsorgsbygg anser dette som svært vellykket, og de fikk inn mange nye forslag til tiltak for ytterligere reduksjon fra byggeplassen.

Omsorgsbygg har som ambisjon å planlegge sin første utslippsfrie byggeplass i 2019, og de mener dette er realistisk hvis man ser bort fra transport til og fra byggeplassen.

5.2.2 Optimalisering

Riktig prosjektering av bygget: Ulike tiltak for reduksjon av klimautslipp bør identifiseres og avklares i tidligfase. Her bør ulike underentreprenører involveres for å kartlegge hvilke tiltak som kan leveres. Dette kan heve kompetansen hos byggherren og resultere i mer spesifikke krav og tildelingskriterier.

Planlegging og optimalisering av logistikk: Det er brukt mer tid og ressurser enn vanlig på å prosjektere barnehagen og planlegge byggeplassen. Det ga en smartere byggeplass og et bedre bygg. For eksempel ble transport fra og til prosjektet minimert ved å tilrettelegge for kollektiv- og miljøvennlig transport og samkjøring for ansatte.

Avfall: Fastsette ambisiøse mål rundt avfallsminimering og avfallsproduksjon. Ved å etablere konkrete mål på kg avfall / kvm bygg tvinges prosjektene til å utarbeide hensiktsmessige avfallsplaner som resulterer i mindre avfallsproduksjon og mindre svinn. Innkjøp av materialer blir som konsekvens nedjustert til det faktiske behovet prosjektet har.

5.2.3 Energibruk

Valg av miljøvennlige maskiner på prosjekt: små elektriske gravere og hjullastere for konkrete aktiviteter, bruk av biodiesel i store anleggsmaskiner der strøm ikke er en mulighet (for eksempel ved gravearbeider)

Materialer: For å minimere energiforbruket skal prosjektet vurdere valg av prefabrikkerte betongelementer og fasadelementer som ikke trenger herding/tørking.

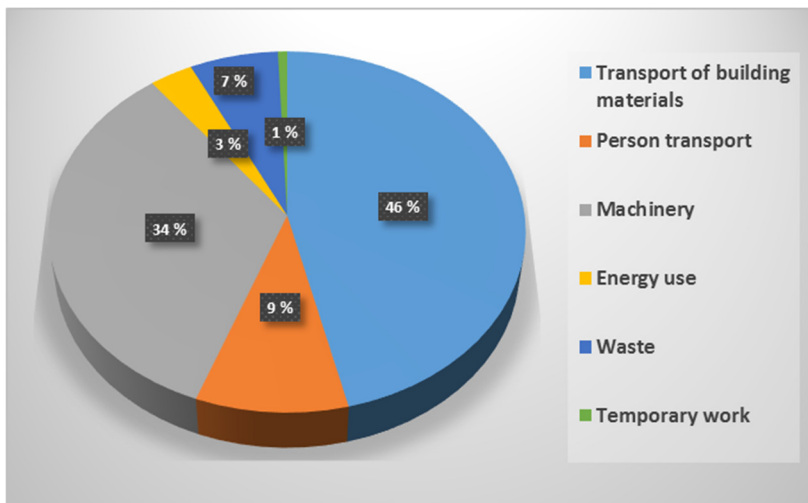
Vannbåret varme: Prosjektet skal vurdere muligheter for miljøvennlig oppvarming og tørking.

Opplæring for ulike grupper: økokjøring for maskinførere, opplæring til nøkkelressurser angående byggvarme/-belysning/-tørk

5.2.4 Klimagassberegninger

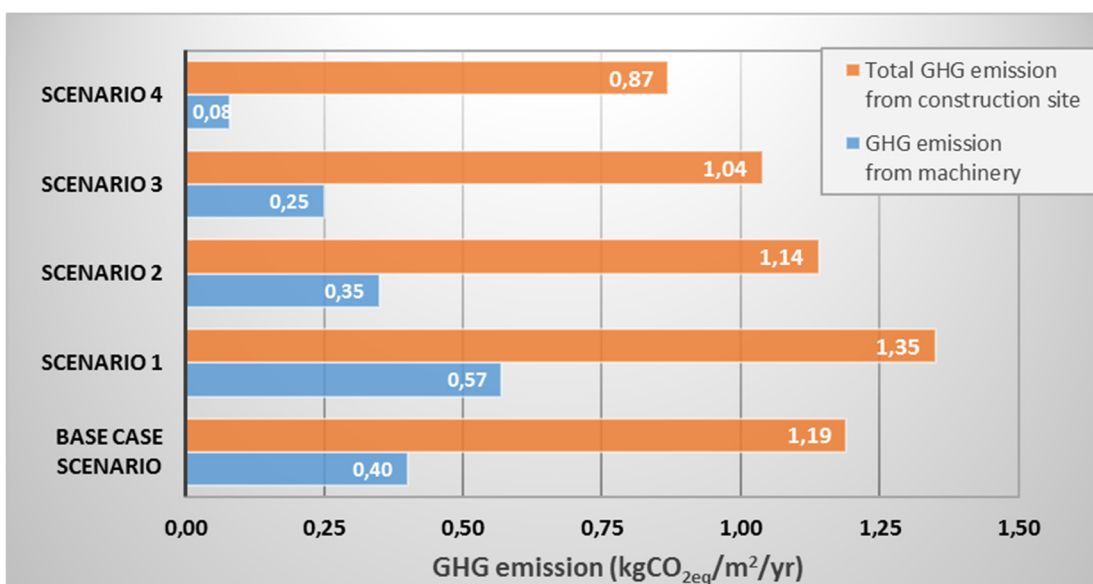
Klimagassberegninger for aktiviteter knyttet til Lia barnehage er utført (figur 5.2) i henhold til standardiserte LCA-metoder. LCA-studien ble utført med et mål om å analysere og dokumentere klimagassutslipp fra selve byggeplassen. Funksjonell enhet ble satt til 1 m² per (BRA) oppvarmet areal over en antatt levetid for bygget på 60 år. Det totale BRA var 1 600 m². Aktivitetene inkluderte transport av byggematerialer, anleggsmaskiner, energibruk, midlertidige installasjoner, avfallshåndtering og persontransport. LCA-beregningene ble kun utført for klimagassutslipp uttrykt i CO_{2eq} i henhold til IPCC GWP 100-årsmetoden.

Beregningsresultatene ga følgende klimagassutslipp: 1,19 kg CO_{2eq}/m²/yr, 1 970 kg CO_{2eq}/yr, 72 kg CO_{2eq}/m² over en 60-årsperiode og 114 413 kg CO_{2eq} totalt. De største klimagassutslippene kom fra transport av materialer (46 % eller 0,55 kg CO_{2eq}/m²/yr). Deretter kom anleggsmaskiner (34 % eller 0,40 kg CO_{2eq}/m²/yr), persontransport (10 % eller 0,11 kg CO_{2eq}/m²/yr), avfallshåndtering (7 % eller 0,08 kg CO_{2eq}/m²/yr), energibruk (3 % eller 0,04 kg CO_{2eq}/m²/yr) og midlertidige konstruksjoner (1 % eller 0,01 kg CO_{2eq}/m²/yr). Se figur 5.2.



Figur 5.2. Klimagassutslippene for aktiviteter på oppføring av Lia barnehage i Oslo

Ved oppføring av Lia barnehage ble bruken av biodiesel i byggeplassmaskiner benyttet som et utslippsreduksjonstiltak. I byggeperioden ble biodiesel brukt i alle maskiner utenom kranen. En følsomhetsanalyse ble gjennomført for å evaluere utslippsreduksjonen fra bruksmaskinenes bruk av drivstoff. Det ble gjort vurderinger av fire potensielle alternative brenselsscenarioer: ett "worst case"-scenario (kun bruk av ordinær diesel) og tre "best case"-scenarioer (bruk av kun biodiesel og kun strøm med to forskjellige utslippsfaktorer for elektrisitet). Resultatene viser at bruken av biodiesel fra aktivitetene knyttet til oppføring av Lia barnehage som erstatter for diesel til gravemaskiner, lastere, borerigg og vibroplate-maskiner, bidro til å redusere utslipp fra byggeplassen med 13 % (figur 5.3). Drivstoffutslipp fra byggeplassen ville ha blitt ytterligere redusert med 4 % dersom biodiesel også ble brukt til kranene. Reduksjonen ville vært større hvis elektrisitet brukes som drivstoffkilde for alle maskiner, med opptil 13 % ved bruk av det norske ZEB-senterets utslippsfaktor for elektrisitet) og 27 % ved bruk av utslippsfaktorer for elektrisitet fra ecoinvent database hvis elektrisitet brukes som drivstoffkilde for alle maskiner.



Figur 5.3. Sensitivetsanalyser for Lia Barnehage

Erfaringer fra datainnsamlingen viser at kvaliteten på innsamlede data og kilder i stor grad kan påvirke klimagassberegningene. Det anbefales å utvikle en felles database med felles datakilder og utslippsfaktorer for

klimagassberegninger for byggeplassaktiviteter. Den tidskrevende prosessen med datainnsamling i denne studien har også tydeliggjort viktigheten av å bruke datainnsamlingsarket i den tidlige prosjektfasen for å forenkle datainnsamlingsprosessen på byggeplassen, forbedre datakvaliteten og øke gjennomsiktigheten.

Denne studien framhever også betydningen av å utføre LCA i den tidlige designfasen for å evaluere, planlegge og sammenlikne utslippsreduksjonstiltak for klimagassutslipp. Beregningene må inkludere "vugge til grav"-LCA av bygningen ved hjelp av ulike indikatorer. Det vil bidra til å unngå et skifte av problemer fra ett livssyklusstadium og/eller miljøindikator til en annen. En følsomhetsanalyse er en metode som brukes til å vurdere effekten av utslippsreducerende tiltak og deres sensitivitet overfor usikkerhetsfaktorer i livssyklusanalysen. Det anbefales å utvikle en egen metodikk for å innlemme følsomhetsanalyser i evalueringen av utslippsreducerende tiltak, beholdning og utslippskvalitet.

