

Arne Bryne Norbotn
Kristian Søybye Grønvold
Petter Skjerve

Reduksjon av klimaavtrykk fra entreprenørselskaper

Reduction of climate footprint from contracting
companies

Bacheloroppgave i Bachelor ingeniørfag bygg

Veileder: Omar Sabri

Medveileder: Amund Bruland

Ekstern veileder: Morten Karlsen, Consto Anlegg Øst

Mai 2021

Prosjektnr: 2021-20

Oppgaven er LUKKET

Problemdefinering og resultatmål

Problemstilling:

- Hvordan er konkurransedyktigheten til miljøvennlige alternativer i anleggsbransjen og Consto i dag? Hvilke metoder og tiltak vil ligge til grunne for å redusere mest mulig utslipp til lavest mulig kostnad?

Delproblemstillinger:

- Økonomisk tap mot miljøgevinst ved miljøvennlige løsninger innen materialene betong, metall, tre og asfalt.
- Økonomisk tap mot miljøgevinst ved konvertering fra maskiner og kjøretøy til bio-alternativer og elektrisk drift.
- Forbedringspotensial på gjenbruk og gjenvinning av materialer, avfall og masser. Miljøgevinst ved bedret utførelse av dette.

Med oppgaven ønsker vi å vurdere miljøtiltak innen anleggsvirksomhet som vil være mulig å realisere.

Dermed vil tiltakene vurderes etter hvilken kostnad de medfører.

<p>Stikkord:</p> <p>CO₂-utslipp, kostnad, anleggsentreprenør, konkurranse, økonomi, bærekraft, EPD, biodiesel, gjenbruk, miljø.</p>	<p>Keywords:</p> <p>CO₂-footprint, spending, construction companies, competition, economics, sustainability, EPD, biofuel, reusage, environment.</p>
--	---

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet av tre studenter innen studieretningen anleggsteknikk på byggingeniørstudiet ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim. Oppgaven tilsvarer 20 studiepoeng og omfatter om lag 500 arbeidstimer per student. Rammene for oppgaven er utarbeidet i samarbeid med Consto Anlegg Øst.

Som fremtidige arbeidstakere innen anleggsbransjen har det vært både spennende og interessant å få et innblikk i utslippsreducerende tiltak for entreprenører. Fordi oppgaven inneholder arbeid gruppen er overbevist om vil utnyttes og videreutvikles av bransjen har det vært god motivasjon fra medlemmene gjennom hele arbeidstiden.

Prosessen har vært utfordrende, spesielt i startfasen. Økt etterspørsel, ny litteratur på aktuelle områder og generell interesse fra bransjen gjennom perioden, har bidratt til å gjøre oppgaven meningsfull og ført til økt relevans for sluttproduktet. Vi kan nå se tilbake på et semester med hardt arbeid som har gitt et resultat vi er stolte av, og som vi håper Consto og bransjen vil ha nytte av.

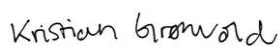
Vi ønsker å rette en stor takk til vår interne veileder Omar Sabri, og medveileder Amund Bruland for nyttige innspill, tilgjengelighet og godt humør gjennom bachelorprosessen. Videre ønsker vi å takke Consto Anlegg Øst. Morten Karlsen, Petter Kristiansen og Therese Advocaat Moltu har vært eksterne veiledere for oppgaven og bidratt til både tema og relevant utforming av oppgaven. Intervjuobjektene Lars Erik Flesvig, Oscar Lundqvist, Kjartan Huse Brubakken og Andreas Liljedal, også ansatt i Consto, har vært nøkkelpersoner for å bidra til å kontrollere det teoretiske grunnlaget med deres entreprenørfaring.

Vi vil også takke resten av bransjen for statistikk, verdier og besvarelse på spørsmål som har vært grunnleggende for beregninger utført i oppgaven. Henholdsvis Nor Betong, Betong Øst, Norsk Stål, Volvo, Pon, Nasta, og Miljødirektoratet for god oppfølging på e-post.


Trondheim, 20. mai 2021



Arne Bryne Norbotn



Kristian Sørbye Grønvold



Petter Skjerve

Sammendrag

Som følge av EU og Norges kommende krav og målsettinger for CO₂-utslipp, er denne oppgaven utviklet for å belyse områdene innen anleggsvirksomhet med det største potensialet for reduksjon, sett fra entreprenørens synsvinkel. Da barrierene for miljøfokus for entreprenøren i all hovedsak ligger i pengebruk, har oppgaven som hensikt å gi et innblikk i løsningene som gir den største reduksjonen på bekostning av minst mulig ekstra kostnad.

Oppgaven tar for seg materialutnyttelse og massehåndtering som hovedtemaer. Et karbonregnskapsverktøy er utviklet for å enkelt kunne beregne utslipp mot kostnader. Verktøyet har som hensikt å fungere behjelpelig i anbudsfasen. Ved å bytte til miljøvennlige løsninger vil verktøyet anslå en estimert utslipps- og beløpsdifferanse. På denne måten kommer det tydelig fram hvor mye som spares ved en utskiftning av tidligere metoder, og dermed vil det også bli attraktivt å velge nye løsninger.

Karbonregnskapsverktøyet vil også kunne brukes til månedlige rapporteringer av selskapets CO₂-utslipp.

For å supplere verktøyet er det på bakgrunn av litteratur- og informasjonsinnhenting fra bransjen, vurdert både utfordringer og tiltak innen valg av miljøvennlige metoder for entreprenøren. Innen betong dreier metodene seg om å velge betongtyper med lavere karbon- og energiavtrykk. Henholdsvis lavkarbonbetong, samt løsninger som «Bubbledeck» er tilgjengelige alternativer som reduserer utslipp. For metaller, som oftest armeringsjern og stål, er utslippsvariasjonene på markedet stor. Derfor vil gevinsten ligge i produsent- og leverandørvalg. I tillegg bør det etterstrebtes å minimere unødig bruk av metaller og unngå overdimensjonering av betongkonstruksjoner. Trevirke bør i større grad utnyttes for midlertidige konstruksjoner der metall strengt tatt ikke er nødvendig. Utover dette har trevirke i mange tilfeller modnet som konkurransedyktig alternativ i større konstruksjoner sammenlignet med metall og betong på pris, i tillegg til å alltid ha hatt gunstige miljøverdier.

Innen masse- og avfallshåndtering kreves en omstilling av bransjens verdivurdering av masser.

Potensialet for utslippsreducerende tiltak ligger i gjenbruk og nyttiggjøring, samt en reduksjon av transportdistanser. For å gjennomføre dette, er det nødvendig med en større grad av planlegging og kommunikasjon enn det som finnes i dag. Tiltak for å legge til rette for dette innebærer bedre tilrettelegging for mellomlagringssteder, samt systemer innen massebalanse for økt oversikt over behov.

For lasting og transport vil de respektive tiltakene være en effektivisering av maskinbruk, en større grad av avansert biodrivstoff og videre utvikling av elektriske maskiner. Det finnes per 2021 et utvalg små elektriske anleggsmaskiner på markedet. Utfordringer innen ladeinfrastruktur, driftstid og fortsatt store kostnader er faktorer som gjør at elektriske maskiner er vanskelig å realisere.

Avslutningsvis har oppgaven resultert i å finne realistiske utslippsreduksjoner i prosjekter utført av Consto Anlegg Øst. Lavkarbonløsninger innen betong utgjorde den billigste besparelsen av nevneverdig størrelse på 817 kr/tonn CO₂-ekv. Avanserte biodrivstoffsløsninger utgjorde henholdsvis den dyreste besparelsen med et gjennomsnitt på 1600 kr/tonn CO₂-ekv. I tillegg ble det for asfalt funnet besparelser for 1086 kr/tonn CO₂, samt for metall 338 kr/tonn CO₂. Selv om kost/nytte forholdet til besparelsen for metall ser best ut, er det litt misvisende da den totale mengden som spares er liten og prosentvis reduksjon i utslipp kun er rundt 9%.

Abstract

This Bachelor-thesis is a result of the European Union and Norway's coming demands to reduce CO₂-emissions. The purpose is to enlighten areas of construction activities with potential climate footprint-reduction for contracting companies. Seeing as money is the biggest barrier for contractors to consider reducing their footprint, this task's main purpose is to elaborate the solutions which will give the greatest reduction while spending a minimum.

The task addresses material utilization and mass handling as main themes. A carbon-counter tool is prepared in context to the thesis. The carbon-counter will be helpful in tender processes but will also be usable to account for the company's CO₂-emissions on monthly basis. When switching to products and solutions with less environmental impact, the tool will estimate an emission- and cost difference. In this way, the number of emissions reduced will have a price tag included.

To supply the carbon-counter, it is on behalf of literature- and information available from the industry, carefully considered challenges and solutions within footprint-reductional methods for the contractor.

For concrete, it's essential to choose concrete who gives a lower carbon and energy footprint.

Respectively low-carbon concrete, but also "Bubbledeck" is available alternatives that reduces the footprint. For metals, most often rebars and steel, the variation of emissions is quite large. As a result of this the gain will mainly be resulted when considering different producers and suppliers. Additionally, the contractor should seek to minimize unnecessary usage of metals. The contractor should also avoid oversizing concrete structures. Wood materials should be used for temporary constructions where metal is unnecessary. Beyond this is wood a material which has matured in its competitiveness as materials in greater constructions, considering steel and concrete's price tag. In addition to this, is wood always a good alternative when considering its climate values.

Utilization of excess mass demands a restructuring of the industry's valuation of masses. The potential for reducing the footprint lies within reuse and recycling, as well as reducing transportation distances. To achieve this, it is necessary with early planning and increased communication. Methods to ensure this revolves around facilitation of in-between storages that optimize reuse of the mass. Another method is systems that registers mass-balance for an area. In this way different contractors can coordinate their excess mass with others that need mass. For loading and transportation will the methods consist of effective usage of machines, as well as using advanced biofuel. Per 2021, electric machines and trucks is not developed to the stage where they really can compete with biofuel, considering price. Challenges that revolve around charging, operating times, and enormous prices for rental makes electric machines hard to implement.

This Bachelor-thesis has resulted in exploring realistic reduction for projects performed by Consto Anlegg Øst. Low-carbon solutions for concrete resulted in the cheapest method of notable size, and amounted to 817 NOK/ton CO₂-eq. Advanced biofuel for machines and trucks resulted in the most expensive method, and amounted to 1600 NOK/ton CO₂-eq. For asphalt, the cost amounted to 1086 NOK/ton CO₂-eq, and for metals 338 NOK/ton CO₂-eq. Even though the reduction-price is low for metals, it is to be considered a tad misleading. This is due to the fact that the reduction of CO₂-eq, only is roughly 9%.

Terminologi

Bransjen – Fellesbetegnelse for entreprenører, myndigheter, forskningsmiljøer, produsenter, leverandører og byggherrer innenfor anleggsdrift.

Deponi – Et permanent avfallssted for overskuddsmasser. Også under definisjonen varig deponi.

Nyttiggjøring – Defineres i oppgaven som metoder for å beholde masser som ressurser i et sirkulært kretsløp.

EPD - Environmental Product Declaration (Miljødeklarasjon)

EN – Europeisk Standard

GWP – Global warming potential (Globalt oppvarmingspotensial)

Klima – I denne oppgaven ansees klima og klimagevinst i relasjon med antall kg CO₂-ekv.

LCA – Life Cycle Assessment (livsløpsanalyse)

MF-betong – Frostbestandig betong

NS – Norsk Standard

Næringsavfall – Overskytende jord og steinmasser i forbindelse med anleggsprosjekter.

Utslippsfri og fossilfri – Utslippsfrie regnes som alle typer som ikke fører til noen form for utslipp i form av CO₂-ekvivalenter. Fossilfrie har lokale utslipp, men benytter ikke fossile brennstoff.

Figurer

Figur 1 – Oversikt over faseinndelingene i en EPD, blå felt markerer faser som er regnet på i hvert enkelt tilfelle	10
Figur 2 – Inndeling av lavkarbonklasser delt opp etter klimagassutslipp per m ³ betong (4)	12
Figur 3 – Effekt av endringer i betongsammensetning (4)	13
Figur 4 – Oversikt over tilgang på lavkarbonbetong. Sone 1 har lettere forhold for produksjon av lavkarbonbetong enn sone 2. (4)	16
Figur 5 – Største andel av tilslag 0/4 mm som kan erstattes av resirkulert tilslag (6)	22
Figur 6 – Største andel av tilslag 4/32 mm som kan erstattes av resirkulert tilslag (6)	22
Figur 7 – Klassifisering av resirkulert tilslag for forsterkningslag (27).....	24
Figur 8 – Klassifisering av resirkulert tilslag for betongproduksjon (6).....	24
Figur 9 – Utslipp fra aluminiumsproduksjon i kg CO ₂ /kg Al (34)	27
Figur 10 – Oversikt over salgsvolum av Hydro Circal og Reduxa (33)	28
Figur 11 – Produksjonsutslipp for aluminium på verdensbasis (33).....	28
Figur 12 – Bruk av restprodukter fra stålproduksjon (38)	29
Figur 13 – Biogent karboninnhold i EPD (45).....	31
Figur 14 – Biogent karboninnhold i EPD (46).....	31
Figur 15 – Biogent karboninnhold i EPD (47).....	31
Figur 16 – Klimagassutslipp for ulike kledningstyper (51)	33
Figur 17 – Produsert asfalt i Norge, tall fra EBA (60).....	35
Figur 18 – Ressurspyramide for massehåndtering (66)	38
Figur 19 – Tilstandsklasser for forurenset grunn. Konsentrasjoner i mg/kg TS. (111)	40
Figur 20 – Euroklassers nedgang av lokale utslipp. (74).....	43
Figur 21 – Salg av biodrivstoff i Norge (78)	45
Figur 22 – Oversikt over strømkjøp og kraftproduksjon i Norge 2019 (87).....	48
Figur 23 - Breisjøen i Oslo Kommune.....	56
Figur 24 – Vannspeilet senket til LRV	56
Figur 25 – Betongstøp.....	57
Figur 26 – Forskaling og jern.....	59
Figur 27 – Natur og masser på Breisjøen.....	60
Figur 28 - Ekstra kostnad per tonn spart CO ₂ Breisjøen	61
Figur 29 – Dronebilde av ferdig støpt damkonstruksjon	64

Figur 30 – Alnabru el-bussterminal	66
Figur 31 – Betongstøp.....	67
Figur 32 – Ferdig lagt Agb asfalt.....	70
Figur 33 – Eksterne pukk- og grusmasser.....	72
Figur 34 – Ekstra kost per spart CO ₂	74
Figur 35 – Nettstasjon.....	75
Figur 36 – Kost/nytte forhold for reduksjon av CO ₂	78