I framtidige norske byggeprosjekter kan resultatene fra denne studien brukes som referanse for å kunne måle, evaluere og sammenlikne byggevirksomhetens miljøprestasjoner. Videre studier er nødvendig for å samle casestudier av ulike bygningstypologier for å få erfaring med å evaluere og minimere potensiell miljøpåvirkning fra andre typer byggeplasser.

6 Oppsummering og grunnlag for forslag til krav

Følgende kapittel oppsummerer funn fra litteraturgjennomgangen, erfaringer fra prosjektets casestudie og en nærmere analyse av generelt manglende kunnskap knyttet til fossilfrie og utslippsfrie byggeplasser.

6.1 Eksisterende kunnskap og gjeldende praksis

Hoveddriverne for utslippsreduksjon fra byggeplass er internasjonale (eksempelvis Parisavtalen), nasjonale (for eksempel 40 % utslippsreduksjon innen 2030 og å bli et lavutslippssamfunn i 2050) og regionale (eksempelvis 95 % direkte utslippsreduksjon før 2030 i Oslo) ambisjoner. Det har blitt sterkere fokus på å redusere utslipp for eksempel gjennom revidert nasjonal transportplan, tekniske forskrifter (TEK17) og miljøkriteriene fra DIFI. Driverne øker også etterspørselen fra offentlig og privat sektor som prioriterer utslippsreduksjonstiltak i sine prosjekter. Myndighetene bidrar med nasjonal støtte i form av innovasjonsprosjekter med mål om utslippsreduksjon blant annet fra byggeplasser. ENOVA bidrar også med subsidier for å redusere utslipp.

Det fins ingen fast mal eller fasenorm for hvordan man best gjennomfører et byggeprosjekt i Norge i dag. Den nye fasenormen "Neste Steg" ble utviklet sammen med byggenæringen i 2015 for å øke forståelsen mellom parter med ulike perspektiver og for å definere en omforent begrepsbruk. Forsknings- og innovasjonsprosjektet SamBIM konkluderte med at "BIM og IT kan brukes som styringsvirkemiddel ift. grensesnittkontroll mellom aktørene og at ICE øker sjansen for at beregninger av bl.a. mengder og materialleveranser blir bedre".

Gjennomføringsmodellen/prosessmodellen i SamBIM kan sammenliknes med "Neste Steg": Begge har opprinnelse hos norske aktører med fokus på norsk byggenæring. En hovedforskjell mellom SamBIM og "Neste Steg" er at begrepet skisseprosjekt er utelatt og isteden inngår i program- og konseptutviklingen i "Neste Steg" (se figur 4.2). I gjennomføringsmodellen i SamBIM er program- og konseptutvikling både en del av fasene programmering og prosjektering. Det gjør at SamBIM-modellen ikke er avhengig av entreprisereform.

Alle byggeprosjekter bruker en form for Lean-tankegang med mål om å gjennomføre et effektivt og kostnadsøkonomisk prosjekt. Tidsbesparelser og økonomisk tenkning vil i utgangspunktet få en direkte effekt på både ressursbruk og utslipp fra gjennomføringsfasen. Et sterkere fokus på ressursbruk er en av de grunnleggende prinsippene i en sirkulær økonomi. Feltet for sirkulær økonomi er i stor grad utforsket, og det er behov for mer kunnskap knyttet til utforming og oppføring av nye bygninger, der en sirkulær økonomi-prosess er lagt til grunn. Videre er det viktig å ha med utformingen av bygningen sett i sammenheng med selve byggeplassen i en tidlig fase. Muligheter for å optimere rigg og drift ved bruk av digitale verktøy er fortsatt utforsket som blant annet logistikk og flytting av materialer og installasjoner.

Optimering av utslippsfrie byggeplasser er ikke etablert i bruk, hovedsakelig fordi dette typisk krever problemer av signifikant størrelse for at det kan oppnås forbedringer som er store nok til å forsvare utviklingsutgiftene. Innen optimeringsfeltet er det først og fremst fokus på å utvikle modeller og løsningsalgoritmer for optimale planleggingsoppgaver for definerte målkriterier. Eksempler på anvendelser er mannskapsplanlegging (for eksempel plan for hvem som utfører hvilke oppgaver til hvilken tid), prosjektplanlegging (for eksempel å lage en optimal plan der hver aktivitet får tildelt ressurser og tid), transportplanlegging og design/layout (eksempelvis planlegging av hvilke funksjoner/enheter som skal plasseres hvor). De fleste optimeringsanvendelser fokuserer på å utføre oppgaver mer effektivt. Derfor bidrar de primært til reduksjon snarere enn eliminering av utslipp.

I dag er det mulig for bransjen å levere fossilfrie og energibesparende løsninger med bedre energieffektivitet og bruk av lav- og nullutslippsteknologi.

Framskritt innen fornybar energiteknologi, introduksjon av elektriske kjøretøy/hybride kjøretøy og miljøvennlige alternativer som biodrivstoff viser et potensial for betydelig reduksjon av utslipp. Per i dag fins det lav- og nullutslippsteknologi som for eksempel:

- anleggsmaskiner som bruker miljøvennlig drivstoff

- varming og tørking av selve bygget med bruk av energi generert av for eksempel elektriske løsninger som driver varmpumper eller fjernvarme
- For transport til og fra byggeplassen fins det tilgjengelige alternativer til fossil tungtransport i form av fossilfritt biodrivstoff (for eksempel biodiesel (HVO), biogass eller bioetanol). Det fins også utslippsfrie alternativer til godsbiler som er under utvikling og på vei til å kommersialiseres.

Om en byggeplass skal elektrifiseres, krever det antakelig utbygging av den eksisterende elforsyningsinfrastrukturen, noe som ikke alltid vil være mulig. Det er viktig å sikre tilgang til strømkapasitet og infrastruktur på byggeplass i planleggingsfasen.

I Norge er det sterke forskningsmiljøer innen fagfeltet som har fokus på klima og miljø. Det er stadig økende etterspørsel etter miljøevaluering av bygninger fra et livssyklusperspektiv. Tidligere har mange studier analysert operativ energianvendelse og utslipp som oppstår fra driftsfasen av en bygning, mens færre studier har undersøkt utslipp som genereres under selve byggefasen. LCA-resultatene fra Norges ZEB-pilotbygg, Campus Evenstad, viser at utslipp av klimagasser fra byggefasen kan sammenliknes med utslippene fra driftsfasen. Studien viste at utslippene fra byggefasen var betydelige og at LCA i byggefasen er utfordrende. Faktorer som spiller inn, er for eksempel mangel på en klar definisjon av systemgrensene, vanskeligheter med å samle inn livssyklusinventardata, mangel på bakgrunnsfaktorer for utslipp, og metodevalg. Resultatene fra Evenstad kan brukes som 1) referanse for en systematisk og forenklet datainnsamling, 2) for bilde for enkle beregninger, og 3) eksempel på hvordan man kan sammenlikne og kommunisere resultatene fra LCA-beregningene fra en byggeplass. Ved å inkludere en følsomhetsanalyse i LCA-studien kan man evaluere ytelsen av utslippsreduksjonstiltakene og utslippskvalitetsdata. LCA skal ikke bare utføres i designfasen, men bør fortsette gjennom hele byggefasen for å optimalisere utslippsreduksjonen. Tverrfaglig samarbeid og tydelig kommunikasjon mellom ulike aktører med forskjellige kunnskaps- og kompetanseområder er viktig i en LCA studie. I tillegg må arbeidet utføres av LCA-eksperter i samsvar med standard LCA-prosedyrer, og det må verifiseres eller kvalitetssikres av LCA-eksperter.

6.2 Erfaringer fra case-studien (Lia barnehage)

Lia barnehage hadde høye ambisjoner om å nå en fossilfri byggeplass. Prosjektet har bidratt til økt kunnskap innen flere av temaene som tas opp i dette forprosjektet, som:

- Det ble brukt lengre tid på planlegging, og som følge av ambisjonen om å nå fossilfrie løsninger ble det nødvendig å samarbeide tett om planlegging og gjennomføring av prosjektet med alle involverte parter i både programmerings- og prosjekteringsfasen. Ytre rammer, som lokalisering av tomten ved siden av en barneskole, krevde nøye logistikkplanlegging av både inn- og uttransporter, noe som førte til kortere gjennomføringstid.
- Det ble valgt prefabrikkerte elementer i gulv, vegger og tak, i kombinasjon med lokale leverandører av blant annet betong. Allikevel var det vanskelig å finne ut hvor mye konstruksjonsvalget bidro til utslippsreduksjonen.
- Det var et ønske om å bruke elektriske anleggsmaskiner, men det var ikke mulig på tidspunktet for gjennomføring av prosjektet. Det ble stilt krav til bruk av biodiesel i de større maskinene på byggeplassen. En utfordring i prosjektet var at anleggsmaskinene ble levert med vanlig diesel på tanken. Dette viser viktigheten av at alle involverte parter i prosjektet er kjent med målene fra byggherren.
- Prosjektet Lia barnehage har bidratt til kunnskapsheving knyttet til anskaffelsesprosessen hos Omsorgsbygg, med fokus på miljøkriterier. Erfaringene har også bidratt til at reduksjon av klimagassutslipp og lokale utslipp fra byggeplass har blitt tildelingskriterium i andre tilbudskonkurranser.
- LCA-studien har gitt erfaring og kunnskap om hvordan man analyserer og dokumenterer klimagassutslipp fra byggefasen, definerer systemgrensen, samler inn inventar og datakilder, og velger beregningsmetodikk. Følsomhetsanalysen utført i LCA-studien gjør det mulig å evaluere potensiell reduksjon av klimagassutslipp fra et av utslippsreduksjonstiltakene, nemlig bruken av biodrivstoff som er brukt i anleggsmaskinene. På grunn av mangel på data var det imidlertid vanskelig å evaluere

potensiell utslippsreduksjon av klimagasser fra de andre løsningene som ble vurdert i prosjektet. LCA-beregninger i tidligfase ville ha bidratt til å evaluere, planlegge og sammenlikne utslippsreduksjonstiltak for klimagassutslipp. Den omfattende datainnsamlingsprosessen i denne studien viser betydningen av tidlig planlegging av innsamlingen for å forenkle og forbedre både datakvalitet og gjennomsiktighet.