Tabeller

Tabell 1 - Forbruk veigående kjøretøy, fra beregningsmodell.....	54
Tabell 2 - Forbruk anleggsmaskiner, fra beregningsmodell	55
Tabell 3 - Betong i beregningsmodell.....	57
Tabell 4 - Metall beregning Breisjøen	59
Tabell 5 - Literforbruk maskiner på anleggsplass Breisjøen	61
Tabell 6 - Literforbruk betongbil Breisjøen.....	61
Tabell 7 - Oppsummeringstabell utslipp fra transport Breisjøen	61
Tabell 8 - Total-tabell transport Breisjøen.....	61
Tabell 9 - Total-tabell transport Breisjøen u/biodrivstoff	61
Tabell 10 - Tomgangsbesparelse Breisjøen	64
Tabell 11 - Betongoversikt Alnabru.....	67
Tabell 12 - Innfylte verdier betong Alnabru	68
Tabell 13 - Betong i beregningsmodell Alnabru.....	68
Tabell 14 - Lavkarbonbetong i beregningsmodell Alnabru	68
Tabell 15 - Innfylte verdier lavkarbonbetong Alnabru	68
Tabell 16 - Differansetabell betong-lavkarbonbetong Alnabru	69
Tabell 17 - Metall beregning Alnabru.....	69
Tabell 18 - CO2 besparelse asfalt Alnabru	70
Tabell 19 - Masser med telefarlighetsklasse Alnabru	71
Tabell 20 - Deponioversikt Alnabru	71
Tabell 21 - Innkjøring av masser Alnabru	72
Tabell 22 – Oppsummering utkjøring.....	72
Tabell 23 - Total utkjøring.....	73
Tabell 24 - Oppsummering innkjøring.....	73
Tabell 25 - Total innkjøring	73
Tabell 26 - Transport av masser til deponi Alnabru	74
Tabell 27 - Oppsummeringstabell utslipp fra transport Alnabru	74
Tabell 29 - Total-tabell transport Alnabru	74
Tabell 28 - Total-tabell transport Alnabru u/biodrivstoff	74

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iv
Terminologi	vi
Figurer	vii
Tabeller	ix
Kapittel 1.....	1
1. Innledning	1
1.1. Bakgrunn for studien.....	1
1.2. Hensikt og problemstilling.....	2
1.3. Avgrensninger.....	3
1.3.1. Avgrensninger i oppgaven	3
1.3.2. Avgrensninger i regnemodell.....	3
1.4. Om rapporten	4
Kapittel 2.....	6
2. Forskningsmetodikk	6
2.1. Litteraturstudie.....	6
2.2. Prosjekt- og dokumentstudie.....	6
2.3. Samtaler med produsenter og leverandører.....	7
2.4. Intervjuer.....	7
2.5. Digital beregningsmodell for CO ₂ -utslipp og kostnad.....	7
Kapittel 3.....	9
3. Teoretisk grunnlag	9
3.1. Materialteori.....	9

3.1.1.	Grunnlag for økonomisammenligning	9
3.1.2.	Grunnlag for utslippssammenligning	10
3.2.	Normal- og lavkarbonbetong	11
3.2.1.	Generelt	11
3.2.2.	Lavkarbonbetong	12
3.2.3.	Sprøytebetong	17
3.2.4.	Bubbledeck	17
3.2.5.	Hybridbetong	18
3.2.6.	Restbetong og slam	19
3.2.7.	Transport og pumping	20
3.3.	Gjenbruksbetong	20
3.3.1.	Bunden bruk	21
3.3.2.	Ubunden bruk	22
3.4.	Metaller	26
3.4.1.	Aluminium	26
3.4.2.	Stål	29
3.5.	Trevirke	30
3.5.1.	Bioegent og ikke-bioegent regnskap	30
3.5.2.	Større trekonstruksjoner	31
3.5.3.	Treforskaling	32
3.5.4.	Beskyttelse, vedlikehold og levetid	32
3.6.	Asfalt	34
3.6.1.	Lavtemperaturasfalt - LTA	34
3.6.2.	Returasfalt	35
3.6.3.	ECO-Asfalt	36
3.6.4.	Asfalt i Consto	36

3.7.	Massehåndtering	37
3.7.1.	Masser	37
3.7.2.	Dagens praksis	40
3.8.	Anleggsmaskiner og lastebiler	42
3.8.1.	Euro- og stegklasser	43
3.8.2.	Tomgang og maskineffektivitet	44
3.8.3.	Biodrivstoff	44
3.8.4.	Elektriske maskiner	46
	Kapittel 4	49
4.	Verdigrunnlag for økonomi- og utslippsberegning i regnemodell	49
4.1.	Materialer	49
4.2.	Massehåndtering	50
4.3.	Anleggsmaskiner	51
	Kapittel 5	56
5.	Potensialanalyse av prosjekter	56
5.1.	Prosjekt Breisjøen	56
5.1.1.	Kort prosjektbeskrivelse	56
5.1.2.	Betong	57
5.1.3.	Metall	59
5.1.4.	Massehåndtering	60
5.1.5.	Anleggsmaskiner og lastebiler	60
5.1.6.	Vurdering	64
5.2.	Prosjekt Alnabru el-bussterminal	66
5.2.1.	Kort prosjektbeskrivelse	66
5.2.2.	Betong	67
5.2.3.	Metall	69

5.2.4.	Trevirke.....	69
5.2.5.	Asfalt.....	70
5.2.6.	Massehåndtering	71
5.2.7.	Anleggsmaskiner og lastebiler	73
5.2.8.	Vurdering	75
Kapittel 6.....		77
6.	Drøfting av mulige tiltak	77
6.1.	Kontrakt	80
6.2.	Materialer	80
6.3.	Masse – og avfallshåndtering.....	84
6.4.	Anleggsmaskiner og lastebiler.....	85
6.5.	CEEQUAL	87
Kapittel 7.....		89
7.	Innovasjon og utvikling	89
Kapittel 8.....		91
8.	Oppsummering.....	91
8.1.	Konklusjon.....	94
8.2.	Forventet utvikling.....	94
8.3.	Videre arbeid.....	95
Vedlegg.....		96
Referanser.....		97

Kapittel 1

1. Innledning

Oppgaven er utarbeidet på grunnlag av stadig strengere og mer kravspesifikke prosjekter knyttet opp mot miljøaspekter som håndtering av materialer, utførelse og utslipp i anleggsbransjen. På bakgrunn av ønsker fra oppdragsgiver, EUs grønne omstilling, og nysgjerrighet fra gruppemedlemmene ble det valgt å utarbeide en bacheloroppgave med tilhørende verktøy for entreprenørselskaper innen anleggsnæringen. Verktøyets hovedhensikt er å gjøre det enklere for entreprenørselskaper å gjøre rede for deres utslipp i form av CO₂-ekvivalenter. I tillegg skal det være mulig å anslå et realistisk utslipp ved å sammenligne forskjellige materialtyper, kjøretøy, og miljøvennlige løsninger.

1.1. Bakgrunn for studien

Bygg – og anleggsindustrien står for en betydelig andel utslipp både på landsbasis og globalt. Som fremtidens arbeidstakere innen denne bransjen, er det svært nødvendig å opparbeide kompetanse rundt miljøvennlige alternativer. I Norge er det stadig økende bevissthet og utvikling rundt miljøvennlige løsninger for anleggsdrift. For at bransjen skal kunne ha en bærekraftig fremtid er det viktig å legge til rette for miljøtiltak så fort som mulig.

Taksonomisystemet er en forordning fra EU som trådte i kraft 12. juli 2020. Taksonomien skal bidra til å endre hvordan bærekraft defineres for ulike aktiviteter en bedrift utfører (1). Formålet med taksonomisystemets er å styre kapital mot bærekraftige investeringer. For å oppnå dette vil bedrifter blant annet innen bygg – og anlegg klassifiseres med bærekraftsvurderinger av deres økonomiske aktiviteter (2). Bedriftene vil dermed bli pålagt å informere omverdenen om hvor «grønne» aktivitetene deres er, målt etter kriteriene fra EU. For at en bedrifts aktivitet skal kunne regnes som bærekraftig må den bidra vesentlig til et av seks miljømål, uten å ødelegge for noen av de andre målene.

1. Begrensning av klimaendringer
2. Klimatilpasning
3. Bærekraftig bruk og beskyttelse av vann- og havressurser
4. Omstilling til en sirkulærøkonomi

5. Forebygging og bekjempelse av forurensing
6. Beskyttelse og gjenopprettelse av biologisk mangfold og økosystemer

Taksonomilovgivning er per dags dato ikke tatt inn i Norges EØS-avtale, men forventes å være EØS-relevant. Videre er det fortsatt usikkert nøyaktig hvilke sektorspesifikke kriterier som vil iverksettes innen anleggssektoren. For EU vil de reviderte kriterier for de to første målene tre i kraft fra 2022. Resten av målene vil tre i kraft fra 2023. (2)

På grunnlag av dette, sett i sammenheng med nyhetsbildet og den økte etterspørselen for fossilfrie og utslippsfrie løsninger ble det bestemt at gruppen i samarbeid med Consto skulle utarbeide en bacheloroppgave som tar for seg dette temaet. Oppgaven skulle belyse både muligheter og utfordringer innenfor større grad av miljøvennlige løsninger. For å forenkle dette for Consto i praksis, ble det bestemt at delmål av oppgaven skulle være å utvikle en karbonregnskapsmodell som kan brukes på deres prosjekter. Dette for å forsikre en oversiktlig utslippskontroll rettet opp mot byggherre, samt intern kontroll og utvikling.

1.2.Hensikt og problemstilling

Hensikten er å forberede Consto på miljøutviklingen knyttet opp mot bærekraftsmålene til EU, som vil komme til å gjøre seg gjeldende også i Norge i nær fremtid. Målet med prosjektarbeidet er å kartlegge og systematisere en tilnærming for kontrollering av konsernets miljøutslipp. Bidra til selskapets utviklingsmuligheter innenfor miljø, både på kort og lang sikt. Hovedproblemstillingen for oppgaven er:

- Hvordan er konkurransedyktigheten til miljøvennlige alternativer i anleggsbransjen og Consto i dag? Hvilke metoder og tiltak vil ligge til grunne for å redusere mest mulig utslipp til lavest mulig kostnad?

Oppgaven vil dermed være vinklet fra Consto Anlegg Østs perspektiv og vil ha som hensikt å gjøre rede for bedriftens utfordringer knyttet til utslippsreducerende tiltak. Videre utdypes det i hvilke muligheter entreprenøren i praksis kan velge for å oppnå reduserte CO₂-verdier, og hvilken kostnad dette vil innebære.

I utgangspunktet vil det gjøres rede for temaene innen anleggsdrift som er vurdert til å utgjøre det størst omfanget når det kommer til andel utslipp. Etter grundig vurdering er følgende delmål lagt til grunne for oppgaven:

- Økonomisk tap mot miljøgevinst ved miljøvennlige løsninger innen materialene betong, metall, tre og asfalt.
- Økonomisk tap mot miljøgevinst ved konvertering fra maskiner og kjøretøy til bio-alternativer og elektrisk drift.
- Forbedringspotensial på gjenbruk og gjenvinning av materialer, avfall og masser. Miljøgevinst ved bedret utførelse av dette.

1.3. Avgrensninger

1.3.1. Avgrensninger i oppgaven

Materialteorien i oppgaven er avgrenset til å gjelde asfalt, betong, metall og trevirke med vekt på metoder og tiltak for bruk som kan gi klimagassutslipp i bygge- og anleggsbransjen. Det ligger et fokus i norsk produksjon i grunn og hva som gjøres i produksjonen for å kutte klimagassutslipp. Utover dette er det også belyst mulighetsrom for kutt ute på prosjekt for entreprenør og hva det krever.

Massehåndteringen omtalt i oppgaven er avgrenset til å gjøre rede for utslipp fra lasting og transport, samt se på utfordringer og muligheter innen sirkulær økonomi for massebehandling- og håndtering. Oppgaven etterstreber å ta for seg forbedringspotensial for Consto, og vil med dette være avgrenset til å på best mulig måte se vekk fra områder der Consto vil ha liten påvirkningsgrad.

1.3.2. Avgrensninger i regnemodell

I forbindelse med utarbeidelsen av vår beregningsmodell ble det foretatt flere valg når det gjelder avgrensning. Det ble tatt en avgjørelse å avgrense det slik at materialvalg, lasting og transport er med i beregningsmodellen. For materialer gjelder det da betong, metall og trevirke. I materialdelen er ikke asfalt prioritert med i modellen, men vil omtales senere i oppgaven. Lasting og transport ser på en utvalgt maskinliste som skal dekke de fleste anleggsmaskinene i bruk på anleggsplass.

For lasting, transport og massehåndtering er det i karbonregnskapet ikke tatt hensyn til:

- Utslipp fra masser som torv og myr etter levering på deponi, samt deponikostnader.
- Utslipp og kostnader i forbindelse med eventuell råvareproduksjon av nye masser
- Utslipp og kostnader for produksjon og eventuell slitasje av maskiner og lastebiler

For materialer er det i karbonregnskapet ikke tatt hensyn til:

- Utslipp over et helt livsløp, kun produksjons- og konstruksjonsfase medregnes
 - Gjelder ikke trevirke da det er beregnet ikke-biogent
- Fasthetsklasser for betong over B65 på grunn av lite datagrunnlag og bruk
- Estimerer for utslipp i A5, oppføringsfase
- Estimerer for utslipp med produktspesifikke EPDer for metall og trevirke grunnet stor mengde og variasjon mellom produkter og leverandører. Her er det istedenfor benyttet EPDer basert på et gjennomsnitt for ulike produktgrupper.
- Estimerte kostnader for metall og trevirke av samme grunn som nevnt over

For utfyllende informasjon som gjelder avgrensninger og grunnlag for utslippsverdier for materialer benyttet i modellen, se kapittel 3.1.2 og 4.

Regnskapet kunne også vært delt inn i utslipp per bygningsdel, som er vanlig ved fullstendige miljøregnskap. Det er derimot en del mer omfattende og tidkrevende for å kunne oppnå et tilfredsstillende og brukbart verktøy. Så for å kunne dekke Consto sitt større forbruk på en oversiktlig og ryddig måte ble materialfokus vurdert som den beste veien å gå.

1.4. Om rapporten

Fra den tidlige etableringen av oppgavetemaet, har det på veien mot sluttproduktet skjedd naturlige endringer og beslutninger for å sikre oppgavens relevans knyttet til oppdragsgiver og dagens situasjon. Det endelige fokusområdet er et resultat av vurderinger gjort av gruppen sammen med oppdragsgiver. Vurderingene er gjort på grunnlag av erfaringer opparbeidet av ansatte i Consto Anlegg Øst, sett i forhold til det teoretiske grunnlaget gjort rede for i kapittel 3.

Da beregningsmodellen setter lys på utslipp og pris, ble det bestemt internt i gruppen, og i samarbeid med Consto Anlegg Øst, at det var lurt å sette søkelys på områder hvor det kunne være mest å hente i form av redusert utslipp. Gruppen satte opp en punktliste med de mest aktuelle utslippskildene, og ble videre enige med Consto om hvilke punkter som hadde størst reduksjonspotensiale innenfor utslipp.