6.3 Kunnskapsgap

Funn i forprosjektet viser at mangel på kunnskap, tilgang på fossilfrie eller utslippsfrie løsninger, kostnader og teknologi er barrierer for å få til fossilfrie eller utslippsfrie aktiviteter.

Kunnskapsgapet innbefatter:

- En klar definisjon og systemgrense for både fossil- og utslippsfrie byggeplasser. Manglende felles forståelse av hva som inngår i begrepene fossilfri og utslippsfri. For eksempel fokuserer de fleste studiene som gjennomføres i dag, på direkte utslipp av CO_{2eq}.
- Behov for økt bestillerkompetanse blant byggherrer om hva de kan stille av forventninger og krav til entreprenører og leverandører. Det er også behov for mer kunnskap og erfaring om forventninger, krav, systemgrenser og muligheter for fossilfrie eller utslippsfrie alternativer både hos bestiller og leverandør.
- Optimeringsmuligheter knyttet til aktivitetene på byggeplassen
- Økt kunnskap blant de ulike aktørene i byggeprosessen om aktiviteter som bidrar til at utslippene blir redusert i produksjonsfasen.
- Behov for kunnskap om hvordan både direkte og indirekte utslipp fra aktiviteter knyttet til byggeplasser kan reduseres og standardiseres for evaluering av utslippsreduksjon.
- Manglende referanseprosjekt, for eksempel alternative utslippsreducerende tiltak og læring fra byggeaktivitetene i eksisterende case-studier, som kan brukes som referanse for andre byggeplasser.
- Kunnskap om hvilke evalueringsmetoder som bør brukes (sensitivitetsanalyser, risikoanalyser samt dokumentasjonsmetoder) for å synliggjøre reelle utslippsbesparelser og oppfylle ambisjonene for fossil- og eller utslippsfrie byggeplasser.
- Vugge-til-grav-livssyklusvurdering, inkludert ulike miljøindikatorer, for å unngå at problemet skifter fra en livssyklusfase til en annen eller fra en miljøindikator til en annen (eksempelvis når indirekte utslipp utelukkes fra beregningsgrunlaget).
- Livssyklus kostnader (LCC) og sosial livssyklusvurdering (SLCA) av aktiviteter knyttet til byggeplasser
- Manglende kunnskap om anvendelse av relevante nye teknologier i de ulike fasene i byggeprosessen

7 Forslag til krav for utslippsreduksjon fra byggeplasser ved offentlige anskaffelser

Målet med dette prosjektet er "å identifisere drivere og barrierer samt å se på muligheter og utfordringer som påvirker dagens anskaffelsespraksis med særlig fokus på aktiviteter knyttet til byggeplassen", med et langsiktig mål om å oppnå helt utslippsfrie byggeplasser. Flere av de store offentlige aktørene stiller allerede krav om fossilfrie byggeplasser, men krav om *utslippsfrie byggeplasser* er på vei. Ved å benytte resultater og metodikk fra FoU skal dette forprosjektet bidra til at Oslo kommune kan stille bedre krav til utslippsfrie byggeplasser gjennom innovative offentlige anskaffelser.

Anbefalingene i dette kapitlet bygger på erfaringene som er beskrevet foran i rapporten og oppsummert i kapittel 6. Anbefalingene retter seg mot Oslo kommune som kravstiller. De er utformet slik at også andre byggherrer og eiendomsutviklere med høye ambisjoner om å bidra til å oppnå en varig utslippsreduksjon kan ta anbefalingene i bruk. Kravene retter seg mot profesjonelle aktører som bestiller, programmerer, prosjekterer og bygger bygninger, samt leverandører/produsenter av byggevarer og -tjenester.

Følgende grunnlag er delt inn muligheter for kravsetting i en prosessmodell for temaene prosesser, optimering, energibruk og klimagassberegninger (LCA). Det gis også anbefalinger til hvorfor det er relevant å stille krav, og hvordan man kan formulere mål og krav, i de ulike fasene i byggeprosessen for å redusere utslipp fra byggeplassen. Avslutningsvis oppsummeres begrensningene i dette prosjektet og anbefalinger til videre forskning.

7.1 Nødvendighet av/og manglende krav

Prossesser: Krav som stilles i dag, er stort sett formulert som ytelseskrav, noen ganger med beskrivelse av en tilhørende oppgave som skal utføres. Det stilles få eller ingen krav til bruk av nye teknologier som kan medføre innovative løsninger til en reduksjon av utslipp fra byggeplassen. Videre synes det ikke å bli stilt krav til samhandling i byggeprosessen eller til kompetansen hos de som skal utføre oppgavene. Dokumentasjon av planleggingen i tidligfase for ulike aktører er et tema som kan tas opp under denne rubrikken.

Optimering: Optimering av tjenester og leveranser for å få ned utslipp fra byggeplasser har sterkt fokus på transport, men er ikke etablert som praksis på andre områder. Det fins et stort potensial for å stille målbare krav med tilhørende dokumentasjon innen optimering ved bruk av for eksempel parametriske design eller andre digitale løsninger. Levetid, resirkulerbarhet, gjenbruk, avfallsmengder, kortreiste materialer og tjenester samt konsolidering av transport til og fra byggeplassen er temaer som kan tas opp i beskrivelsen.

Energibruk: Kravene som stilles i dag, fokuserer på direkte utslipp fra energibruk og drivstoff til anleggsmaskiner i selve byggefasen, men inkluderer ikke indirekte utslipp (utslipp som ikke skjer der energien anvendes). Når indirekte utslipp fra aktiviteter ikke regnes med i byggefasen, flytter man utslippsbelastningen til andre faser. Slik oppnår man et "pent" utslippsregnskap, men tilslører det faktiske utslippet fra aktiviteter og produkter man i realiteten anvender. Tilrettelegging for miljøvennlig transport til den ferdige bygningen kan tas opp som tema under energibruk, og er også relevant under optimering.

Klimagassberegninger: I dag mangler kravene ofte en klar og tydelig systemgrense for byggeaktiviteter. Det er ikke tydelig i hvilke faser klimagassberegninger skal utføres eller hvilke beregningsgrunnlag som skal brukes. Det er ingen tydelig beskrivelse for referanseverdi av byggeplasser når det er angitt tall for reduksjon av klimagassutslipp i prosent (20 eller 40 % i henhold til BREEAM-NOR). Videre fins det ikke en standardisert metodikk for utslippsberegninger for byggeaktiviteter og utslippsreducerende tiltak (for eksempel sensitivitetsanalyser).

7.2 Mål og krav som leder til lavutslipp fra byggeplass

Kravene retter seg mot profesjonelle aktører som bestiller, programmerer, prosjekterer og bygger bygninger, samt leverandører/produsenter av byggevarer og -tjenester. For begge ambisjonsnivåer, fossilfrie og/eller

utslippsfrie, er det viktig å ha tydelige definerte systemgrenser og fokus på innhenting av dokumentasjon. Det er også viktig å bruke transparente og systematiske metoder for å komme i mål.

Denne rapporten gir et forslag til hvordan man kan definere fossil- og utslippsfrie byggeplasser for byggeplassaktiviteter innenfor systemgrensen som vist i figur 1.4. En fossilfri byggeplass innebærer bruk av fossilfrie løsninger for byggeaktiviteter innenfor systemgrensen. En utslippsfri byggeplass innebærer bruk av utslippsfrie løsninger for byggeaktiviteter innenfor systemgrensen. Byggeplassaktiviteter inkluderer: transport av byggematerialer, anleggsmaskiner og personer; energibruk og håndtering (inkludert transport) av avfall; tilleggsmateriale for installasjoner. Kravene kan brukes for begge ambisjonsnivåer som vises i figur 7.1.

Kontraksstrategi og valg av prosess- eller gjennomføringsmodell innvirker på grunnlaget for formulering av mål og krav. Det er viktig å definere hva som skal inngå i ambisjonsnivået og formulere forventninger, mål og krav som kan følges opp gjennom hele byggeprosjektet, uavhengig av kontraksmodell.

I denne studien baserer vi oss på eksisterende krav og supplerer disse for utslippsfrie byggeplasser. En fossilfri case studie er dokumentert og er et eksempel på hvordan innsamling av datagrunnlag kan gjennomføres (kapittel 5). Resultatene belyser noen suksesskriterier, men tar også for seg utfordringer rundt datainnsamling.



Figur 7.1. Ambisjonsnivåer (fossilfri eller utslippsfri), prosessmodell (programmering, prosjektering, produksjon og drift) og temaer (prosesser, optimering, energibruk og LCA) sett i sammenheng

Prosess- og ressursmål

I alle typer arbeid trenger man tydelige og definerte målsettinger for å ha noe å jobbe frem mot. I dette kapitlet – med forslag til mål og krav – fokuserer vi på prosess- og ressursmål, og tar ikke for oss mål for kvalitet for bygget. Fokuset i bransjen i dag er ofte på kvalitetsmålene, og det er behov for mer kunnskap om tydelige prosess- og ressursmål. **Prosess- og ressursmål** er ofte relatert til styring av selve prosjektet og organisering av for eksempel hvordan man arbeider, eller til ressursbruk og logistikk.

Når man formulerer mål, skal de besvare vesentlige spørsmål, være presise, kortfattede og relatert til valgt ambisjonsnivå, og ligge innenfor definerte systemgrenser. Et formulert mål må være tydelig og enkelt å forstå. Det kan være aktuelt å definere både hovedmål og tilhørende delmål som skal gjelde for det enkelte temaene. Målet skal gi muligheter for forskjellige løsninger, og unngå ord som har mange fortolkningsmuligheter. Hovedmålet skal dekke eventuelle undertemaer. Undertemaer kan ha flere delmål. Videre er mål og delmål definert for hvert fokusområde for studien.

Kravformulering

Et krav skal være definert, målbart og anvendelig. Målbareheten er kravets viktigste karakter (se under forklaring til typer av målbarehet). Ved å utarbeide målbare krav kan man i ettertid teste om løsningen tilfredsstillende kravet som ble stilt. Kravene bør også benyttes som grunnlag for evaluering av utført arbeid. Krav kan enten formuleres helt konkret eller i form av en funksjon. Kravene som knyttes til prosess- og ressursmålene for prosjektet, kan for eksempel være krav til organisering (informasjonsflyt), kvalifikasjonskrav, dokumentasjonskrav og spesifikasjonskrav (bakgrunnsdata, arbeidsmetodikk, verktøy og beregningsmetoder).

Tips:

- Kravene for et mål skal besvare spørsmålet: "Hvordan skal hovedmålet/delmålet realiseres?"
- Kravene skal være temaspesifikke (for eksempel emisjonsreduksjon fra energibruk), målbare (for eksempel 40 % utslippsreduksjon fra energibruk) og anvendelige (realistiske, og gjennomførbare).
- Kravene skal formuleres med tanke på hvem som har ansvar, hvem som utfører oppgaven, og hvem som deltar.
- Kravene kan rettes mot byggherren, entreprenøren eller leverandører.
- Kravene skal formuleres på en positiv måte.

Målbarehet

Ulike krav kan brukes som grunnlag for evaluering. Det finnes tre typer av målbarehet:

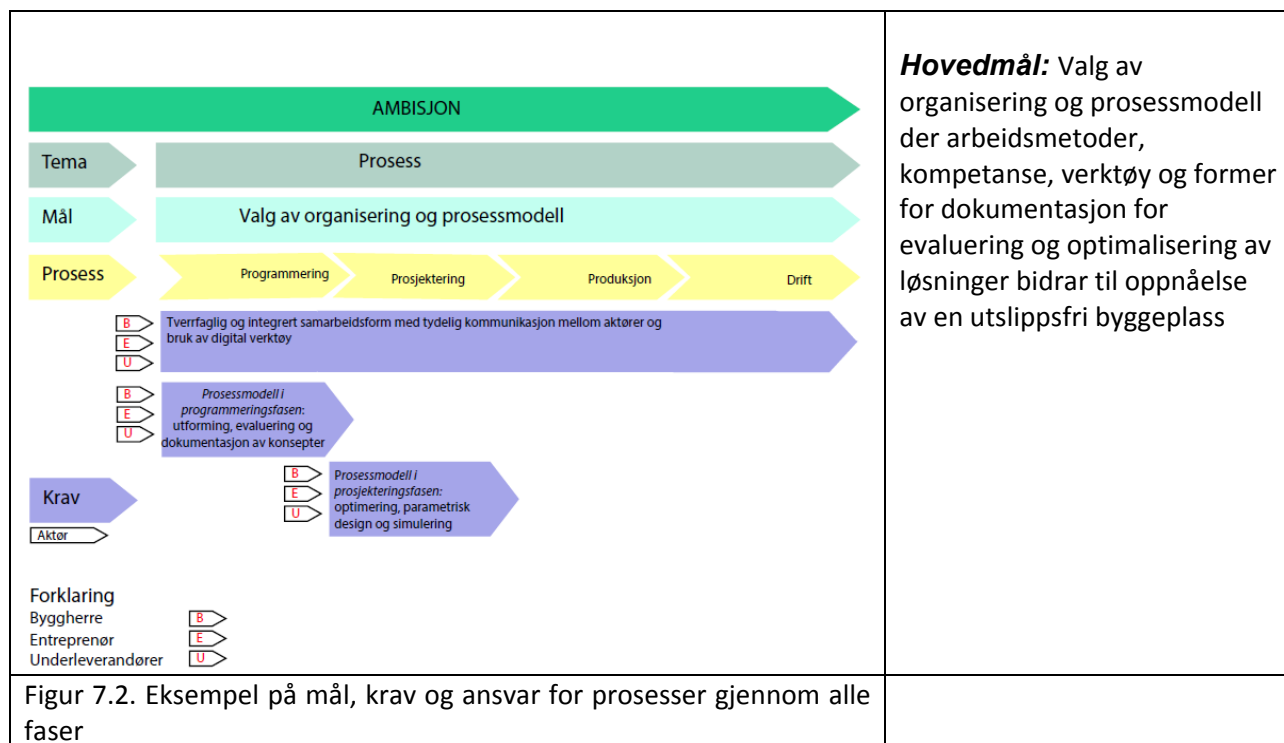
- Binær målbarehet betyr at man kan svare enten ja eller nei på om resultatet tilfredsstillende det stille kravet.
- Målbarehet på en skala innebærer et svar i fysiske verdier, som for eksempel CO₂-utslipp, avfall i kg osv.
- Vurdering er den siste type målbarehet, og er en verifikasjon, rangering, estimering eller gjetning. Metoden brukes når det ikke finnes noe binært eller skalamessig mål, og den kan brukes ved sammenlikninger.

7.3 Forslag til krav for prosesser, optimalisering, avfall, energibruk og klimagassberegninger.

Følgende kapittel legger til rette for å kunne stille krav til valg av prosessmodeller, kompetanse, metoder, verktøy og type dokumentasjon som bidrar til optimaliserte fossilfrie- eller utslippsfrie løsninger. Figur 7.2–7.6 viser det aktuelle temaet, mål og hvem som må involveres og ha ansvar for å lykkes med måloppnåelse gjennom alle faser.

Prosesser

Prosessmodellen skal fremme gode samhandlingsformer og legge til rette for god planlegging, systematisering og optimalisering av alle relevante prosjektaktiviteter før og under bygging, der hovedfokus er å redusere utslipp fra byggeprosessen. Prosessmodellen skal legge til rette for en integrert prosjekterings- og leveranseløsning, og for en energi- og ressurseffektiv produksjonsprosess på byggeplassen. Valget av prosessmodell skal reflektere organisatoriske forretningsstrukturer der riktig kompetanse og valg av IT-systemer bidrar til å optimalisere utslippsgenererende aktiviteter knyttet til byggeplassen. Bruk av BIM og nye IT-teknologier som understøtter samhandlingen og optimalisering av ressursutnyttelse, skal prioriteres.



Hovedmål: Valg av organisering og prosessmodell der arbeidsmetoder, kompetanse, verktøy og former for dokumentasjon for evaluering og optimalisering av løsninger bidrar til oppnåelse av en utslippsfri byggeplass.

Delmål og krav:

Organisering: Krav om en tverrfaglig og integrert samarbeidsform (IDDS, ICE) med tydelig kommunikasjon mellom aktører og bruk av digitale verktøy som BIM og parametrisk design, og der utslippsreduksjon er et tydelig fokus i alle ledd.

- Forslag til dokumentasjonskrav: Dokumentasjon på formell kompetanse; på type verktøy, bruksområder og hvordan resultater skal tolkes.

Prosessmodell: Krav om en prosessmodell med faser og "porter" der målbare krav knyttet til utslippsreducerende tiltak evalueres, implementeres, dokumenteres og følges opp.

Eksempel på krav i programmeringsfasen:

- Utforming, evaluering og dokumentasjon av forskjellige konsepter og utformingsalternativer av bygningen, valg av tekniske installasjoner, (hensyn til grunnforhold, ressursforbruk, materialvalg, delingsøkonomiske hensyn osv.) med fokus på utslippsreduksjon i produksjon, transport til og på byggeplassen, og en energiøkonomisk utformet byggeplass
- Tekniske installasjoner
- Tilrettelegging av funksjoner i bygningen slik at transport av varer og tjenester til, fra og på byggeplass blir mest mulig effektiv

- Utforming av bygningen sett i sammenheng med rigg og drift i byggefasen
- Eksempel på krav i prosjekteringsfasen:

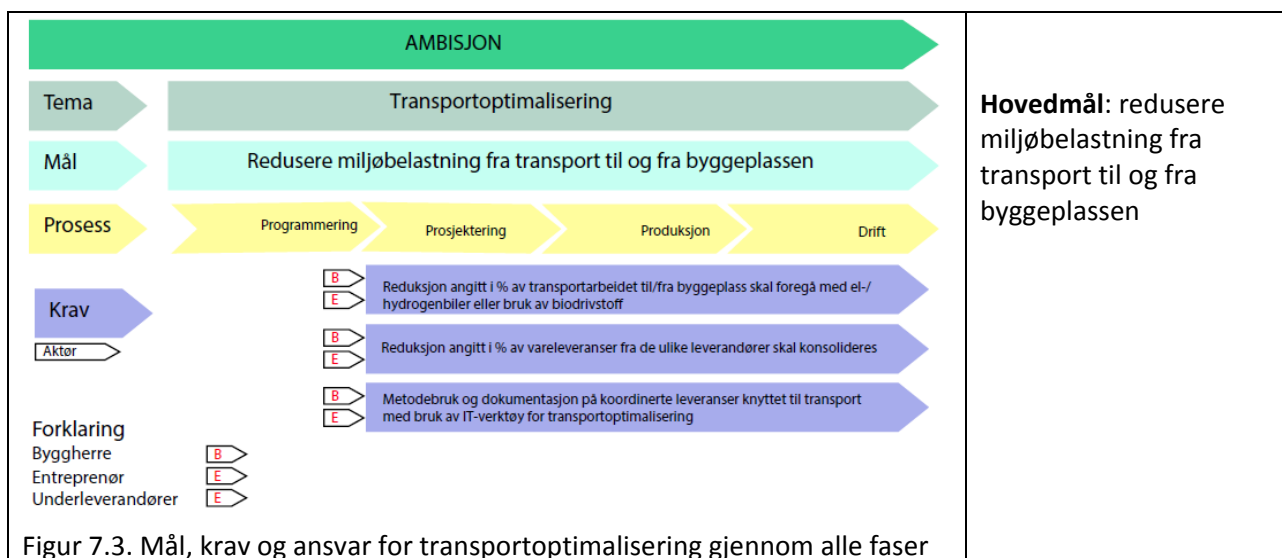
- Parametrisk simulering som grunnlag for evaluering av ressursbruk
- Valg av konstruksjonsmetode og evaluering av disse
- Prosjektering som tar hensyn til mest optimal logistikk på byggeplassen også under bygging
-