Oppgaven har i tillegg vært et resultat av bransjens økte interesse innenfor temaet. Gjennom vinteren og våren har det vært stadig økt tilgjengelighet på relevant litteratur fra bransjen. Fokuset har dermed endret seg noe parallelt med bransjens utvikling gjennom prosjektiden. Likevel har hele hovedessensen i oppgaven vært å kunne belyse forbedringspotensialet innenfor utslipp, og hovedpunktene har alltid vært områder som er enklest for Consto å påvirke.

Problemstillingene beskrevet under 1.2, sammen med avgrensningene satt under 1.3 er foretatt for å kunne fremlegge det beste og mest nøyaktige resultatet på den tilgjengelige oppgavetiden. Vurdering av de ulike temaenes manglende tilgjengelighet i karbonregnskapet bunner ut i mangel på målbart CO₂-utslipp, eller mangel på relevans for Constos ansvarsområder. Likevel er temaene gjort rede for i kapittel 3 for å sørge for en helhetlig opplevelse av Consto og bransjens situasjon i dag.

Kapittel 2

2. Forskningsmetodikk

Under dette punktet greies det ut om metodevalg for innhenting av teori til sluttrapport, og metodevalg for innhenting av riktige verdier og informasjon til produktet. For teoridelen er det benyttet litteratursøk på nett, prosjektsøk i oppdragsgivers database, samtaler med leverandører av ulike tjenester og produkter, og intervjuer med oppdragsgiver Consto.

Til å begynne med var fokuset å finne informasjon, og å sette seg inn i det generelle miljøperspektivet i anleggsbransjen i dag. Videre måtte gruppen opparbeide seg kunnskap om oppdragsgivers prosjekter for å finne ut hva som skulle vektlegges i sluttrapporten og i produktet. Underveis var behovet til stede for å etterspørre informasjon fra produsenter og leverandører i bransjen. I tillegg var det nødvendig å innhente et overblikk over oppdragsgivers valg av løsninger og metoder i prosjektsammenheng. Dette for å danne grunnlaget til produktet i et forbedringsperspektiv.

2.1. Litteraturstudie

Generelt finnes det lite eksisterende faglitteratur som omhandler praktiske miljøtiltak innenfor anleggsprosjekter. Gruppen valgte derfor at innsamlingen i stor grad skulle foregå gjennom å bruke troverdige rapporter og fagartikler fra næringslivet som lå tilgjengelige på nett. Informasjonen tilgjengelig ble vurdert særskilt og videre kildehenvisning fra rapporter ble sjekket nøye. Dette for å kvalitetssikre det teoretiske grunnlaget for oppgaven.

2.2. Prosjekt- og dokumentstudie

Consto Anlegg Øst har stilt med tilgjengelig informasjon fra deres tidligere prosjekter. Gruppen har brukt tid på å sette seg inn i de ulike prosjektene for å få et overblikk rundt bedriftens metoder i utslippssammenheng. Resultatene har vært varierende der noen prosjekter har stilt med god dokumentering, mens det har vært manglende andre steder. Av tilgjengelig dokumentasjon var det mulig å se at miljø ikke nødvendigvis var vektet mest i flere prosjekt, noe som også stilte til gruppens forventning. Likevel fikk vi en klar pekepinn på hva produktet måtte inneholde for å være av best mulig

kvalitet for Consto. Gjennom mangelen på dokumentering, så gruppen det som nødvendig å innhente tydeligere informasjon gjennom intervjuer i bedriften, samt gjennom samtaler med bedriftens leverandører.

2.3.Samtaler med produsenter og leverandører

For å kunne etablere et verktøy som kan estimere og sammenligne utslipp ved forskjellige metoder, ble det nødvendig å inneha grunnleggende verdier for diverse utslippsfaktorer. Da det i dag sjeldent dokumenteres statistikk rundt utslipp i oppdragsgivers prosjekter, har det vært nødvendig å ta kontakt med deres leverandører og produsenter. Samtalene fungerte som regel over e-post eller telefon. Verdier og faktorer som er hentet inn fra bransjen, er vurdert og gjort rede for i kapittel 4.

2.4.Intervjuer

For å finne grunnleggende informasjon rundt praksisen i Consto og entreprenørselskaper innen anleggsvirksomhet, ble det utført grundige intervjuer med aktuelle personer i konsernet. Intervjumetoden ble i hovedsak utnyttet for å innhente tilleggsinformasjon rundt oppdragsgivers prosjekter. Etter å ha satt seg inn i generell bransjevirkosomhet for de aktuelle temaene, ble intervjuer satt opp med oppdragsgivers ansatte med faglig bakgrunn innenfor disse. Slik ble det enkelt å kontrollere den innhentede informasjonen mot Constos oppfattelse rundt utfordringer og barrierer innenfor temaene inkludert i denne oppgaven.

I tillegg ble det utført intervjuer med Unicon og Skanska teknikk for å finne ytterligere informasjon innen miljøvennlige løsninger for betong. Pon-cat stilte også til intervju for å diskutere rundt realistisk drivstofforbruk for maskiner ved massehåndtering.

2.5.Digital beregningsmodell for CO₂-utslipp og kostnad

Beregningsmodellen er utviklet i MS Excel, og for å ha best mulig utgangspunkt i utarbeidelsen ble det gjennomført excel-kurs for hele gruppen. Dette ble gjort i forkant av alt arbeid i beregningsmodellen med ønske om å bedre hele gruppens grunnlag for videre arbeid.

Etter samtale med Consto ble det dannet et bilde på hvordan beregningsmodellen skulle utformes, både våre egne tanker, men også hva som kunne være mest gunstig for Consto. Arbeidet startet da med å ordne et utkast på hvordan vi så for oss oppsettet i excel. Hele gruppen var hele tiden informert om hva som var

gjort på excel, og fikk gjennom skjermdeling kommet med innspill og forslag til veien videre. Slik holdt excel-arket seg hele tiden innenfor det gruppen som helhet hadde tenkt ut.

Det ble utformet et underlagsark inneholdende alle verdier for material- og transportberegning. Alle formler ble satt opp på en måte som hentet verdier fra underlagsarket. Da vil eventuelle endringer i verdier i underlagsarket, automatisk være oppdatert i beregningene og formlene forblir riktige.

Beregningsmodellen er bestående av syv ark: Introduksjon til regneark, betong-beregning, betong-dokumentering, transport, metall, trevirke og underlagsark. En detaljert produktforklaring finnes igjen i vedlegg D. Det er for øvrig også laget en brukerveiledning på alle arkene i beregningsmodellen for å sikre en korrekt bruk.

Kapittel 3

3. Teoretisk grunnlag

3.1. Materialteori

Oppgaven vil ta for seg materialteori som ansees som en vesentlig del av Consto sitt fagområde, hvor henholdsvis asfalt, betong, metall og trevirke vil være fokusområde. Videre vil nevnte punkter avgrenses til et miljø- og kostnadsaspekt i tråd med rapportens problemstilling. Interesseområdet vil ligge i dagens situasjon vedrørende miljøutslipp i dagens bygg- og anleggsbransje, utviklingsmuligheter og bevisstgjøring av valg og utførelse.

Like viktig som selve materialvalget er materialbruken som kommer frem gjennom løsninger og utforming av konstruksjoner. Det er mulig å kutte store utslipp ved å bygge mer effektivt, slankere og smartere. Å legge opp til gode løsninger for ikke bare produksjon, men også drift av et bygg eller anlegg er også essensielt for å lykkes med en god klimautvikling på sikt.

Ved sammenligning og vurdering av ulike materialer opp mot hverandre er prosjektspesifikke forhold som lokasjon, miljø og tilgjengelighet på ulike produkter og materialer avgjørende for suksess eller ei. Løsninger må tilpasses hvert enkelt prosjekt fremfor å tilpasse prosjektet til en forhåndsbestemt løsning, for å få tilfredsstillende resultater.

3.1.1. Grunnlag for økonomisammenligning

Grunnlaget vi har for økonomisammenlikning i oppgaven for både materialer og transport er svært preget av å være estimater. Underentreprenører som leverer de ulike materialene har gjerne en veiledende prisliste, men beregner pris basert på prosjektomfanget. Større bedrifter og prosjekter får gjerne gunstigere priser, mens mindre prosjekter havner nærmere kjent pris fra prisliste.

For å få et godt nok grunnlag for beregninger i oppgaven er det hentet inn informasjon fra flere leverandører. Leverandørene har kunnet komme med prisestimat for ulike materialtyper og transportpriser. En sammenligning og midling av disse verdiene vil da kunne gi et godt nok estimat for beregninger.

Leverandørene vi har vært i kontakt med er Betong Øst, Unicon AS, NorBetong, Skedsmo-Betong, Norsk Stål, Hydro, Celsa, Ikon Norge og Moelven. Disse har vært i kontakt med Consto Anlegg Øst i tidligere prosjekter, eller opererer i samme område som Constos prosjekter, som gjør dem hensiktsmessige å kontakte.

Verdiene innhentet fra de ulike leverandørene avviker ikke mye fra hverandre, som gjør det ganske presist å bruke en middelvei for estimat. For helt nøyaktige svar på økonomisammenligning er det laget rom for innfylling av pris i beregningsmodellen som utarbeides av gruppen.

3.1.2. Grunnlag for utslippssammenligning

Grunnlaget for miljøssammenligning for byggematerialer og transport belyst i oppgaven tar utgangspunkt i Life Cycle Assessments (LCA), livsløpsvurdering på norsk. LCA tar et produkt eller produktsystem, og vurderer dets påvirkning på miljø og ressursforbruk over et helt livsløp. En slik vurdering innebærer altså hele klimaavtrykket til et produkt, fra utvinning av råmaterialer til avhending eller gjenbruk.

Utformingen av en LCA tar utgangspunkt i et fast regelverk gjennom NS-ISO14040-14044. Videre i oppgaven vil det med utgangspunkt i LCA benyttes EPDer (Environmental Product Declaration) for sammenligning av utslipp i CO₂-ekvivalenter blant ulike byggematerialer og produkter. (3)

En EPD tar utgangspunkt i dataene fra en LCA, men fremstiller de innenfor tydelige rammer og regler, på en kort og entydig måte. Dette er videre viktig for å ha et sammenligningsgrunnlag mellom produkter og tjenester i samme gruppe basert på likt utgangspunkt. På grunn av disse reglene i bunn trengs det i tillegg en PCR (produktspesifikke regler) for hver produktgruppe som skal sikre troverdighet og mulighet for lik sammenligning. Dette utdypes ikke i større grad videre i rapporten. (3)

Product stage				Construction installation stage	User stage								End of life stage				Beyond the system boundaries
Råmaterialer	Transport	Tilvirkning	Transport	Konstruksjons/ installasjonsfase	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskiftinger	Renovering	Operasjonell energibruk	Operasjonell vannbruk	Demontering	Transport	Avfallsbehandling	Avfall til sluttbehandling	Gjenbruk/gjenvinning/resirkulering-potensiale	
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	
X	X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	

Figur 1 – Oversikt over faseinndelingen i en EPD, blå felt markerer faser som er regnet på i hvert enkelt tilfelle

Selve oppsettet er delt opp i fem hovedkategorier med 17 underkategorier. De fem hovedkategoriene tar for seg; Produktfasen, konstruksjonsfasen, bruksfasen, endt livsløp og gjenvinning. Alle 17 underkategorier, eventuelt kun de kategorier som er vurdert for gjeldene EPD listes så opp med de ulike

stadienes klimaavtrykk, både positivt og negativt. EPDen tar hensyn til syv ulike miljøpåvirkninger, men den mest brukte tilnærmingen i bygg- og anleggsbransjen er å vurdere GWP (Global warming potential). GWP har enhet kg CO₂-ekv og er tilnærmingen som vil brukes videre i oppgaven. (3)

3.2. Normal- og lavkarbonbetong

3.2.1. Generelt

Betong er et av verdens mest anvendte byggematerialer, men har over en lang periode slitt som verstingen i klassen når det kommer til klimautslipp. Sementen i betong står for omtrent 90% av dette utslippet og 5-8% globalt sett, men det jobbes aktivt med å redusere dette tallet på flere fronter. (4) (3) (5) Betong vil fortsette å være en stor del av fremtidens byggebransje, og er derfor avhengig av en bærekraftig utvikling for å kunne passe inn i morgendagens klimaplan.

Det er store utslippsvariasjoner i sementproduksjonen, hvor de store forskjellene bunner ut i klinkerandel i sementen, tap av både mekanisk og termisk energi, samt energikilder tilgjengelig. De siste 10-20 årene har spesielt land i Nord-Europa stått i spissen for å minimere de negative bidragene ved energibruk og utslipp i den grad det er mulig i sementproduksjonen. Tiltak som går igjen er at ovnene er utviklet for varmegjenvinning, samt større bruk av brennstoff basert på avfall. Videre er renere energikilder som blant annet vannkraft i Norge avgjørende for å kunne kutte ytterligere. (4)

Over til selve tilsetningsmaterialene er det ikke mulig å gjøre noe med utslippet fra kalsineringen av kalkstein, som er den største bidragsyteren til klimagassutslipp. Derimot er det i dag vanlig redusere mengden sementklinker med erstatningsmaterialer med gode bindemiddelegenskaper, samtidig som de utgjør en svært positiv forskjell mot klimagassutslipp. Typiske bindemidler som benyttes er flyveaske, silikastøv og slagg, men alle er avhengig av at de kombineres med sement. Videre angir materialstandard NS-EN 206+NA maksimale grenser for alternativt bindemiddel i sementen. Det er tillatt å fravike standarden, men da må byggherre selv stå ansvarlig. Ofte er det heller ikke ønskelig å ligge tett opp mot grensene eller over, da det kan gi betongen uønskede bruksegenskaper. (4) (6)

Utover å forbedre eksisterende produkter, utvikles det stadig nye materialer og produkter. To slike produkter er FutureCEM og NewsceM fra henholdsvis Aalborg Portland og Norcem. FutureCEM er et produkt som alt er på markedet hvor en andel klinker erstattes med kalsinert leire og kalksteinsmel, og bidrar til reduserte energi- og CO₂-verdier. NewsceM er foreløpig et forskningsprosjekt her til lands med

blant annet Norcem og SINTEF hvor forskningen går ut på å finne alternative tilsetningsmaterialer som gir konkurransedyktig sement, men uten å måtte støtte seg på flyveaske og slagg for å få reduserte utslippsverdier. (7) Dette fordi flyveaske og slagg er begrensede restprodukter fra annen industri, og det på sikt forventes at tilgjengeligheten på god kvalitet av disse materialene vil gå ned. (8)

Videre fikk norske Norcem den 9. Mars 2021 klarsignal og støtteavtale gjennom Norge for verdens første karbonfangstanlegg i fullskala for en sementfabrikk, ved Norcem Brevik. Anlegget blir da del av Equinors Northern Lights-prosjekt for videre lagring av CO₂ på norsk sokkel. Det er forventet at Norcem skal kunne lagre 400 000 tonn CO₂ per år, noe som vil dekke halvparten av dagens utslipp ved fabrikk. Norcem blir en pioner i bransjen, og tar viktige skritt mot målet i Paris-avtalen om å kutte klimautslipp med minst 50% sammenlignet med tall fra 1990. (9) (10) (11)