Transportoptimalisering

Transport av materialer og personell til og fra byggeplass utgjør i dag en betydelig andel av miljøbelastningen, det er til sjenanse for naboer og er en sikkerhetsutfordring ved bygge- og anleggsvirksomhet. To forslag for å minimere disse utfordringene er:

1. Bedre koordinering av transport, i hovedsak ved å:
 - a. konsolidere leveranser til og på byggeplassen
 - b. kombinere leveranser med returtransport
 - c. mellomlagring av masser for tilbakefylling
 - d. gjenbruksmaterialer
2. Bruke alternativt, miljøvennlig drivstoff i kjøretøyene

Når det gjelder punkt 2, vil bruk av gode IT-verktøy for transportoptimalisering kunne føre til betydelig reduksjon av transportarbeidet, med mindre transportvirksomheten har svært lite omfang.



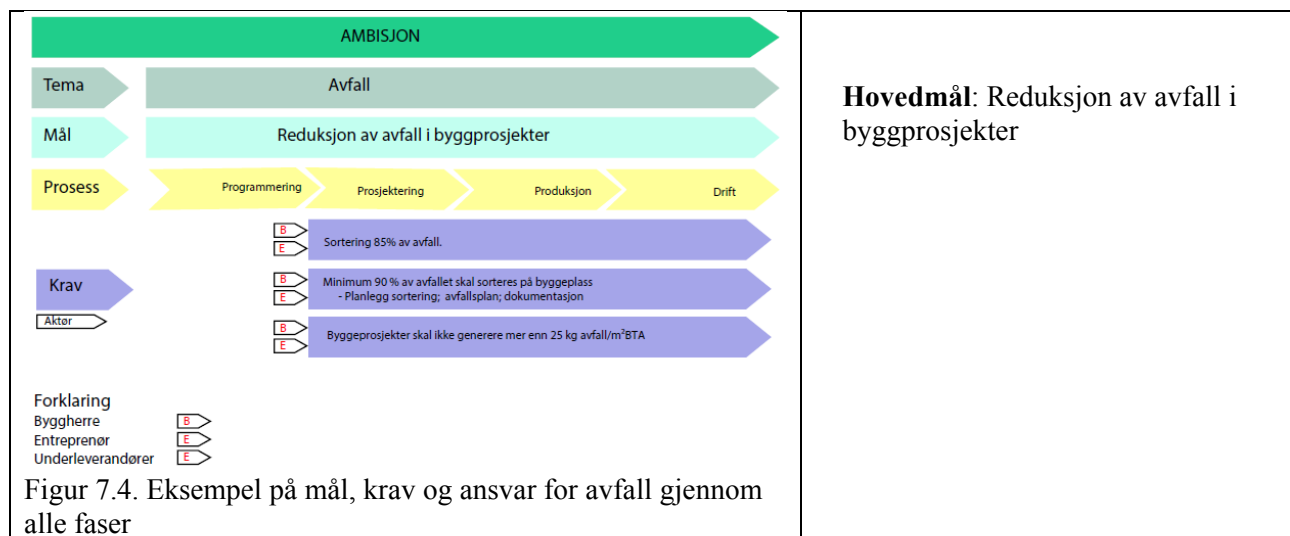
Hovedmål: Redusere miljøbelastning fra transport til og fra byggeplassen

Delmål og krav:

- Reduksjon angitt i % av transportarbeidet til/fra byggeplass skal foregå med el-/hydrogenbiler eller bruk av biodrivstoff.
- Reduksjon angitt i % av vareleveranser fra de ulike leverandører skal konsolideres, helst ved hjelp av IT-verktøy for transportoptimalisering.
- Metodebruk og dokumentasjon på koordinerte leveranser knyttet til transport av returgods og avfall. Bruk av IT-verktøy for transportoptimalisering (kan inkludere at transport av personell kombineres med transport av varer)

Avfall

Kasserte gjenstander eller stoff er ikke lenger nødvendigvis bare en belastning. Gjennom ombruk og gjenvinning av materiale kan avfall benyttes som råstoff for nye produkter og tjenester. Avfallshierarkiet gir en prioritert rekkefølge for avfallsforebygging, ved å hindre at avfall oppstår, fulgt av ombruk (hindre bruk av nye ressurser og hindrer samtidig avfall til deponi), materialgjenvinning (tilbakeføring av materialer i en industriell prosess), energigjenvinning og til slutt deponi. Avfallsforebygging kan defineres som reduksjon av avfallsmengdene fra kilden gjennom redusert forbruk, endret forbruksmønster, endrede produksjonsprosesser og bedre utnyttelse av råvarer. Her inkluderes ikke krav til ressursoptimalisering av rivematerialer fra eksisterende bygg på tomten.



Hovedmål: Reduksjon av avfall i byggprosjekter

Delmål og krav:

Planlegg avfallsreduksjon: Beskrivelse av tiltak for avfallsreduksjon som planlegges å gjenbrukes. For eksempel:

- Bruke precut eller prekapp i gitte dimensjoner av byggeprodukter.
- Tilrettelegge for innkjøp og anbudsprosesser med underleverandører med krav om å bruke minst mulig engangsemballasje, benytte miljøvennlige alternativer av emballasjer som lar seg ombrukes, gjenbruk av emballasje eller krav til at leverandørene tar med seg emballasje knyttet til sine leveranser.
- Kontraktsfeste mulkt for overskridelser av avtaler knyttet til reduksjon av avfall.

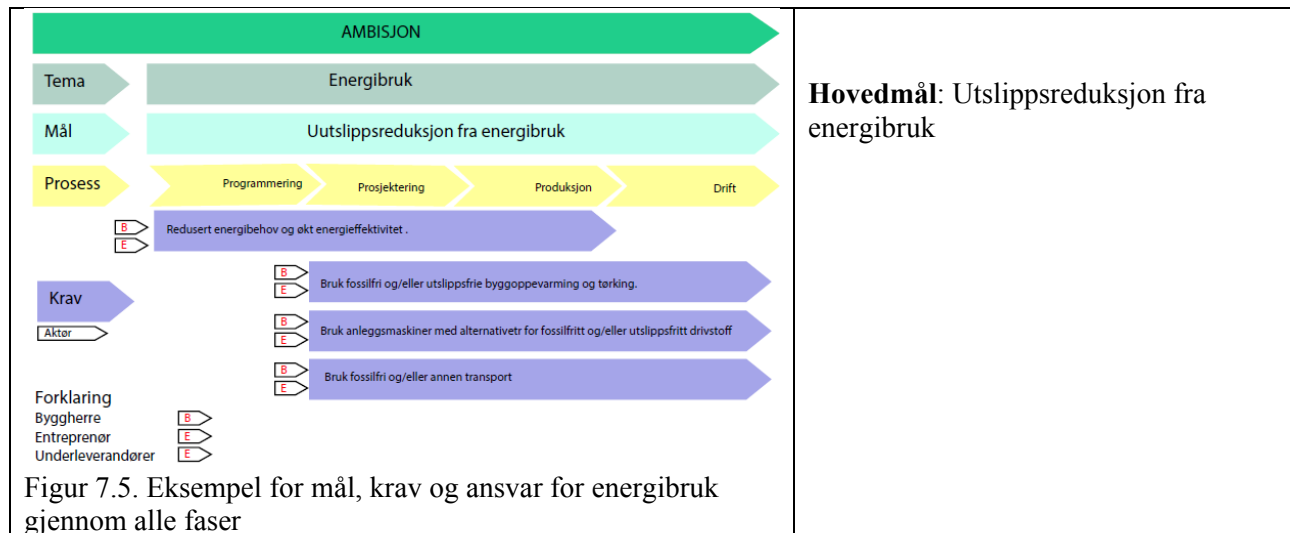
Minimum 90 % av avfallet skal sorteres på byggeplass: Når avfallet først har oppstått, er det mest miljøvennlige man kan gjøre å sortere så mye som mulig, og kanalisere mest mulig til ombruk eller gjenvinning.

- **Planlegg sortering:** Eksempel: Etablere rutiner for sortering, ombruk og gjenvinning av byggeavfall (som å planlegge hvor konteinerne skal stå og merke godt hva som skal legges i de forskjellige konteinerne.)
- **Avfallsplan:** Det skal lages avfallsplan for planlagt håndtering av avfall fordelt på følgende ulike avfallstyper: betong/tegl, impregnert trevirke, ubehandlet trevirke, metall, glass, gips, restavfall, plast, papp, farlig avfall og EE-avfall.
- **Dokumentasjon- og oppfølgingsplan**

Byggprosjekter skal ikke generere mer enn 25 kg avfall/m²BTA: Totalmengde avfall og avfall generert per kvadratmeter som genereres på byggeplass, skal måles og dokumenteres.

Energibruk

Energibruk inkluderer fossil- og utslippsfrie løsninger for varme og uttørring av byggeplasser, anleggsmaskiner og andre verktøy som benyttes på byggeplasser. Utslipp fra energibruk i drift er knyttet til energibehovet i bygningen, teknologinivå og hvilken energikilde som forsyner bygningen. De mest sentrale parametrene i beregningen er energibehov, energikilder og utslippsfaktorer.



Hovedmål: Utslippsreduksjon fra energibruk

Delmål og krav:

Redusert energibehov og økt energieffektivitet

Metoder: Effektive og gode transportløsninger for både varer og personell. Ved å holde bygningen tørr reduseres behovet for oppvarming og uttørring. For eksempel kan et midlertidig tak eller en teltløsning bli installert for å stoppe gjennomtrenging av regn, og byggematerialene kan oppbevares tørt og trygt på tørre områder. Ved å prioritere bruken av prefabrikkerte elementer reduserer prosjektet behovet for uttørring. Sesongene kan utnyttes for å redusere energibehovet på byggeplassen. Vurder utslippsbesparelser, oppfølging og dokumentasjon.

Bruk utslippsfrie byggoppevarming og tørking

- Bruk fornybar energi og utslippsfrie løsninger knyttet til eksempelvis fjernvarme, solceller, elektrifiserte og batterianlegg for oppvarming og tørking av bygget under oppføring, inkludert planlegging av kraftnett og annen infrastruktur.
- Vurder utslippsbesparelser, oppfølging og dokumentasjon.

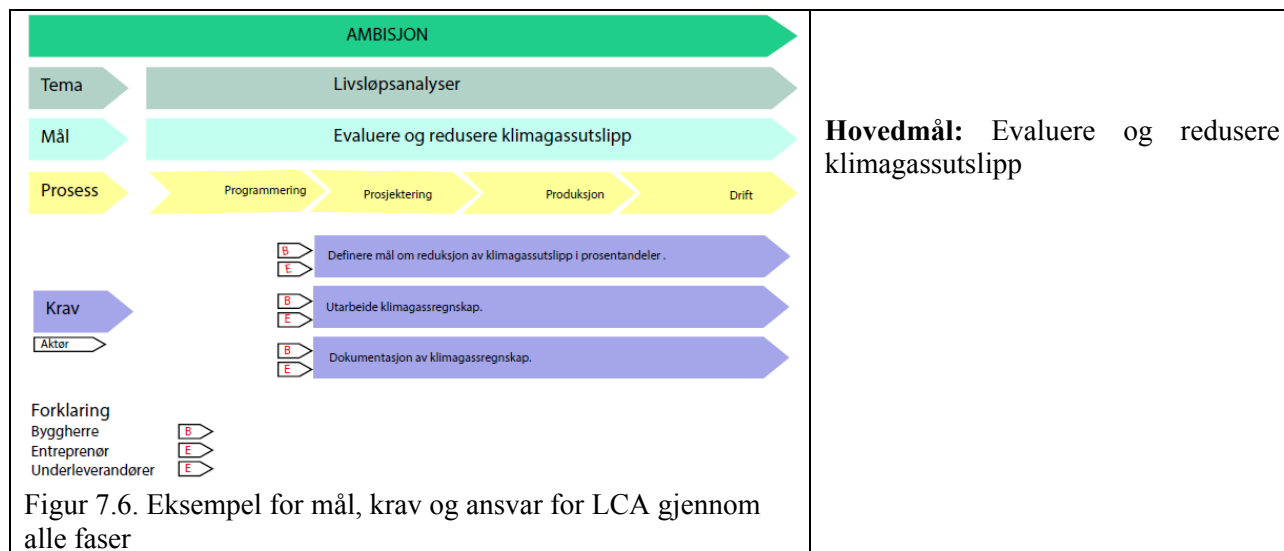
Bruk anleggsmaskiner med alternativt fossilfritt og/eller utslippsfritt drivstoff

- Bruk av alternativt **fossilfritt og/eller utslippsfritt** drivstoff, for eksempel elektrisitet og hydrogen som energikilde i batterier eller brenselceller. Inkludert planlegging av kraftnett, vei og annen infrastruktur.
- Vurder utslippsbesparelser, oppfølging og dokumentasjon.

Bruk fossilfri og/eller annen transport

- Planlegg fossilfri og/eller utslippsfrie logistikk.
- Vurder utslippsbesparelser, oppfølging og dokumentasjon.

Livsløpsanalyser (LCA) LCA er en metode som kan brukes for systematisk kartlegging og evaluering av miljøprestasjoner knyttet til byggeplassaktiviteter, identifisering av potensielle effektkilder og evaluering av muligheter for å minimere miljøpåvirkningen. Klimagassregnskap kan brukes som miljøindikator for å redusere kompleksiteten for beslutningstakere, og korrelerer ofte med andre miljøpåvirkninger. Målet for LCA-studier og systemgrenser må defineres tidlig. Systemgrensen for aktiviteter knyttet til byggeplassen inkluderer transport av byggematerialer, anleggsmaskiner, personer, energibruk og avfallhåndtering (inkludert transport av avfall) og tilleggsmateriale for installasjoner iht. de harmoniserte standardene EN 15804, EN 15978 og prNS3720. Kvaliteten på beregninger av klimagassutslipp avhenger av inventardata (samlet for eksempel fra bygningsinformasjonsmodellering (BIM), mengderegister, transportlogger og avfallsplan) levert av ulike aktører (entreprenører eller underleverandører og produsenter) fra forskjellige prosjektfaser. Inventar og bakgrunnsdata skal dokumenteres for å øke gjennomsiktigheten og tilrettelegge for reproduserbarheten av prosjektet



Hovedmål: Evaluere og redusere klimagassutslipp

Delmål og krav:

Definere mål om reduksjon av klimagassutslipp i prosentandeler: Prosjektet må definere forventet reduksjon av klimagassutslipp i prosentandeler, i henhold til prosjektets utslippsreduksjonsmål (for eksempel 20 eller 40 % reduksjon, tilsvarende som for BREEAM-prosjekter). Dette skal beskrives tydelig og skal kunne etterprøves i forhold til et referansebygg. Referansebygg må definere og inkludere byggeplassaktiviteter, bakgrunnsdata (for eksempel utslippsfaktorer som brukes) og kilden til data som brukes. Utslippsreduksjonen for de vurderte aktivitetene bør evalueres ved bruk av følsomhetsanalyser. Eksisterende LCA-studier [5, 6, 64] skal brukes som referanse for å få erfaring, evaluere og minimere de potensielle miljøpåvirkninger for ulike bygningstyper.

Utarbeide klimagassregnskap. Klimagassregnskapet skal omfatte både direkte og indirekte utslipp, og det skal brukes til å evaluere og anbefale de mest klimavennlige alternativene.

- **Prosessmodell:** Tverrfaglig og integrert samarbeid og tydelig kommunikasjon mellom relevante aktører og bruk av digitale verktøy (ICE). LCA skal utføres i programmeringsfasen, som hovedsakelig utføres på grunnlag av antagelser. Arbeid med innsamling av grunnlagsdata for LCA skal videreføres gjennom alle byggefasen med økt detaljering og spesifikk data for å optimalisere reduksjonen av direkte og indirekte klimagassutslipp.
- **Standard:** Klimagassregnskap skal utføres i henhold til standard LCA-metoder (i henhold til ISO 14040/44) som verktøy med et klart definert mål og en klar systemgrense (i henhold til EN 15978 og prNS 3720) for evaluering av miljøprestasjoner knyttet til byggeplassaktiviteter og tiltak som er gjort for å redusere utslippene.
- **Data:** Utvikling og bruk av et standardisert datasamlingsark for å forenkle og dokumentere datainnsamlingsprosessen fra byggefasen og forbedre kvaliteten og gjennomsiktigheten. Beskriv hvilke data som trengs for hver utvalgt byggeaktivitet med tilhørende systemgrense. Beskriv metode for innsamling av data og hvem som er ansvarlig.

- **Kompetanse:** LCA bør utføres av LCA-eksperter, som har god kunnskap om LCA-metodikken og formell kompetanse i form av studier eller kurs og erfaring med LCA fra relevante prosjekter. Studien bør også verifiseres eller kvalitetssikres av LCA-eksperter med verifikasjonserfaring eller som er akkrediterte tredjepartsverifikatører.

Dokumentasjon og oppfølging av klimagassregnskap. LCA-metoder, datakilder, antagelser og klimagassutslippsfaktorer som brukes i studien sammen med inventartabellen, skal dokumenteres for å øke gjennomsiktigheten av beregningen, metodikken og resultatene. Hvem som skal fremskaffe og sette sammen dokumentasjonen, må detaljeres og beskrives.