3.2.2. Lavkarbonbetong

Videre er det naturlig å fokusere på ferdigbetong da dette er mest relevant for Consto og deres arbeidsoppgaver. Likevel gjelder mye av stoffet likeså for prefabrikkerte betongelementer. Det overnevnte er ment som en introduksjon og bevisstgjøring til tema, uten at det vil utforskes videre i denne oppgaven. I Norge opereres det med en standard på fire ulike typer lavkarbonbetonger som hver har sine maks grenser per m³ i henhold til klimagassutslipp, samt en bransjereferanse som kan ses i figuren under. De fire klassene for lavkarbonbetong er i synkende rekkefølge for klimagassutslipp; Lavkarbon B, A, Pluss og Ekstrem. Klimagassutslippet i tabellen tar kun hensyn til A1-A3 fra tidligere om EPD. (4)

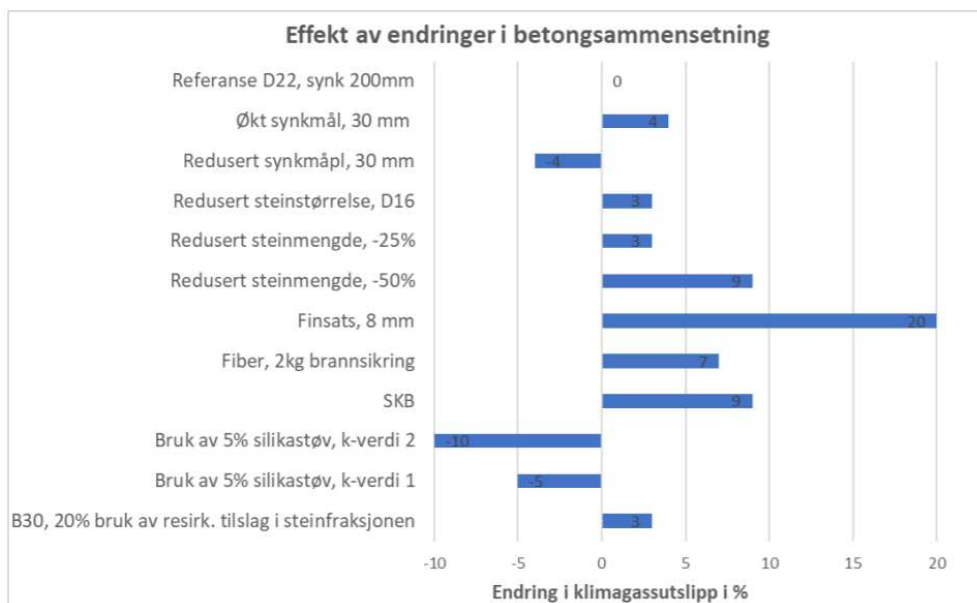
Fasthetsklasse ¹⁾ og lavkarbonklasse	B20	B25	B30	B35	B45	B55	B65
Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv. pr m ³ betong]							
Bransjereferanse	240	260	280	330	360	370	380
Lavkarbon B	190	210	230	280	290	300	310
Lavkarbon A	170	180	200	210	220	230	240
Lavkarbon Pluss ²⁾			150	160	170	180	190
Lavkarbon Ekstrem ²⁾			110	120	130	140	150

1) Se kapittel A2 om sammenhengen mellom fasthetsklasser, bestandighetsklasser og karbonklasser

2) Mulig nivå for enkelte prosjekt, men med flere begrensninger i standardverket, og begrenset tilgjengelighet. Gjennomførbarhet må avklares i hvert enkelt prosjekt

Figur 2 – Inndeling av lavkarbonklasser delt opp etter klimagassutslipp per m³ betong (4)

Ofte er det nødvendig av fravike fra standard reseptmessige størrelser og volumer for å oppnå ønskelige egenskaper på betongen. Disse valgene har alle innvirkning på totalt klimaavtrykk, og kan være avgjørende for hvilken lavkarbonklasse en til slutt ender opp med. Nedenfor ligger en oversikt over typiske endringer som kan nyttes i en betongresept, og hvilke konsekvenser dette har på utslipp. Referanse brukt i oversikten er som det vises til øverst i figuren en betong med fasthetsklasse B35, maksimal steinstørrelse lik 22 og synkmål lik 200mm. Her kommer sprøytebetongen tydelig frem hvor utslippet øker med 20% så fort det kun er finsats som benyttes. (4)



Figur 3 – Effekt av endringer i betongsammensetning (4)

Lavkarbonklasse B krever sjelden noe mer enn enkle resepttekniske endringer og gir heller ingen økt enhetspris. Ofte produseres betong under grensen for lavkarbonklasse B uten at det verken er spesifisert eller nødvendigvis ønsket spesielt av kunden. Årsaken til dette bunner ut i at betongfabrikkene har en løpende utvikling for å senke eget klinkerforbruk og utslipp. Derimot prioriteres det ikke nødvendigvis å utarbeide EPDer til kunder som ikke ønsker dette i utgangspunktet. Et naturlig spørsmål er da om ikke lavkarbonklasse B burde vært innført som standard-betong. Hovedårsaken til dette er at det er et fokus hos fabrikkene å produsere så miljøvennlig betong som mulig, men ved prosjektspesifikke forhold som krever reduserte steinmengder, eller spesielle ønsker om herdetid, bearbeidelig og lignende kan man havne utenfor krav til lavkarbonbetong med mindre ekstra tiltak settes inn. Om slike tiltak iverksettes øker naturligvis prisen i takt med tiltakene, og om kunden ikke ønsker den ekstra kostnaden, har man da også rom for det. (Epost, Kermit, peter.kermit@norbetong.no, 24.03.2021)

Lavkarbonklasse B har normalt sett like egenskaper som vanlig konstruksjonsbetong, og skiller seg sjelden fra normale verdier for støpelighet, fasthetsutvikling og temperaturfølsomhet. Lavkarbonklasse A,

Pluss og Ekstrem på sin side kommer med noen endrede bruksegenskaper i forhold til vanlig og klasse B betong. Resultat på betongen vil naturlig variere med type og mengde tilsetningsmaterialer, hvor silikastøv, flyveaske og slagg er de mest nevneverdige bidragsyterne. Likevel er det under normale forhold ingen problem med å oppnå ønskelig støpelighet ved korrekte tilpasningstiltak. (4)

Utover støpelighet er det knyttet større variasjoner til fasthetsutvikling og temperaturfølsomhet for klasse A, Pluss og Ekstrem. Flyveaske og slagg gjør at betongen får en mer langsom fasthetsutvikling enn vanlig betong, som igjen vil påvirke rivingstid for forskaling og videre produksjonssykluser på prosjektet. For vanlig konstruksjonsbetong er herdeklasse 3 standard, mens det ved maritime forhold er krav om herdeklasse 4, henholdsvis 50% og 70% av oppnådd prosentandel for karakteristisk trykkfasthet etter 28 døgn. (12)

På grunn av den mer langsomme fasthetsutviklingen for lavkarbonbetong er det naturlig nok lengre herdetid, så for å utjevne deler av denne forskjellen kan blant annet herde- og størkningsakselerator benyttes. Herdeakselerator er heller ikke uvanlig å bruke under vinterstøp for å få tidlig nok fasthet på dekker slik at man kan dekke til med isolasjonsmatter på et tidligere tidspunkt. (13) Det ble forsøkt å få tak i dokumenterte oversikter over endring i fasthetsutvikling ved bruk av diverse akseleratorer for lavkarbonbetonger, men uten stort hell. Dette kommer mest sannsynlig av at erfaring og dokumentering av dette fortsatt er forholdsvis nytt, og det vil av den grunn være naturlig å forvente en utvikling på dette området fremover.

Vinterstøp er et annet tema som utfordres noe mer ved bruk av lavkarbonbetong istedenfor standard betong. Alt betongstøp som skjer ved temperaturer under +5°C, ansees som vinterstøp, og bringer med seg ekstra forholdsregler. Utover vanlige tiltak er det nødvendig med ekstra hensyn for lavkarbonbetong da de er mer ømfintlige for temperaturendringer og har en mindre total varmeutvikling. Vanlige løsninger er en større bruk av isolasjonsmaterialer, fyring og eventuell økning av betongtemperaturen fra blandeverket. Nevnte tiltak i tillegg til andre prosesser som krever energibruk ute på byggeplass er nødt til å tas med prosjektets totale karbonregnskap. Om forholdene krever store tiltak som fyring over lang periode er det avgjørende at tiltakene ikke jevner ut eller overgår vinningsforskjellen en har fra å bruke lavkarbon i utgangspunktet. Videre er det mulig å nytte seg av størknings- eller herdeakselerator, men det skal dekkes i karbonregnskapet gjennom betongens EPD. (12)

Tross større hensyn ved vinterstøp har den lavere varmeutviklingen i lavkarbonklassene også noen positive effekter. Siden flyveaske og slagg gir redusert varmeutvikling er lavkarbonbetong gunstig sett

opp mot å begrense maksimaltemperatur i konstruksjonen under støp. Utover dette bidrar varmereduksjonen til mindre fare for krymp og opprissing, men graden av dette varierer med om det er flyveaske eller slagg som nyttes. (12)

Lavvarmebetong er på sin side et naturlig resultat av betong med bindemiddelinhold på over 30% flyveaske eller 50% slagg, og er av den grunn ofte også lavkarbonbetong uten at det nødvendigvis er spesifisert. Viktig å merke seg at bruk av over 50% slagg i betongen vil gi en svært langsom varmeutviklingen, og betonger med stor andel slagg kan oppnå nokså høyt autogent svinn¹. Dette kan gi en lavere effekt av reduksjon i opprissing som følger av termisk dilatasjon². (4)

Tilgangen på de ulike lavkarbonklassene vil naturlig variere med geografisk tilholdssted for fabrikk på grunn av:

- Hvilke bindemiddeltypene som er tilgjengelige
- Mengde bindemiddel nyttet ved anvendelse av lokalt tilslag
- Råvaretransport til fabrikk

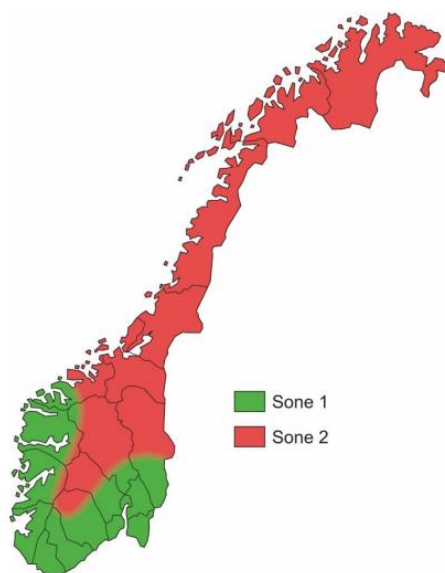
En betongfabrikks tilholdssted vil av den grunn være avgjørende for utvalget hver enkelt fabrikk kan tilby av lavkarbonbetong. (4)

Under er det mulig å se veiledende tilgjengelighet av lavkarbonbetong i Norge. Sone 1 indikerer områder som er godt tilrettelagt for produksjon av lavkarbonbetong, mens sone 2 indikerer mer utfordring med å oppnå de samme resultatene som i sone 1. Dette på grunn av at betong i sone 2 krever større transportavstander for råmaterialene, samt at det i mange tilfeller i sone 2 benyttes lokalt tilslag som krever et større bindemiddelvolum enn tilfellet er for sone 1. Utover dette er verdt å legge merke til at det kun er områder i umiddelbar nærhet av Oslo, Bergen og Stavanger som i dag har tilgang til bindemiddel som gir muligheten til å produsere Lavkarbonklasse Ekstrem. På grunn av nevnte forhold er det for prosjekterende naturlig å forsikre seg om at det er mulig å få levert ønsket karbonklasse til ønsket lokasjon på forhånd av bestemmelse av ønsket karbonklasse. (4)

¹ Autogent svinn – Svinn som forekommer under sementhydratasjon, hvor kapillærkrefter trekker partiklene i betongen sammen.

² Termisk dilatasjon – Utvidelse av betongen i takt med temperatur, forekommer alltid sammen med autogent svinn i betong.

Underveis i oppgaven er det mottatt tilbakemeldinger og veiledning fra BetongØst, NorBetong, Skedsmo Betong og Unicon, og informasjon om deres produktutvalg og tjenester. Det er viktig å være klar over at tilgjengeligheten av ulike produkter og lavkarbonklasser også vil variere innad i nevnte selskaper av naturlige årsaker som nevnt tidligere. Hovedfokuset vil med bakgrunn i Consto Anlegg Øst sitt tilholdssted ligge i Østlandet om ikke andre spesifikke forhold nevnes. Felles for alle selskapene er at de i de aller fleste tilfeller kan tilby lavkarbonklasse B med nok så enkle resepttekniske endringer. Unntakene forekommer ved produksjon av betonger med spesielle krav til bruksegenskaper, eventuelt i tillegg til en krevende geografisk plassering på blandeverk. Klasse B produseres for øvrig uten tillegg i pris.



Figur 4 – Oversikt over tilgang på lavkarbonbetong. Sone 1 har lettere forhold for produksjon av lavkarbonbetong enn sone 2. (4)

For klasse A kreves det større tiltak og det er gjerne her en begynner å benytte seg av tilsetningsstoffer som flyveaske, slagg og silika for å oppnå ønsket reduksjon i utslipp. Alle nevnte bedrifter kan tilby et bredt utvalg i lavkarbonklasse A med et tillegg varierende fra 50-75 kr/m³. De større forskjellene mellom blandeverkene viser seg i deres utvalg blant klassene Pluss og Ekstrem. BetongØst som er største betongprodusent på Østlandet har den dag i dag ikke fasiliteter til å produsere klasse Pluss eller Ekstrem, eventuelt kun Pluss med bestandighetsklasse M90. Dette kommer av at de foreløpig ikke benytter seg av reseptmessige tiltak for Pluss, og heller ikke i utgangspunktet har tilgang på sementtypen som er nødvendig for produksjon av lavkarbon Ekstrem, CEM III/B som er en type slaggsement med omkring 70% slagg. Prisøkning for Pluss og Ekstrem ligger på henholdsvis rundt 100,- og 150,- ekstra per m³, men alle priser vil avhenge av størrelse på prosjekter og lokasjon, da det vil være naturlig å anta at entreprenører med større avtaler og bestillinger kan oppnå gunstigere betingelser enn de som ligger til grunne.