7.4 Begrensninger og videre arbeid

- **Definisjonsarbeid:** I dette forprosjektet har vi utarbeidet utkast til definisjoner og systemgrenser for fossilfrie, alternativt utslippsfrie byggeplasser. Studien vurderer utslippsfrie løsninger med fokus på både direkte og indirekte CO_{2eq}-utslipp i et livsløpsperspektiv innenfor den definerte systemgrensen. De utslippsfrie løsningene omfatter ikke bare CO_{2eq}, men ser også på andre typer utslipp som partikler, NO_x, SO₂ og støy, som først og fremst påvirker helse. Det er behov for videre arbeid for å definere type utslipp og utvikle mer detaljerte systemgrenser for fossilfrie- eller utslippsfrie byggeplasser utover selve byggeplassen.
- **Sensitivitetsanalyser:** Studien har gjennomført sensitivitetsanalyser for å evaluere utslippsreduksjonen fra maskinenes bruk av drivstoff. Videreutvikling av en metodikk for å innlemme sensitivitetsanalyser, med hensikt å evaluere reelle alternative utslippsreducerende tiltak, evalueringsmetoder, inventardatakilder og utslippskvalitet.
- **Teknologier:** Denne studien tar ikke for seg muliggjørende teknologier som 3D-printing på byggeplass. Vi anbefaler at nye teknologier som kan tas i bruk i programmerings- og prosjekteringsfasene, og gjør det mulig å redusere utslipp fra byggeplasser, implementeres og testes ut.
- **Sirkulær økonomi:** Hensyn til sirkulær økonomi i byggeprosessen er kun tatt med i litteraturstudien, men ikke i mål- og kravsetting.
- **Bærekraftig livssyklusvurdering:** I denne studien var fokus bare på evaluering av klimagassutslipp fra byggefasen. Imidlertid kan utslippsreduksjonstiltak som vurderes i konstruksjonsfasen, ha betydning for andre livssyklusfaser eller andre påvirkningskategorier. Videre ville utførelsen av LCA i den tidlige designfasen ha bidratt til ytterligere evaluering, planlegging og sammenligning av utslippsreduksjonstiltak for klimagasser. Det anbefales derfor å utføre "vugge-til-grav"-livssyklusvurdering i forskjellige prosjektfaser med ulike miljøindikatorer, for å unngå at problemet skifter fra ett livssyklusstadium eller/og fra en miljøindikator til en annen. Videre skal livssyklusvurderingen (LCC) og sosial livssyklusvurdering (SLCA) integreres i LCA-studien for å evaluere bærekraften til bygningen generelt og byggeplassen spesielt.
- **Klimabudsjett:** Det er viktig å vurdere hvordan utslippsreduksjon av anleggsplasser kan bidra til å nå globale, nasjonale og regionale mål for reduksjon av klimagassutslipp. Oslo forplikter seg til å redusere de direkte utslippene til 50 % under 1990-nivåene innen 2020 og med 95 % innen 2030. Det anbefales å vurdere om utslippsreduksjonstiltakene gjør det mulig for Oslo å oppfylle sine mål og bidra til Norges løfte om klimagassreduksjoner.
- **Referanseprosjekter:** Erfaring fra utslippsreduksjonstiltak og evalueringsmetoder vurdert i Lia barnehage kan brukes som referanse for andre prosjekter. Videre studier er nødvendig for å samle casestudier av ulike bygningstypologier for å få erfaring med å evaluere og minimere potensielle miljøpåvirkninger fra andre typer av byggeplasser.
- **Teste kravene:** Rammer for forprosjektet har ikke gjort det mulig å teste ut grunnlaget. Det pågår imidlertid arbeid med partnere i konsortiet om å etablere et hovedprosjekt der grunnlag for veilederen kan testes ut på flere utvalgte prosjekter. Videre er kravene ikke spesifisert for fossil- eller utslippsfrie ambisjonsnivåer. Dette vil gjennomføres i videreføringen av studien.

Referanser

1. Oslo kommune, Klimaetaten. *Klima- og energistrategi for Oslo. Behandlet av Oslo bystyre 22.06.2016 (sak 195/16)*. Oslo, 2016.
2. Næringslivets hovedorganisasjon (NHO). Energibruk på byggeplassen (i byggefasen). I: P.-H. Granlund, H. Reine og R.R. Landet, red. *Temahefte. Næringslivets klimapanel*. NHO: Oslo, 2016.
3. G.M. Fasting, A.Ø. Lie, S. Davidsson og E.M. Dugstad. Utslippsfrie byggeplasser. I: *Fossilfrie og utslippsfrie byggeplasser*. Høvik: DNV GL, 2017: 21.
4. Miljødirektoratet. *Lokal luftkvalitet. Tiltaksveileder*. Rapport 48/2013. Trondheim: Miljødirektoratet, 2013.
5. M.K. Wiik, Å.L. Sørensen, E. Selvig, Z. Cervenka, S.M. Fufa og I. Andresen. *ZEB Pilot Campus Evenstad. Administration and educational building. As-built report*. ZEB Project report 36–2017. Oslo: SINTEF Academic Press, 2017.
6. E. Selvig, M.K. Wiik og Å.L. Sørensen. *Campus Evenstad – Statsbyggpilot. Jakten på nullutslippsbygget ZEB-COM*. Oslo: Statsbygg, 2017.
7. Bellona. *Utslippsfrie byggeplasser*. Pressemelding. [online]. Tilgjengelig på: <<http://bellona.no/prosjekter/utslippsfrie-byggeplasser>> (lest 9.5.2017)
8. Energi Norge, Norsk Fjernvarme i samarbeid med Bellona, og Enova. *Fossil- og utslippsfrie byggeplasser*. Rapportnr 2017-0637, rev.o. Høvik: DNV GL, 2017.
9. NHO, KS, Difi. *Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser – Leverandørkonferanse 15. mai 2017*. [Presentasjoner] Tilgjengelig på: <<http://innovativeanskaffelser.no/wp-content/uploads/2017/04/presentasjonene-fra-leverandorkonferansen-samlet-1.pdf>> (Lest 23.5.2017).
10. M.K. Wiik, D. Bær, S.M. Fufa, I. Andresen, I. Sartori, T. Uusinoka og B.F. Nielsen. *A ZEN Guideline for the ZEN Pilot Areas*. Versjon 1.0. Trondheim: FME ZEN – The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities, utgis i 2018.
11. European Committee for Standardization. *NS-EN 15978 Bærekraftige byggverk – Vurdering av bygningers miljøprestasjon – Beregningsmetode / Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method*. Brüssel: European Committee for Standardization, 2011.
12. Klima- og miljødepartementet. *Meld. St. 41 (2016–2017) Klimastrategi for 2030 – norsk omstilling i europeisk samarbeid*. Oslo: Klima- og miljødepartementet, 2016.
13. Difi. *Anbefalte miljøkrav og -kriterier for innkjøp av varer og tjenester til Entreprisearbeid for offentlige bygg*. *Anskaffelser.no* [Nettside]. Tilgjengelig på: <<https://www.anskaffelser.no/verktoy/entreprisearbeid-bygg-tilradde-miljokriterium>>. (Lest 23.5.2017).
14. Byggeindustrien. *Det offentlige må beskrive grønne ytelser tidlig i anskaffelsesprosessen*. *Byggeindustrien*. Publisert 13.6.2016. [Nettsted]. Tilgjengelig på: <<http://www.bygg.no/article/1279041>>. (Lest 16.6.2016).
15. Difi. *Et verktøy for bærekraftige anskaffelser*. [Nettsted] Tilgjengelig på: <<https://kriterieveiviseringen.difi.no>>. (Lest 13.3.2018).
16. Direktoratet for byggkvalitet. *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift, TEK17)*. [online]. Tilgjengelig på: <<https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-8/>>. (Lest 2017).
17. Direktoratet for byggkvalitet. *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift, TEK10)*. [online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/SFO/forskrift/2010-03-26-489/KAPITTEL_2-3#§9-5>. (Lest 2017).
18. Statistisk sentralbyrå. *Oppfyller ikke mål om 50 prosent materialgjenvinning*. [Nettsted]. Publisert 9. januar 2018. Tilgjengelig på: <<https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/oppfyller-ikke-mal-om-50-prosent-materialgjenvinning>>. (Lest 09.3.2018).
19. Avfall Norge. *Forslag til ny Byggteknisk forskrift (TEK17)*. [online]. Tilgjengelig på: <<https://www.avfallnorge.no/avfalls-og-gjenvinningspolitikk/horingsuttalelser/forslag-til-ny-byggteknisk-forskrift-tek-17>>. (Lest 08.5.2017).
20. Byggeindustrien. *Norske byggeplasser slipper årlig ut 420.000 tonn CO2*. *Byggeindustrien*. Publisert 22.5.2017. Tilgjengelig på: <<http://www.bygg.no/article/1314888>>. (Lest 23.5.2017).