3.2.3. Sprøytebetong

Sprøytebetong og andre spesialbetonger som (A)UV-betong og lettbetong er mer utfordrende å vurdere sett opp mot lavkarbonklasser for vanlig konstruksjonsbetong da det ikke finnes en egen klasseinndeling spesifikt for disse. Videre drøfting vil gjelde sprøytebetong. Årsaken bak den utfordrende klassifiseringen for sprøytebetong kommer av det kun nyttes finsats av tilslag med fraksjon 0-8mm. Som resultat av dette vil andel tilslag gå fra å være rundt 70% i vanlig konstruksjonsbetong til omtrent 62%. En nedgang på 8% i tilslag vil naturligvis gi en økning i bindemiddelvolum, som igjen kommer til syne i et generelt større klimaavtrykk for sprøytebetong ved lik sammensetning av bindemiddel. Sementinnholdet i sprøytebetong ligger erfaringsmessig i området 450-500 kg/m³. (4) (14)

Med bakgrunn i nevnte problemstilling er det per dags dato heller ønskelig å vurdere to andre alternativ fremfor et forsøk på å rangere sprøytebetong etter klimaklasse for konstruksjonsbetong. NB37 anbefaler å ha spesifikke reduksjonsmål gjennom å dokumentere en utslippsverdi for A1-A3 som er 50 kg/m³ lavere enn konvensjonell sprøytebetong fra hver spesifikk fabrikk produksjon de siste årene. Om ikke dette lar seg gjennomføre er det anbefalt at lavkarbon sprøytebetong ikke overstiger GWP-kravet for konstruksjonsbetong, B35 Lavkarbon B. (4)

En videre utfordring med sprøytebetong er at det i dagens standarder ikke er tatt høyde for om bruk av sprøyteakselerator skal regnes med i A1 for råmateriale eller A5 for utførelse. Om det utelates eller ei får innvirkning på total GWP-verdi da klassesystemet for lavkarbonbetong kun tar hensyn til A1-A3. NB37 anbefaler sprøyteakselerator satt til A5, men blir inntil det kommer entydige regler opptil hvert enkelt prosjekt og blandeverk. (4)

3.2.4. Bubbledeck

Bubbledeck er en dekkeløsning for betong som ved hjelp av plastkuler fordelt i armeringsnett bidrar til å senke nødvendig betongvolum i en konstruksjon, uten at det har noen vesentlig innvirkning på bæreevne og stivhet. Selve plastkulene er resirkulerte og kan i tillegg gjenvinnes ved riving. For tilsvarende dekketykkelser av massiv betong besparer bubbledeck 35% av det totale betongvolumet og reduserer vekt betydelig. Produktet kommer ferdigmontert på plattendeck og tilsvarer utlegging som ved eksempelvis prefabrikkerte hulldekker. Etter at bubbledecket er ferdig utlagt, vil resten foregå som et vanlig støp. Løsningen er svært gunstig utslippsmessig og en kan spare opp mot 40 kg CO₂/m². På grunn av reduksjonen av betong vil dekke være betydelig lettere, noe som er spesielt gunstig ved blant annet prosjekter med kompleks utforming, store spenn eller dårlig grunn. Eksempelvis vil egenvekten på et 250 mm dekke gå fra 6,25 kN/m² til 4,75 kN/m². Under normale forhold hvor plass-støp er mulig brukes

normalt sett ikke bubbledeck, men ved mer utfordrende forhold som nevnt over er dekkeløsningen et konkurransedyktig alternativ. (15)

Etter kontakt med Veidekke om deres bruk av bubbledeck på Munchmuseet erfarte de både fordeler og ulemper ved bruk av dekkeløsningen. Dekket blir som nevnt betydelig lettere, omtrent 1/3 vektreduksjon i tillegg til at en slipper forskalingsplater i underkant av støpet, kun dekkereis og bjelker. Bubbledeck krever dog samme logistikk som ved et vanlig støp, men en sparer inn tiden en ville brukt til å forskale dekket. Selve plastkulene i seg selv er av hardplast og er sårbare for å bli bulket i overkant, i tillegg til at det er et lite hull i toppen av dem. Dette kan være utfordrende på vinterstid da vann kan renne inn i kulene og fryse. Dette gjør at kulene utvider seg og kan sprekke, noe som kan resultere i at betongroser faller av i underkant av dekket. (Epost, Hanssen, helga.kjos-hanssen@veidekke.no, 27.04.2021)

3.2.5. Hybridbetong

Et alternativ til lavkarbonbetongen som tidligere er beskrevet er den nokså nylanserte hybridbetongen. Denne betongen ble utviklet og tatt i bruk av Sverre Smepluss og Skanska for første gang i Brattørkaia Powerhouse i Trondheim, som stod ferdig i 2019. Det som gjør denne betongen unik er at den på Brattørkaia-prosjektet inneholdt 40-50% flyveaske og 10% silikastøv, noe som er mer flyveaske enn det som kan reagere pozzolant³. Den resterende mengden flyveaske må av den grunn polymeriseres på lik linje med geopolymere⁴ for å oppnå ønsket fasthet. Denne blandingen for bindemiddeleffekt av konvensjonell portlandsbetong og geopolymerebetong er opphavet til begrepet, hybridbetong. (13)

Betongen i likhet med Powerhouse-alliansen har et større fokus på redusert innebygd energibidrag enn nødvendigvis lavest CO₂-utslipp i produksjonsfasen. Powerhousebygg har som hensikt å være energipositive over et helt livsløp (60 års periode), og ettersom sammenligningen mellom innebygd energi og CO₂ ikke nødvendigvis er lineær ble det nyttet hybridbetong. (13)

Med nevnte innhold på 40-50% flyveaske, avhengig av type støp, og 10% silikastøv tilsvarer hybridbetong en lavkarbon Pluss etter dagens klasseinndeling i henhold til NB37. Etter vurdering sett opp mot energibidrag og bruksegenskaper ved støp ble hybridbetongen ansett som en bedre løsning enn lavkarbon Ekstrem. Slike vurderinger er likevel nødt til å tas prosjetspesifikt, da det ikke nødvendigvis er

³ Pozzolan reaksjon – En reaksjon hvor pozzolaner som silika og flyveaske reagerer med kalsiumhydroksid i betong og danner produkter med bindemiddelegenskaper

⁴ Geopolymerbetong – Betong hvor aktivering av bindemiddel skjer gjennom bruk av alkalier, ikke vann

gjeldene i alle tilfeller. Viktige faktorer i avgjørelsen var blant annet bruksegenskaper ved vinterstøp og nevnte livsløpsperspektivet for byggets totale energibruk. (13)

Videre for prosjektet var det hele veien et fokus på energi og utslippsbesparelser. Dette kommer godt frem gjennom valg av dekkeløsning blant annet. Utover å benytte hybridbetong ble det i tillegg støpt etterspente plattendecker. (13) Etterspent betong er en vanlig løsning på blant annet bruer, og blir stadig mer vanlig i bygg, og er et godt eksempel på at løsningene betyr vel så mye som materialvalget. Fordeler en tar av etterspent betong er blant annet tynnere dekker, som gir mindre betong og armering, i tillegg til at man reduserer riss i betongen da etterspenning skaper trykk. (16)

Skanska har i senere tid benyttet hybridbetong ved flere prosjekter med god suksess og betongtypen byr på mange spennende muligheter, spesielt ved livsløpsvurderinger. Videre skaper den et større marked for lavkarbonbetonger da den ikke er avhengig av slaggsement som mange andre lavkarbonbetonger i klasse Pluss og Ekstrem er. Løsning bør som tidligere nevnt alltid vurderes per prosjekt, men det aller meste har mulighet for suksess ved god planlegging og utførelse. (13)

3.2.6. Restbetong og slam

Håndtering av restbetong og slam er nokså lik for alle blandeverk, hvor fellesnevneren er at samtlige ønsker å utnytte betongen og slammet så godt som forholdene tillater. Om det ikke er mulig å sende ut inngående restbetong med en ny utgående betongbil til et annet prosjekt med tilsvarende betong, så støpes det enten lodd eller enkle byggelementer av restbetongen. (Epost, Kermit, peter.kermit@norbetong.no, 24.03.2021)

Slamhåndteringen varierer noe med kapasitet og størrelse på hvert enkelt anlegg, men tar utgangspunkt i bruk av resirkulert vann til vask av betongbilene etter endt dag. Dette vannet slettes så ut i et basseng hvor finstoffet som da refereres til som slam kan synke til bunnen. Dagen derpå nyttes vann fra et annet basseng slik at finstoffet rekker å legge seg på bunnen før man bruker vannet på nytt. Avhengig av plassen på anlegget tas så enten dette slammet til egnet sted for tørking slik at mindre masser trengs deponert. Om det ikke er mulighet for dette sendes slammet rett på et deponi som er godkjent for mottak av betongavfall. På deponi er en vanlig løsning at slammet blir foredlet og kan brukes som gjødsel i landbruksindustrien. (Epost, Kermit, peter.kermit@norbetong.no, 24.03.2021)

3.2.7. Transport og pumping

Transport og leveranse av betong er videre en viktig del av det totale CO₂-utslippet. I dagens regnskap er fordelingen mellom transport, pumping og trommeldrift henholdsvis, 40/40/20. I dag er nok elektrisk drift på betongbilene ved transport ikke realistisk, men de aller fleste blandeverk tilbyr transport på biodrivstoff, noe som likevel alene alt utgjør en vesentlig forskjell for omtrent de 666 400 lassene med betong som kjøres hvert år. På byggeplass derimot finner 60% av utslippet sted, og her er det alt utviklet løsninger for å redusere utslippet betraktelig. (17)

NorBetong har vært med på utviklingen av betongbiler med elektrisk drift av trommelen, noe som reduserer utslipp ved levering av betong med 20%. På sikt ser NorBetong for seg å kutte alt CO₂-utslipp i hele transport- og leveringsprosessen og ser for seg en stor konkurransefordel ved å være først blandeverk som kan tilby utslippsfri leveranse av betong til byggeplass. (17) Videre har det også kommet hybridversjoner av betongpumper fra blant annet Betong Øst og tidligere K. Bull, nå Nordic Concrete Group, som fungerer på elektrisk kraft alene, men kan støttes opp av dieselmotorer. Nordic Concrete Group tilbyr en ren pumpebil, mens Betong Øst har en betongbil med elektrisk trommel og pumpe integrert. (18) Pumpene fra NCG har noe redusert pumpekapasitet ved kun elektrisk kraft, fra 96 m³/t til 66 m³/t, men er tilstrekkelig ved de fleste tilfeller. (19) Om det i tillegg legges til rette på byggeplass for ekstern tilkobling på strømmett for elektrisk drift er det i overskuelig fremtid mulig å på fast basis kunne kutte 60% av utslippene ved betongleveranse til byggeplass. (17)

3.3. Gjenbruksbetong

Da det stilles krav til gjenvinningsprosent både av EU og gjerne internt i firmaer, er det hensiktsmessig å gjenvinne betong og tegl. Gjenvinningsprosent for et prosjekt måles i vektprosent, dermed vil en innsats i gjenvinning av disse tunge massene i større grad gjøre seg gjeldende enn ved lettere masser. For bygg- og anleggsavfall stiller EU krav om at minst 70 vektprosent av ikke-farlig avfall skal gjenvinnes eller gjenbrukes innen 2020. (27) Dette førte trolig til at tunge avfallsfraksjoner som betong og tegl i større grad sendtes til materialgjenvinning kontra forbrenning. Da det som nevnt er lite økonomiske fordeler å hente med å gjenbruke betong, vil dette som regel føre til økte kostnader for entreprenør.

Consto operer med internt krav på 80 vektprosent. Dette kravet oppleves av bedriften som et krav som er enkelt å manipulere da tyngre masser som for eksempel betong og asfalt kan gjøre opp for en stor del av avfallsvekten i et prosjekt. (Intervju, Flesvig, 23.03.2021) Det vil da være enklere å unngå å nyttiggjøre materialer og masser som utgjør en mindre andel av vektskalaen, hvis det overordnede målet for prosjektet kun er å komme over prosentmålet for dette kravet. Prosjekter med store andeler av tyngre

avfall vil komme bedre ut av disse kravene, selv om et annet prosjekt kan ha gjenvunnet og gjenbrukt en større andel avfall og masser totalt.

I løpet av 2019 ble tilnærmet 1,5 millioner tonn betong- og teglavfall sortert og levert videre i Norge, størsteparten fra bygg- og anleggsnæringen. Opp mot 900 000 tonn og 61% av dette gikk rett til deponi, mens kun 30% ble gjenbrukt som andre masser, og omtrent 5% ble materialgjenvunnet. Det er ventet en nedgang i andel avfall som går til deponi grunnet ny forskrift for bruk av lett forurenset betong i 2020, men tall herfra er ikke tilgjengelige per dags dato. (20) Lover, regler og vurderinger av betong- og teglavfall, samt andre masser vil dekkes under 0, men selv med forventende nedgangsverdier for avfall levert til deponi finnes det større muligheter enn de utnyttet i dag.

I hovedsak finnes det to type utnyttelser for gjenbruk av betong:

- Bunden bruk
 - Tilslag i ny betong,
 - Råmateriale i sementklinkerproduksjon
- Ubunden bruk
 - Fyllmasser til blant annet bærelag og forsterkningslag i veier

3.3.1. Bunden bruk

Som nevnt over er det kun en liten andel rivebetong som går til materialgjenvinning. Hovedårsaken til at bunden gjenbruk av betong ikke nyttes i noen særlig grad er at den ofte gir noe dårligere bruksegenskaper når det gjelder den nye betongens støpelighet og styrke enn naturlig tilslag. Dette øker bindemiddelvolumet som igjen er med på å øke klimagassutslippet. Fra Figur 3 kommer det frem at klimagassutslippet ved gjenbruk av 20% betong i en B30 konstruksjonsbetong vil øke med 3%. Knust betong kan likevel være nyttig i områder med dårlig tilgang på godt tilslag og fungere som et likeverdig tilslag i spesifikke tilfeller. (21)

Videre er det i tillegg vesentlige begrensinger for gjenbruk av betong som tilslag i betongproduksjon gjennom NS-EN 206. Fra Figur 5 og Figur 6 kan en se de ulike maksimale grenseverdiene for innslag av resirkulert tilslag som er tillatt for ulike fasthets- og bestandighetsklasser. For tydeliggjøring av forskjell mellom AN og BN, se Figur 8. Standardverket setter altså begrensinger for bruken av resirkulert tilslag, men foreløpig er heller ikke bransjen klar for å kunne utnytte bruken i noen stor skala. (6) For at løsningen skal kunne være konkurransedyktig er en avhengig av å først få på plass en stabil og god leveransekjede av resirkulerte masser. Utover dette er det alt gjennomført suksessfulle forsøk med betong produsert med 100% resirkulerte betongmasser, noe som viser at det er fullt mulig å oppnå et tilfredsstillende resultat. Likevel vil dette som tidligere nevnt ha negativ påvirkning på klimaavtrykket til

den nye betongen, og av den grunn normalt sett ikke være et konkurransedyktig alternativ til lavkarbonbetong. (Intervju, Løbakk. Agnar, Fagsjef Unicon AS, 09-04-2021)

Trykkfasthetsklasse og bestandighetsklasse	Andel resirkulert tilslag		
	Type AN	Type BN	Sum Type AN + BN
Trykkfasthetsklasse \leq B25 og bestandighetsklasse M90	10 %	5 %	10 % ^a
a Dersom begge typer benyttes, gjelder også begrensningen på 5 % av Type BN.			

Figur 5 – Største andel av tilslag 0/4 mm som kan erstattes av resirkulert tilslag (6)

Trykkfasthetsklasse og bestandighetsklasse	Andel resirkulert tilslag		
	Type AN	Type BN	Sum Type AN + BN
Trykkfasthetsklasse \leq B25 og bestandighetsklasse M90	30 %	10 %	30 % ^a
Trykkfasthetsklasse \leq B45 og bestandighetsklassene M90 og M60	20 %	0 %	-
a Dersom begge typer benyttes, gjelder også begrensningen på 10 % av Type BN.			

Figur 6 – Største andel av tilslag 4/32 mm som kan erstattes av resirkulert tilslag (6)

Foreløpig er resirkulerte gravemasser som nytt tilslag i betong et mer lovende område.

Forskningsprosjektet RESGRAM (2016-2019) utført av SINTEF satt igjen med gode resultater hvor det var oppnådd fullgode betongstøp med 100% resirkulert tilslag. Forskningsprosjektet var foruten å være et pilotforsøk på området en del av SINTEFs satsing på utvikling innenfor sirkulær økonomi i bransjen. (22)

3.3.2. Ubunden bruk

Mer utbredt er dog ubunden gjenbruk av rivebetong, som er mer aktuelt ute på prosjekt. Bruk av knust betong som fyllmasse er alt forholdsvis utbredt, som beskrevet tidligere med 30% av alt betongavfall i 2019 til denne posten. Likevel er det av flere grunner et stort utviklingspotensial for å utnytte gammel betong i større grad. I 2020 ble det vedtatt nye forskrift ved Miljødirektoratet om at grenseverdi for heksavalent krom (Cr VI) i gjenbruksbetong økes fra to til åtte milligram per kilo betong. Krom VI er et farlig tungmetall om det løses opp i vann, og kan på flere måter være skadelig for både mennesker, dyr og planteliv. Direkte resultat av hevingen i form av hvor mye mer betong som gjenbrukes istedenfor å gå til deponi er vanskelig å anslå, men konserndirektør for miljø og energi i AF Gruppen, Eirik Wraal anslo i 2019 en potensiell dobling av gjenbruksbetong som resultat av endring av denne grenseverdien alene. (23) Viktig merknad er at betong med høyere grenseverdi for Krom VI kan nyttes, men da er godkjenning

av Miljødirektoratet nødvendig, noe som krever både tid og penger. Videre er det forutsatt at betongen er innenfor for samtlige andre grenseverdier for farlige stoffer som ikke er dekket i en eventuell søknad. (24)

Videre er en del betong mer utfordrende å gjenvinne grunnet PCB⁵-innhold i enten selve betongen eller overflatebehandling på betongen. Det er spesielt i bygninger fra 1940-1980 at en finner igjen PCB. Stoffet er i dag forbudt og det jobbes kontinuerlig med å få PCB helt ut av kretsløpet. Av den grunn skal alt PCB-holdig materiale over grenseverdi bli destruert, men det kan ofte bli sett på som for tidkrevende i tillegg til et kost/nytte spørsmål ved vurdering av gjenbruk av revet betong. Dette er med på å øke betong sendt til deponi utover det nivået som er ønskelig og mulig å holde. (20) (25)

Ved bruk av betong som fyllmasser er det observert svakheter, men også fordelaktige sider sammenlignet med vanlige fyllmasser. Bruken av knust betong ute på prosjekt krever i første omgang en større planlegging enn ved naturlige masser for at en skal kunne få en nytteverdi av det. Knust betongs bruksområder som fyllmasser kan deles inn i fem, alle med ulike krav og ønskede egenskaper:

- Anleggsveier og rigg
- Vegoverbygning
 - Forsterkningslag og bærelag
- Lukkede rørgrøfter
- Avretting av sprengt stein
- Fyllinger og støyvoller

Likevel er det ønskelig at om en har masser som kan benyttes i vegoverbygning at de brukes til nettopp det. Dette slik at en får utnyttet massens egenskaper på en god måte. (21)

Hvilken betong som kan benyttes og hvor den kan brukes vil variere stort med gjenbruksbetongens opphav. Restbetong fra blandeverk eller varefabrikk vil normalt sett være av god kvalitet uten miljøfarlige stoffer. Rivebetong varierer derimot vesentlig mer i kvalitet, og man er avhengig av å ha god oversikt over kvalitet og bruksegenskaper ved bruk av egen rivebetong før prosjektstart om en skal få god flyt i anleggsdriften. Brubetong fra 1980-tallet og fremover er generelt sett kjent for å ha god kvalitet, da den ofte har god styrke og er frostbestandig. Eldre bruer, samt innendørs konstruksjonsbetong varierer stort i styrke og frostmotstand, i tillegg til at innendørs betong i mange tilfeller inneholder miljøskadelige stoffer gjennom overflatebehandling og lignende. Rivemasser fra slike områder har videre gjerne en større innblandingsprosent av tegl, lettklinker og andre uønskede materialer, noe som gjør massen mindre egnet for gjenbruk, spesielt da til vegbygging. Ved bruk i vegoverbygning er det gode erfaringer med økning i

⁵ PCB – Samlebetegnelse for ulike industrikjemikalier, anses som en miljøgift og er i dag forbudt å nytte.

lastfordelingskoeffisienten for gjenbruksbetong over tid sammenlignet med ordinære fyllingsmaterialer. Om denne økning ønskes nyttet i dimensjonering for en mindre lagtykkelse er det nødvendig med prosjektspesifikke vurderinger, og skal gjøres i henhold til Håndbok 018 fra Statens Vegvesen. (21) Utover dette bør ikke gjenbruksbetong brukes under neddykkete eller frostutsatte forhold, men viser ved drenerte forhold gode frostegenskaper. (26)

Ved benyttelse av egenprodusert rivebetong stilles det krav, tid og kostnader til blant annet, riving, sortering, knusing og sikting hvor en er avhengig av en miljøsaneringsbeskrivelse og avfallsplan slik at en har kontroll over hva betongen inneholder og om den kan nyttes til videre bruk. Utover dette må den oppknuste betongen sorteres slik at svake og organiske materialer blir fjernet, da dette ikke er gunstig å ha med som en del av fyllmassen. Små mengder av andre materialer kan godtas, da det ved store mengder er utfordrende å få sortert ut alt. Materialinnholdet i massene er med å avgjøre den endelige klassifiseringen og mulighet for bruk. Disse kravene varierer i tillegg med tilsiktet bruk for massene, som en kan se i Figur 7 og Figur 8. Her skilles krav for bruk av resirkulert tilslag i veioverbygning og betongproduksjon. (21)

Materialsammensetning	Gjb	Bm
	Knust betong	Blandet masse
Hoveddelmateriale: Knust betong (R _c) Knust betong, naturtilslag og knust murverk (R _c + R _u + R _b)	≥ 90 %	≥ 90 %
Andre granulære delmaterialer: Knust murverk (R _b) Knust asfalt	≤ 10 % ≤ 5 %	≤ 5 %
Ikke-mineralsk innhold: Glass (R _g) Treverk, papir, metall, plast, gummi, annet (X)	≤ 2 % ≤ 1 %	≤ 2 % ≤ 2 %
Flytende partikler	≤ 5 cm ³ /kg	≤ 5 cm ³ /kg
Densitet: Ovnstørr Vannmettet overflatetørr	> 2000 kg/m ³ > 2100 kg/m ³	> 1500 kg/m ³ > 1800 kg/m ³
Vannabsorpsjon	< 10 %	< 20 %

Figur 7 – Klassifisering av resirkulert tilslag for forsterkningslag (27)

Emne	Type AN	Type BN
Mineralsk innhold: R _{cu99} ^a (R _{cu99} + R _b), der R _b ^b < 5 %	> 99 %	> 95 %
Ikke-mineralsk innhold ^c og glass: — totalt — isolasjonsmaterialer — planterester	< 1 % < 0.1 volumprosent < 0.1 volumprosent	< 5 % < 0.5 volumprosent < 0.5 volumprosent
Densitet: — ovnstørr ^d — vannmettet overflatetørr ^d	> 2000 kg/m ³ > 2100 kg/m ³	> 1800 kg/m ³ > 2000 kg/m ³
Vannabsorpsjon	< 10 %	< 20 %

a Kategorien er ikke angitt i NS-EN 12620. R_{cu99} skal bestå av minst 99 % av følgende bestanddeler, enten enkeltvis eller i kombinasjon: betong, betongprodukter, mørtel, naturstein eller mekanisk eller hydraulisk stabilisert tilslag.
b R_b er murprodukter av leire og kalsiumsilikater samt ikke-flytende porebetong.
c Ikke-mineralsk innhold som kohesjonsmaterialer (leire og jord), metaller, ikke-flytende tre, plast og gummi samt gips.
d Utføres iht. NS-EN 1097-6. Kravet skal oppfylles for minst én av metodene.

Figur 8 – Klassifisering av resirkulert tilslag for betongproduksjon (6)

Ved bruk av gjenbruksbetong i vegoverbygning finnes det restriksjoner for hvor massene kan nyttes. Ved bruk i bærelag kan kun Gjb nyttes, og da kun i bærelag for gang- og sykkelveg, parkeringsplasser med lett trafikk og trafikkgruppe⁶ A. I forsterkningslag kan både Gjb og Bm nyttes til og med trafikkgruppe D. Likevel er det viktig å være klar over at bruk av både Gjb og Bm blant annet vil medføre større krav til lagtykkelser og nødvendig vanning ved komprimering. (27)

Videre vil det med egenproduksjon av rivebetong være utfordrende å opprettholde en jevn og god flyt på utlegging av masser i takt med produksjonen. Av den grunn vil det ofte være nødvendig med et mellomlager slik at prosjektet kan nytte gjenbruksmassene i en stor og effektiv operasjon, fremfor gradvis nytting som vil være forstyrrende på drift. Utover dette vil økonomisk vinning variere på prosjektbasis og ofte ikke være av noen særlig stor grad. Gjerne er det like mye et ønske om å benytte lokalt tilgjengelige masser og ha en sirkulær økonomi internt på prosjektet. (21)

Jevnt over finnes det ingen stor økonomisk vinning i bruk av gjenbruksbetong, da bruken bringer med seg mye annet merarbeid og kostnader knyttet til planlegging, transport, mellomlagring mm. Nevnte punkter vil naturlige variere fra prosjekt til prosjekt, men det er det overliggende målet om en sirkulær økonomi, og det å kunne nytte de masser en alt har som er de største drivkreftene bak utnyttelsen. Og med god planlegging og erfaring vil en slik fremgangsmåte med tanke på rivemasser gagne alle involverte. (21)

Et tema som per dags dato medbringer noe usikkerhet for betong, er livsløpsanalyser og karbonopptak i en betongkonstruksjon over en hel levetid. Dette er til eksempel grunnen til at betong kun dekkes fra A1-A4 i EPDer, ettersom det ikke er enighet over en standardisering av betongens oppførsel over et helt livsløp. Karbonatisering⁷ i betong er en del av denne diskusjonen, og denne effekten er svært interessant for bruks- og ressursmulighetene til betong for å blant annet kunne oppnå et sirkulært kretsløp⁸. Karbonatisering i betongkonstruksjoner varierer med forhold som bruksområde, sementmengde, kvalitet på betongen, samt spesifikke forhold knyttet til plassering av konstruksjonen. (28)

Ifølge rapporten «*CO₂ binding in concrete*» av Engelsen og Justnes fra 2014 blir det i gjennomsnitt bundet 94 kg CO₂ per tonn sement brukt i fabrikkbetong og andre betongprodukter i Norge. For sement med utslipp på omkring 700 kg CO₂ per tonn sement utgjør dette rundt 30 kg CO₂ for betong per m³ med sementinnblanding på 320 kg/m³. Mulighetene i dette ligger i at ikke hele betongkonstruksjonen

⁶ Trafikkgruppe – Viser til trafikkbelastning for en vei gjennom antall 10-tonnsaksellaster i dimensjoneringsperioden

⁷ Karbonatisering – En prosess hvor betong (portlanditt) reagerer med CO₂ i luften, binder denne og danner kalkstein.

⁸ Sirkulær økonomi – «Kretsløpsøkonomi», En økonomisk modell for å beholde ressurser så lenge som mulig i bruk, og dermed senke bruk av råmaterialer, klimaavtrykk og avfall til et så lavt nivå som mulig.

karbonatiseres i løpet av sin brukstid, noe som heller ikke er ønskelig da det vil risikere at armeringsjernet i konstruksjon kan korrodere grunnet endring i pH, uten at dette beskrives tydeligere. (29)

Videre beregninger som understrekes at er konservative viser at ytterligere 13,9% CO₂ bindes av betongkonstruksjoner som ble revet i 2011 og 2012. For betong produsert i 2014 ble det anslått at bindingspotensialet er enda større, liggende på rundt 80-100 kg CO₂/m³ betong medregnet 30 kg fra bruksfase, og med forbehold om samme inngangsverdier som over. Potensialet i CO₂-opptak oppnås i takt med graden nedknusingen av den respektive betongen grunnet at betongens overflateareal økes, samt at armeringsjern fjernes. Med andre ord så vil en betongfraksjon på 0-8mm karbonisere hurtigere enn en fraksjon på 8-16mm. Ved helt oppknytt betong kan en vente karbonatisering på mellom 69-93%. (29)

3.4. Metaller

Metallproduksjon som helhet er en meget stor bransje, så det vil som tidligere fokuseres på Consto sitt største nytteområde innenfor temaet. Aluminium og stål vil derfor være hovedfokus for denne delen av oppgaven, hvor legeringer av metallene heller ikke vil gås i dybden på.

Jern og metall er multiresirkulerbart, noe som betyr at det kan gjenvinnes gang på gang uten tap i kvalitet, og med et betydelig lavere energiforbruk. Denne sekundærproduksjonen er alt godt implementert i industrien i dag, og kommer ofte til syne som markedsførte produktserier eller klasser, som for eksempel Hydro Reduxa 4.0 som omtales videre under. Likevel kreves det fortsatt en andel primærmaterialer i det ferdige produktet for at produktene skal holde tilfredsstillende styrke. Disse grensene varierer, men ligger for stål på mellom 40-100% avhengig av produkttype, mens aluminium avhengig av produkttype kan produseres med mellom 50-100% gjenvinning. For videre vurdering av disse grensene i bruk i produkter ute på prosjekt bør det konfereres med leverandør. (30)

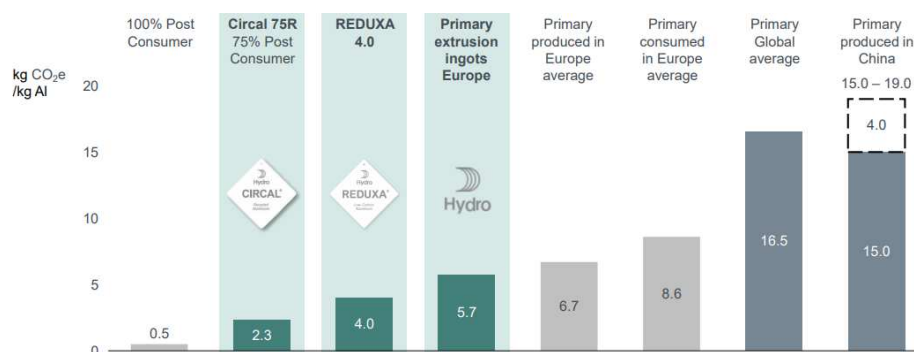
På grunn av stor variasjon i produkter og leverandører, i tillegg til at det for størsteparten av produktgruppene ikke er noen definert inndeling av utslippsklasser eller lignende som for blant annet lavkarbonbetong, vil det være noe mer utfordrende å redusere klimagassutslipp for enkelte produktgrupper. Det kan av den grunn være lurt å sette makskrav for GWP på prosjekt, samt ha god dialog med flere leverandører om deres miljøalternativer.