21. BREEAM-NOR. *BREEAM-NOR New Construction 2016*. Technical Manual SD5075NOR. Oslo: Norwegian Green Building Council, 2016.
22. Byggeindustrien. Utslippsfrie byggeplasser; vi er med. *Byggeindustrien*. Publisert 19.5.2017. Tilgjengelig på: <<http://www.bygg.no/article/1314830>>. (Lest 23.5.2017).
23. P.T. Eikeland. *Teoretisk analyse av byggeprosesser*. SIB rapport. Bodø: Senter for innovasjon og bedriftsøkonomi, 1998.
24. Ø.H. Meland. *Prosjekteringsledelse i byggeprosessen*. Dr. ingeniøravhandling, Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitet, Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, 2000: 15.
25. International Organization for Standardization. *ISO 29481-1 Building information models – Information delivery manual – Part 1: Methodology and format*. Geneve: International Organization for Standardization, 2016.
26. International Organization for Standardization. *ISO 22263 Organization of information about construction works – Framework for management of project information*. Geneve: International Organization for standardization, 2008.
27. Bygg21. *Veileder for fasenormen «Neste Steg» – et felles rammeverk for norske byggeprosesser*. Oslo: Bygg21, 2015.
28. K. Bråthen, C. Flyen, L.E. Moland, A. Moum og S. Skinnarland. *SamBIM. Bedre samhandling i byggeprosessen med BIM som katalysator*. Fafo-rapport 2016:40. Oslo: Fafo, 2016.
29. K.J. Fergusson. *Impact of Integration on Industrial Facility Quality*. Stanford, Cal.: Stanford University, 1993.
30. L. Koskela. *Application of the New Production Philosophy to Construction*. CIFE Technical report # 72. Stanford, Cal.: Stanford University, 1992.
31. G. Howell G. og G. Ballard. Implementing lean construction: Understanding and action. I: *Proceedings Sixth Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-6), 13–15 August 1998, Guarujá, Brazil*.
32. A. Moum, H. Høiland-Kaupang, N. Olsson og M. Bredeli. *Industrialisering av byggeprosessene. Status og trender*. SINTEF Fag 45. Oslo: SINTEF akademisk forlag, 2017.
33. A. Solem, M.P. Buvik, H.O. Finnestrand, A.D. Lundmark, K. Magerøy og J.E. Ravn. *Fagarbeiderkompetanse. Kartlegging av dagens og fremtidens kompetansebehov i fagarbeiderrollen, i industri og bygg og anlegg*. SINTEF Rapport A27716. Oslo: SINTEF Teknologi og samfunn, 2014.
34. A. Moum, C. Skaar og K. Midthun. *Sirkulær økonomi i morgendagens byggenæring*. SINTEF Rapport 102015054. Oslo: SINTEF Byggforsk, 2017
35. Ellen MacArthur Foundation, SUN and M.C.f.B.a. *Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe*. Cowes, Isle of Wight: Ellen MacArthus Foundation, 2015.
36. B. Sjøbakk og L. Skjelstad. Proposing a standard template for construction site layout: A case study of a Norwegian contractor. I: S. Umeda, mfl., red. *Advances in Production Management Systems: Innovative Production Management Towards Sustainable Growth: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2015, Tokyo, Japan, September 7–9, 2015, Proceedings, Part I*. Cham.: Springer International Publishing, 2015: 316–323.
37. A. Drira, H. Pierreval og S. Hajri-Gabouj. Facility layout problems: A survey. *Annual Reviews in Control* 31, 2 (2007): 255–267.
38. O. Bräysy og G. Hasle. Software tools and emerging technologies for vehicle routing and intermodal transportation. I: P. Toth og D. Vigo, red. *Vehicle Routing. Problems, Methods and Applications*. Second edition. Philadelphia: SIAM, 2014: 351–380.
39. M. Turkensteen og G. Hasle. Combining pickups and deliveries in vehicle routing – An assessment of carbon emission effects. *Transportation Research, Part C: Emerging Technologies*, 80 (July 2017): 117–132.
40. LOOP. *Avfallspyramiden*. [Nettsted]. Tilgjengelig på: <<http://loop.no/avfallspyramiden/>> (Lest 23.5.2017).
41. K. Sørnes, A.S. Nordby, H. Fjeldheim, S.M. Bani Hashem og M. Mysen. *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer*. SINTEF Fag 18. Oslo: SINTEF akademisk forlag, 2014.
42. NGBC. *Hvordan planlegge for mindre avfall: En veileder for å redusere avfallsgenerering i byggprosjekter*. Oslo: Norwegian Green Building Council, 2017.

43. Statistisk sentralbyrå. *Waste from building and construction, 2014*. [Nettsted]. Tilgjengelig på: <https://www.ssb.no/en/natur-og-miljo/statistikker/avbyggnal/aar/2016-05-25?fane=tabell&sort=nummer&tabell=266908> (Lest 13.2.2016).
44. Næringslivets hovedorganisasjon (NHO). Energibruk på byggeplassen (i byggefasen). I: P.-H. Granlund, H. Reine og R.R. Landet, red. *Temahefte. Næringslivets klimapanel*. NHO: Oslo, 2016.
45. C. Weber og A.H. Amundsen. *Fornybare drivstoffer – Fornybar diesel: HVO*. TØI-rapport 1475/2016. Oslo: Transportøkonomisk institutt, 2016.
46. Anleggsmaskinen. *Vil ha fossilfrie maskiner*. [Nettsted]. Publisert 14. mars 2016. Sist endret 16. mars 2016. Tilgjengelig på: <http://anleggsmaskinen.no/2016/03/vil-ha-fossilfrie-maskiner/> (Lest 09.3.2018).
47. Wacker Neuson. *1 excavator, 2 drives: 803 dual power*. [Nettsted]. Tilgjengelig på: <http://www.wackerneuson.no/en/products/excavators/tracked-conventional-tail-excavators/model/803-dualpower-1/> (Lest 09.3.2018).
48. Østfold fylkeskommune. *Fossilfrie arbeidsmaskiner*. [Nettsted]. Tilgjengelig på: <https://sites.google.com/site/arbeidsmaskiner/project-definition>. (Lest 19.3.2018).
49. J. Søderholm. Første erfaringer med hybrid. *Maskinentreprenørenes forbund*. [Nettsted]. Tilgjengelig på: http://www.mef.no/page/mef/startside/nyhet?p_document_id=111451. (Lest 09.3.2018).
50. Wacker Neuson. *Wacker Neuson is quietly building an entire line of electric loaders, excavators and more*. [Nettsted]. Tilgjengelig på: <https://www.equipmentworld.com/wacker-neuson-is-quietly-building-an-entire-line-of-electric-loaders-excavators-and-more/>. (Lest 09.3.2018).
51. C. Benjaminsen. Fuel of the future. *Gemini*. [Nettsted]. Publisert 20.6.2017. Tilgjengelig på: <https://geminiresearchnews.com/2017/06/fuel-of-the-future/>. (Lest 09.3.2018).
52. M.G. Garathun. På denne byggeplassen drives anleggsmaskinene av solceller. *Teknisk Ukeblad*. [Nettsted]. Publisert 27.6.2016. Tilgjengelig på: <https://www.tu.no/artikler/pa-denne-byggeplassen-drives-anleggsmaskinene-av-solceller/348919>. (Lest 16.6.2016)
53. Green Energy. *Power Trailer*. [Nettsted]. Tilgjengelig på: <http://abgreenenergy.no/produkter/power-trailer>.
54. S.M. Fufa, R.D. Schlanbusch, K. Sørnes, M. Inman og I. Andresen. *A Norwegian ZEB Definition Guideline*. ZEB Project report 29. Oslo: SINTEF Academic Press, 2016.
55. AEA, H., *Green Public Procurement. Combined Heat and Power Technical Background Report*. Brussel: EU-kommisjonen, 2010.
56. R.D. Schlanbusch, S.M. Fufa og I. Andresen. *ZEB pilot Heimdal high school and sports hall. Design phase report*. ZEB Project report 34. Oslo: SINTEF Academic Press, 2017.
57. U.A. Eriksen. *En grønnere byggeplass*. [online]. Tilgjengelig på: file:///P:/Projects/Emission%20free%20building%20site/Rapport-KL-2017-06-BM-final_En%20grønnere%20byggeplass_H2%20and%20electricity.pdf. (Lest 16.3.2018).
58. ZERO. *Tilgjengelige og kommende fossilfrie lastebiler*. [Nettsted]. Tilgjengelig på: <https://www.zero.no/premium%20innlegg/tilgjengelig-og-kommende-utslippsfrie-og-fossilfrie-lastebiler/>. (Lest 9.3.2018).
59. International Organization for Standardization. *ISO 14040 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*. Geneve: International Organization for Standardization, 2006.
60. International Organization for Standardization. *ISO 14044 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines*. Geneve: International Organization for Standardization, 2006.
61. R.D. Schlanbusch, S.M. Fufa, T. Häkkinen, S. Vares, H. Birgisdottir og P. Ylmén. Experiences with LCA in the Nordic building industry – Challenges, needs and solutions. *Energy Procedia*, 96 (2016): 82–93.
62. M. Paleari, M. Lavagna og A. Campioli. The assessment of the relevance of building components and life phases for the environmental profile of nearly zero-energy buildings: life cycle assessment of a multifamily building in Italy. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21, 12 (2016): 1667–1690.
63. J. Hong, G.Q. Shen, Y. Feng, W.S.-t. Lau og C. Mao. Greenhouse gas emissions during the construction phase of a building: a case study in China. *Journal of Cleaner Production*, 103 (2015): 249–259.

- 64.S.M. Fufa, M.K. Wiik og I. Andresen. Estimated and actual construction inventory data in embodied GHG emission calculations for a Norwegian zero emission building (ZEB) construction site. I: *International Conference on Sustainability in Energy and Buildings (SEB-18), 24–26 June 2018, Gold Coast, Australia.* .
- 65.International Organization for Standardization. ISO 14025 *Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures*. Geneve: International Organization for Standardization, 2010.
- 66.International Organization for Standardization. ISO 21930 *Sustainability in building construction – Environmental declaration of building products*. Geneve: International Organization for Standardization, 2007.
- 67.N. Lolli, S.M. Fufa og M. Inman. A parametric tool for the assessment of operational energy use, embodied energy and embodied material emissions in buildings. I: *8th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings (SEB), 11–13 September 2016, Turin, Italy*.
- 68.A. Moum, Å.L. Hauge og J. Thomsen. *Four Norwegian Zero Emission Pilot Buildings – Building Process and User Evaluation*. ZEB Project report. Under utgivelse.

UTSLIPPSFRIE BYGGEPLASSER

STATE OF THE ART

VEILEDER FOR INNOVATIVE ANSKAFFELSESPROSESSER

I denne rapporten identifiseres drivere/barrierer samt muligheter og utfordringer knyttet til dagens anskaffelsespraksis når ambisjonen er fossil- og utslippsfrie byggeplasser. Ulike tiltak for reduksjon av utslipp diskuteres med utgangspunkt i prosesser, optimering, energibruk og livssyklusanalyser – både tiltak som allerede er på plass og tiltak som enkelt kan implementeres. Videre gis det forslag til hvordan Oslo kommune kan stille bedre krav til fossil- og utslippsfrie byggeplasser.

Rapporten bygger på en litteraturgjennomgang, erfaringer fra casestudien “Lia barnehage” og analyser av eksisterende kunnskap om fossil- og utslippsfrie byggeplasser.

Rapporten er basert på resultater og funn fra et forprosjekt om utslippsfrie byggeplasser finansiert av Regionale Forskningsfond Hovedstaden (RFFHSTAD).