3.4.1. Aluminium

Aluminium er jordas tredje største kjente forekomst i jordskorpen og det finnes 29 milliarder tonn reserver med råmaterialet bauksitt som man utvinner aluminium fra. Med dagens produksjon av primæraluminium har disse reservene en forventet levetid på over 100 år, i tillegg til at det trolig finnes

store ukjente reserver utover dette. Dette gjør at muligheten for produksjon av primæraluminium ikke er noe problem i overskuelig fremtid, men en bør likevel se på mulighetene for å benytte seg av sekundærproduksjon der det er mulig. Aluminium er i likhet med stål multiresirkulerbart og kan gjenvinnes utallige ganger uten tap i kvalitet. Videre krever gjenvinning av aluminium kun 5% av den opprinnelige energibruken til produksjon, noe som gjør den svært miljøvennlig i forhold til ytterligere primærproduksjon. (31)

Hydro som er av Norges og verdens ledene produsenter av aluminium, er også ledene innen utvikling av «grønt» aluminium. Gjennomsnittlig utslipp på verdensbasis for primæraluminium er på 16,5 kg CO₂-ekvivalenter per kg Al som vises i Figur 9. På sine norske anlegg har Hydro utviklet to lavkarbonklasser, Hydro REDUXA 4.0 og Hydro CIRCAL 75R. REDUXA-klassen er primærproduksjon og ligger med utslipp mindre enn ¼ i forhold til snitt på verdensbasis med sine 4 kg CO₂/kg Al. Hydro klarer per dags dato også å produsere REDUXA med mindre enn 4 kg CO₂/kg Al, men foreløpig er dette en verdi de alltid kan garantere i sin produksjon og er dokumentert ved EPD Norge. (32) Frem mot 2030 jobber Hydro med et mål om å utvikle REDUXA 2.0, altså 2 kg CO₂/kg Al. (33)



Figur 9 – Utslipp fra aluminiumsproduksjon i kg CO₂/kg Al (34)

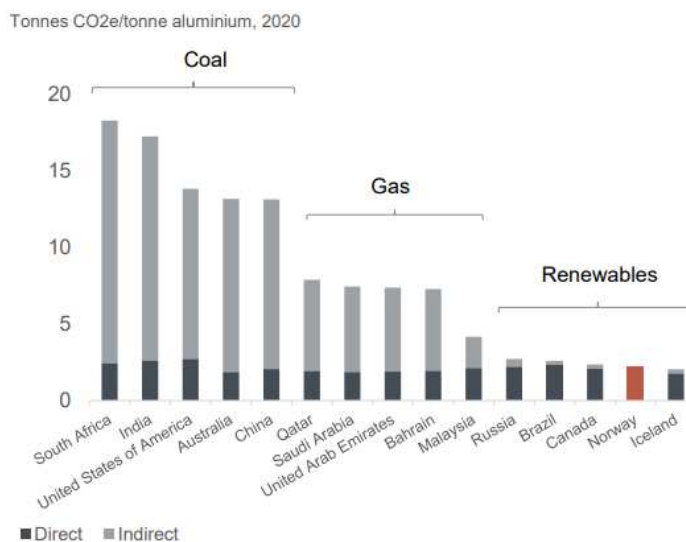
Videre er Hydro sin andre miljøvennlige produktlinje, Hydro CIRCAL 75R basert på skrapmetall og er en sekundærproduksjon. Hydro garanterer minst 75% innhold av skrapmetall, men kan tilby høyere innhold etter avtale. Des høyere innhold av skrapmetall, des lavere blir utslippet. Hydro fører også en produktserie ved navn RESTORE, som i likhet med CIRCAL baserer seg på skrap. Forskjellen er at RESTORE kommer uten krav til minst 75% gjenvinning. I henhold til Figur 9 kan en se at det per dags dato forespeiles et utslipp på 0,5 kg CO₂/kg Al i fremtiden ved 100% gjenvinning. (32) Faktoren som vil være styrende for hvor fort og hvor stor sekundærproduksjonen kan bli, er tilgangen på skrapmetall som vil variere naturlig. For å kunne tilby sekundæraluminium i stort kvantum og med stadig lavere utslipp er en avhengig av en stabil og jevn flyt av skrapmetall for å kunne tilfredsstillende markedet. For å fremme

utviklingen og bruken av materialer og produkter med mindre utslipp er det viktig å benytte seg av mulighetene som finnes, og stadig fortsette å sette krav og ønsker til bedre produkter. (35) Hydro sine to lavkarbonserier har blitt tatt svært godt imot av bransjen, og etterspørselen har vært stor etter et aluminiumsprodukt med lavere utslipp. Dette kommer og tydelig frem av figur (tall) som viser det voldsomt økende salget av Hydro CIRCAL og REDUXA. (33)



Figur 10 – Oversikt over salgsvolum av Hydro CIRCAL og Reduxa (33)

En av Hydro sine store fordeler for å kunne oppnå så lave utslippstall som de klarer er tilgangen og evnen til å nytte fornybar energi, og da spesielt vannkraft her i Norge, men også vind- og solkraft. På verdensbasis benytter Hydro fornybar energi til omtrent 2/3 av sin produksjon og har løpende fokus på forbedring av dette. I Figur 11 er en oversikt over utslipp fordelt på land og kraftkilde, hvor en ser blant annet Norge og Brasil, som Hydro har store anlegg i, ligger blant de med lavest utslipp for aluminiumsproduksjon. (34) Videre ser Hydro på løsninger innenfor bruken av hydrogen istedenfor gass, både ved sine egne anlegg, samt eksternt bruk. Dette vil hjelpe næringen med ytterligere utslippskutt, i tillegg til å hjelpe Hydro mot sitt mål om å kutte 30% CO₂-utslipp innen 2030. (36) Dette målet må ikke blandes med mål om 50% reduksjon innen 2030 gjennom Parisavtalen, da disse ikke sammenligner fra samme utgangspunkt. Parisavtalen benytter et utgangspunkt fra 1990, mens Hydro fra 1990-2018 alt har en reduksjon på 70%, og skal kutte ytterligere 30% med utgangspunkt i utslipp fra 2018.



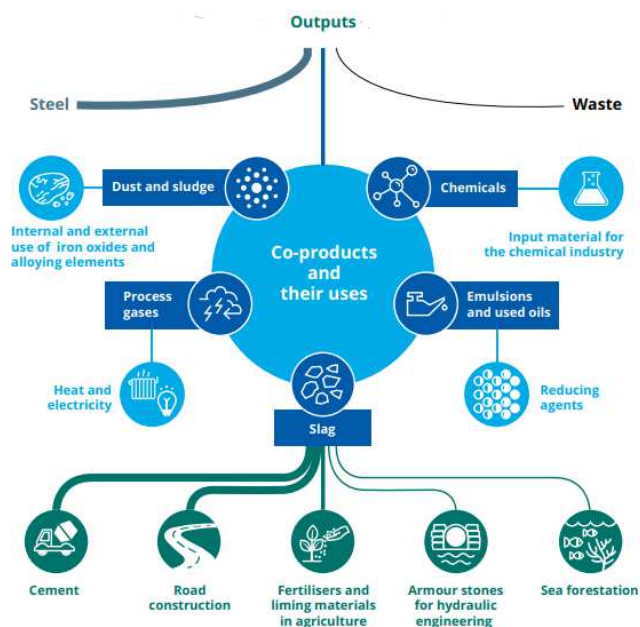
Figur 11 – Produksjonsutslipp for aluminium på verdensbasis (33)

3.4.2. Stål

Stål er et av verdens mest nyttede materialer og står for omkring 7% av verdens CO₂-utslipp. Tross at det totale utslippet for stål er på omtrent lik linje med verdens betongproduksjon har stål en klar fordel da det som nevnt er multiresirkulerbart.

Dagens stålproduksjon kan deles inn i to hovedgrupper, primær- og sekundærstål. Primærstål er en malmbasert produksjon og jernet blir først produsert i masovner, før det går videre i oksygenovner sammen med kalk, kull og noe skrapmetall, for selve stålproduksjonen. Sekundærjern blir produsert i elektriske lysbueovner som baserer seg på skrapmetall og elektrisitet, samt en liten andel andre varierende metaller. Sekundærjernproduksjon utgjør store forskjeller utslipps- og energimessig i forhold til primærstål. Gjennomsnittlig benytter en lysbueovn 60% mindre energi og utgjør 70% mindre CO₂-utslipp enn malmbasert produksjon. Fordelingen mellom de to produksjonsmetodene er i dag 70/30, men en ser en klar utvikling mot at flere stålverk i en større grad benytter seg av lysbueovner for skrapbasert produksjon. Av den grunn vil en kunne forvente at malmbasert stål på sikt kan tilnærmet fases ut, men dette vil avhenge stort av tilgangen på skrapmetall, og er vanskelig å spå. (37)

Ved stålproduksjon sitter man utover stålet i tillegg igjen med en del restprodukter som slagg, avgasser, støv, metaller, oljer og kjemikalier. I dag blir disse tilnærmet fullstendig utnyttet i videre industri slik at ingenting blir deponert unødig. Som tidligere nevnt for betong benyttes til eksempel slagg for å kunne oppnå lavkarbonbetonger. Fra Figur 12 kommer den vanligste bruken for restprodukter frem. (35)



Figur 12 – Bruk av restprodukter fra stålproduksjon (38)

Videre satses det også i stålneringen i Norge på å legge om til hydrogen som energikilde ved produksjon. CELSA Armeringsstål i Mo i Rana produserer fra før av armering som er av de med lavest utslipp i verden, men har en langsiktig plan frem mot 2050 hvor målet er null CO₂-utslipp ved produksjon av armeringsstål. I tillegg har de et mer kortsiktig mål for 2030 hvor de skal oppnå 50% kutt i utslipp i tråd med Parisavtalen og Klimakur 2030. (39) I samarbeid med Statkraft skal omlegging til hydrogen som erstatning for fossile energikilder for Celsa og Mo industripark AS være ett av flere skritt mot enda mer klimavennlig armeringsstål. (40)

I Sverige ble i 2016 prosjektet, «Hybrit» (Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology) startet, hvor målet er en malmbasert stålproduksjon i industriskala med nullutslipp i løpet av 2026. Prosjektet er så langt en suksess, og i 2020 ble en viktig milepæl nådd i da den første jernmalmpelletsen ble produsert med fossilfritt brensel noen gang. Det er planlagt en demonstrasjonsproduksjon i større skala i 2025, og om det lykkes ligge alt til rette for en utslippsfri fullskalaproduksjon av stål. (41)

3.5. Trevirke

Trevirke spiller en helt spesiell rolle i Norge og er ofte forbundet med å være det mest bærekraftige byggematerialet som finnes. I anleggsbransjen blir store mengder trevirke benyttet i produksjon som forskaling, rekkverk og andre midlertidige konstruksjoner. I nyere tid har trevirke også modnet som et godt alternativ til å fungere som hovedelement i konstruksjoner som bruer med spenn på opp mot 20-30m, lysmaster og vindmølletårn. (42) (43)

For trevirke er det i likhet med metaller ikke nødvendigvis like lett å vurdere produkter og leverandører etter CO₂-utslipp da det er stor variasjon i utslipp mellom disse. Det finnes for trevirke ingen klasseinndelinger som for lavkarbonbetong som gjør det lettere å skille forholdsvis like produkter, men med ulikt utslipp. Av den grunn kan det være fordelaktig å sette makskrav til utslipp for ulike produkter og produktgrupper. I utgivelsen «Grønn Materialguide» utarbeidet av Grønn Byggeallianse er det tatt et stort utvalg av byggematerialer, deriblant ulikt trevirke, og vurdert blant annet vanlig spenn for CO₂-utslipp, egnethet til gjenvinning, samt anbefalt maksverdi for CO₂-utslipp. Denne utgivelsen kan fungere som et godt hjelpemiddel for prosjekter, om ikke annet er spesifisert og fastlåst fra før. (30)

3.5.1. Bioegent og ikke-bioegent regnskap

Som nevnt i kapittel 3.1.2 er det nødvendig å skille mellom et biogent og ikke-bioegent regnskap for trevirke sett fra et miljøperspektiv. Trær tar opp CO₂ og lagrer karbon under vekst og fungerer som et karbonlager gjennom sin levetid frem til avhending, hvor det slippes ut igjen. Dette karbonlageret refereres til som biogent karboninnhold og det er ulik praksis i hvordan dette brukes i miljø- og livsløpsregnskap. I oppgavens regnemodell for CO₂-utslipp tas kun A-kolonnen fra EPDer med, noe som

ved et biogent regnskap vil et kunstig skjevt utgangspunkt for sammenligning med materialer som betong og stål. Dette siden disse har sin største utslippsandel i produksjonsfasen, mens trevirke har sin største utslippspost knyttet til bruks- og avhendingsfasen. (44)

Videre er man ved benyttelse av miljøregnskap eller lignende nødt til å være i stand til å skille tallverdiene i EPDene utfra om man ønsker å gjennomføre regnskapet biogent eller ei. Som en ser i Figur 13, Figur 14 og Figur 15 kan presentasjon av det biogene karboninnholdet variere noe i ulike EPDer, uten at det skal være noe stort problem. Ved ikke-biogent regnskap skal nederste verdi fra Figur 13 benyttes, samt de to øverste verdiene i Figur 14 og Figur 15. Dette vil også være tydeliggjort i hver enkelt EPD, slik at det ikke er rom for å benytte feil verdier. Videre må en medregne A4-A5 for transport- og konstruksjonsfasen i oppgavens regnemodell.

Miljøpåvirkning			Klimapåvirkning		
Parameter	Unit	A1 - A3	Parameter	Unit	A1-A3
GWP	kg CO ₂ -ekv	-679	GWP-IOBC	kg CO ₂ -ekv	1,92E+02
derav biogent karboninnhold		-718	GWP-BC	kg CO ₂ -ekv	-7,71E+02
derav bidrag till klimapåvirkning		39	GWP	kg CO ₂ -ekv	-5,79E+02

Figur 13 – Biogent karboninnhold i EPD (45)

Figur 14 – Biogent karboninnhold i EPD (46)

Underindikatorer for bidraget fra biogent karbon til klimapåvirkning				
Parameter	Enhet	A1-A3	A4	A5
GWP - umiddelbar oksidasjon av biogent karbon	kg CO ₂ -ekv	7,20E+01	7,07E+00	8,68E-03
GWP - bidrag fra biogent karbon i materialene	kg CO ₂ -ekv	-6,88E+02	0,00E+00	0,00E+00
GWP - total	kg CO ₂ -ekv	-6,16E+02	7,07E+00	8,68E-03

Figur 15 – Biogent karboninnhold i EPD (47)

3.5.2. Større trekonstruksjoner

Erfaringstall fra ulike livsløpsanalyser av bruer antyder en gjennomsnittlig reduksjon i CO₂-utslipp på 8-20% for trevirke sammenlignet med stål og betong som konstruksjonsmateriale. (48) I flere tilfeller er den forskjellen og enda større, men dette varierer kraftig av naturlige årsaker som lokasjon, miljø og tilgang på materialer og utstyr. Per dags dato vil det ofte være gunstig økonomisk sett å bygge i stål og betong, men med et stadig økende fokus på vektleggelse av miljø, og større bruk, konkurranse og utvikling av trebruer er det fullt mulig at trebruer og blir konkurransedyktige på både pris og miljø. (49)

Videre gir bruk av trevirke muligheter for å bygge på tidligere uaktuelle steder for betong og stål. Dette på grunn av blant annet lettere vekt og transport, noe som kommer til syne ved eksempelvis vindmøletårn

av tre. Moelven utviklet sammen med Modvion i 2020 et 30 meter høyt vindmøllertårn bestående av limtre. Målet med prosjektet er å kunne levere større og like sterke tårn som i stål, i tillegg til at transport blir billigere og en kan oppføre vindparker der det tidligere var uaktuelt for en stålkonstruksjon. Prosjektet er i tillegg med å vise hvilke muligheter en har med bruk av trevirke, spesielt om en klarer å være konkurransedyktige på pris i tillegg til miljø. (42)

3.5.3. Treforskaling

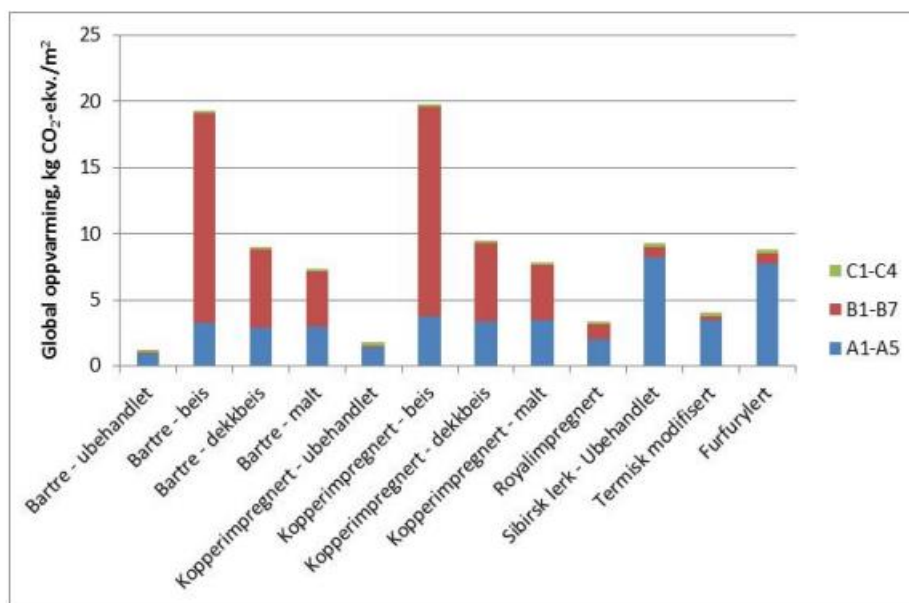
Treforskaling er en stor del av bruksområdet til trevirke i anleggsnæringen og bidrar av den grunn også til klimagassutslipp og avfall. Forbruket er stort og ofte blir forskalingsmaterialer revet og kastet etter hvert bruk. Akkurat dette er et kost/nytte-spørsmål, ettersom det må brukes arbeidskraft og tid på demontering og vask av forskaling. Videre blir gjerne ikke finérplatene i forskalingen helt som nye ved gjenbruk. Og i mange tilfeller stilles det krav til betongoverflaten, hvor gjenbrukt treforskaling ikke tilfredsstillende den ønskede overflaten. Likevel er det ingen umulighet å gjenbruke iallfall deler av forskalingen, men det krever planlegging av det i forkant og god utførelse for at det skal være hensiktsmessig å holde på med. (Intervju – Lundqvist 29.03.2021).

For å kunne drive gjenbruk av forskaling på en god måte er en avhengig av god planlegging og utførelse av støpelementer eller deler. Dette slik at demontering og videre bruk tar kortest mulig tid. Utover dette er en avhengig av plass og gode rutiner til rengjøring av finérplatene som har kontakt med betongen slik at betongoverflate på betongen blir tilfredsstillende. Oljede plater skal oljes på nytt etter rengjøring, og dette krever god utførelse slik at laget blir like jevnt over hele platen. Om dette ikke er tilfelle vil en ende opp med store porer og skjolder i betongoverflaten. Det kan være fordelaktig å gå opp i kvalitet for plater om gjenbruk vurderes. Utover dette er det større rom for gjenbruk om det ikke er spesielle krav til overflate, som for eksempel ved støp av lodd, konstruksjonsdeler som ikke synes eller ligger utsatt til og lignende. (50)

3.5.4. Beskyttelse, vedlikehold og levetid

Tross trevirkets lave klimaavtrykk i produksjonsfasen, varierer utslippet mer med ulike beskyttelse. Valg av løsninger for beskyttelse og nødvendig vedlikeholdsintervaller kan være svært utslagsgivende for totalt klimaavtrykk av trekonstruksjoner. Videre kan feil valg føre til kortere levetid, økt vedlikeholdshyppighet og større klimaavtrykk. (51) I hovedsak skilles det mellom kjemisk og konstruktiv beskyttelse, hvor kjemisk beskyttelse er overflatebehandling, trykkimpregnering og annen modifisering av trevirke. Konstruktiv beskyttelse går på at konstruksjonen i sin utforming beskytter trevirket og kritiske punkter mot direkte kontakt med vann og fukt. (52)

I Figur 16 foreligger resultater fra en forskningsrapport av SINTEF på «Miljøanalyse av trefasader», som viser CO₂-utslipp for ulike beskyttelsesbehandlinger av trefasader i ulike deler av deres livsløp. Fra rapporten konkluderes det med at overflatebehandling som beis og maling bidrar til høyt utslipp, og at det av den grunn vil være hensiktsmessig å velge overflatebehandling med bakgrunn i lengst mulig vedlikeholdsintervaller. Videre dekker rapporten kun trefasader, men ved for eksempel større konstruksjoner som bruer og lignende hvor trevirke nyttes, finnes det i tillegg noen flere beskyttelsesmidler som blant annet kreosot. Kreosot er den eneste egnede impregneringen for maritimt miljø, men bringer med seg flere utfordringer og krav da det regnes som farlig avfall. Tross en eventuell besparelse i CO₂-kan andre forhold som lekkasje og damp være nødvendig å vurdere prosjektspesifikt. (51)



Figur 16 – Klimagassutslipp for ulike kledningstyper (51)

Videre er forvaltning, drift og vedlikehold over en hel levetid avgjørende for konkurransedyktigheten til trevirke sett i forhold til andre konstruksjonsmaterialer som metaller og betong. Bruk av trevirke fører ofte med seg kortere vedlikeholdsintervaller, som i mange tilfeller vil innebære ytterligere påføring av diverse overflatebehandlinger. Som det fremkommer i Figur 16 skiller det stort mellom utslipp knyttet til ulik overflatebehandling under bruksfase (rødt). Dette er noe som må vurderes prosjektspesifikt, men ønskelig er naturligvis så lavt utslipp som mulig med lengste vedlikeholdsintervall. (53)

3.6. Asfalt

Asfalt er en blanding av steinmaterialer og bituminøst bindemiddel. Fordelingen er omtrent 94-95% steinmaterialer, og 5-6% bituminøst bindemiddel. Asfalt finnes ofte som det øverste laget på en veg, både til bruk for vanlig trafikk, men også ofte for veier på anleggsområder. (54)

Som nevnt er asfalten bestående av bindemiddel inneholdende bitumen. Bitumen har mange egenskaper og er fremstilt ved raffinering av råolje. Bitumen blir ved høye temperaturer flytende, og i flytende tilstand er den svært klebrig og gir god heft til steinmaterialer. Ved lavere temperaturer blir bitumen stivt og elastisk. Disse egenskapene gjør at bitumen er et godt valg som bindemiddel i asfalt. (55)

Statens vegvesen la nylig fram en målsetting om å halvere CO₂-utslippene forbundet med asfalt innen 2030. Asfaltens levetid, ved riktig produksjon og utlegging trekkes frem som et sentralt tiltak for at dette skal kunne realiseres. (56) I tillegg finnes det andre metoder som er gjort rede for under.

3.6.1. Lavtemperaturasfalt - LTA

Lavtemperaturasfalt er en måte å produsere asfalt på, men som gjør dette med lavere temperatur enn normalt. Veidekke informerer om at de, i samarbeid med Shell Bitumen, utviklet dette for 20 år siden, under navnet WAM Foam. Det er ikke før nå, i de seneste år, at lavtemperaturasfalt virkelig er tatt i bruk. Gjennom produksjonsprosessen, er temperaturen 15-30 grader lavere enn ved normal asfaltproduksjon. (57) Dette reduserer energiforbruk, samt forbedrer arbeidsmiljøet. Dette fordi CO₂-utslippet er redusert i forbindelse med at det kreves mindre gass til oppvarming. Det produseres også mindre damp fra bitumen, som kan være skadelig for asfaltarbeidere. (58) En temperatursenkning på 30 grader, gir ca. 30% mindre klimagasser ved benyttelse av fossilt brensel. Dette kommer av at energiforbruket reduseres med 20%. I tillegg reduseres andelen asfaltrøyk med 65%, som bidrar til bedret miljø for asfaltarbeidere. (57)

EBA, entreprenørforeningen for bygg og anlegg, har en målsetning om at LTA skal bli den vanligste typen asfalt i 2030. De har også en målsetning om at 40-50 prosent av asfalt som brukes skal være LTA i 2021. (59) Fra Figur 17 kan det ses at av den produserte asfalten, var i 2019 kun 22,7% LTA, og i 2020 var tilnærmet 27% LTA. (60)

PRODUSERT ASFALT I NORGE 31.12.20				
ASFALT PRODUKSJON				
x 1.000 tonn				
Produsent	Total	Lavtemperaturasfalt		Total
	31.12.2020	LTA	LTA	31.12.2019
		31.12.2020	31.12.2019	
	2225	911	1 015	2919
	1417	479	405	1486
	1338	103	73	1439
	582	163	126	575
	501	133	43	486
	375		18	311
	147	62	60	180
	130			106
	35			51
	34			45
	42			35
	37			32
Sum tonn:	6 863	1 851	1 740	7 665

Figur 17 – Produsert asfalt i Norge, tall fra EBA (60)

3.6.2. Returasfalt

Miljøgevinsten ved gjenbruk av returasfalt er knyttet til redusert behov for bruk av nye råvarer og i noen tilfeller også redusert transport av materialer. Oppsamling, transport, lagring og bearbeiding av returasfalt gir likevel en miljøbelastning. (61) Det vil dermed være hensiktsmessig å utnytte returasfalt direkte i prosjektet der dette forekommer. Med en riktig utnyttelse av returasfalt fås et sluttprodukt med samme eller bedre kvalitet enn ved bruk av ferske materialer. I tillegg gir det både økonomiske og miljømessige fordeler, da uttak av nye ikke fornybare materialer reduseres. (61)

Returasfalt regnes som asfaltflak som graves opp, asfalt som blir frest opp, samt overskudd fra produksjon og utlegging av asfalt. Asfalt er 100% resirkulerbart og er dermed en materialressurs som alltid bør benyttes på nytt. Avkjølt overskuddsmasse fra produksjon og asfaltflak som graves opp regnes som avfall inntil den er bearbeidet. Dette regnes som byggevare først når den er knust til asfaltgranulat. Frest asfalt regnes som knust gjennom freseprosessen og kan dermed benyttes med en gang. (62)

Asfalt kan gjenbrukes i alle tilfeller utenom forekomster med høyt innhold av PAH eller annen forurensing. (61) Dette forekommer som oftest kun ved oppgraving av eldre veier som er bygget før 1970. Ved slike tilfeller må asfalten testes. Dokumenteres PAH nivåer over grenseverdier går asfalten ut av kretsløpet og leveres på avfallsdeponi. (62)

Ved gjenbruk av retur-asfalt i produksjonen vil energinivået øke fordi steinmaterialet må varmes opp for å kompensere for temperaturtap ved tilsetning av retur-asfalten. Likevel vil det totale CO₂-ekvivalentsutslippet reduseres. Ifølge EAPA⁹ vil 10% gjenbruk gi 4% reduksjon av CO₂-ekv. Videre vil 50% gjenbruk gi 20% reduksjon. (61) Statens Vegvesen tillater maksimalt 40% tilsetning av resirkulert asfalt i ny produksjon. (62) Dette vil gi en estimert verdi på 16% reduksjon av CO₂-ekv.

Statens Vegvesen opererer med en gjennomsnittsverdi ved asfaltsproduksjon på 60 kg CO₂-ekv per tonn asfalt. (63) Dette vil utgjøre en mulig reduksjon på 9,6 kg CO₂-ekv per tonn asfalt produsert ved en tilsetning av 40% resirkulert asfalt.

3.6.3. ECO-Asfalt

Ved produksjon av ECO-Asfalt er fossilt brensel som diesel og gass erstattet med biogass og bio-olje fra restprodukter. Det som i størst grad bidrar til CO₂-utslipp ved asfaltproduksjon, er tørking og oppvarming av steinmaterialene. Ved innføring av miljøvennlig brensel for produksjon av asfalt regnes utslippet å reduseres med 50-90% avhengig av andelen biogass som er tilført produksjonen. Benyttes 100% biogass reduseres utslippet med 90%, ved 51% reduseres det med ca. 50%. (57)

Innen 2024 regner PEAB med å ha konvertert sine asfaltverk til å produsere ECO-Asfalt. Per mai 2021 produseres det allerede ECO-Asfalt hos deres asfaltverk i Tønsberg. Denne miljøvennlige produksjonsmetoden vil dermed mer eller mindre være en tilgjengelig løsning i nærmeste fremtid. (57)

3.6.4. Asfalt i Consto

I prosjekter med behov for ny asfalt, leies det inn underentreprenører både for produksjon og utlegging. Consto har dermed liten innvirkning på utslippspotensialet fra asfaltproduksjonen ved standard hovedentreprise. Byggherre stiller krav til god og riktig kvalitet på asfalten i henhold til Statens Vegvesen sine standarder. Likevel er det som oftest ikke krav til innhold av resirkulert asfalt i produksjonen.

Fresing og utnyttelse av gammel asfalt brukes hyppig av entreprenøren til å utbedre anleggsveiene for maskiner på anleggsplassen. Bedring av tilkomstveier gir bedre utnyttelse av maskinene i form av minsket rullemotstand, og dermed bedret drivstoffutnyttelse som er positivt i et utslippsperspektiv. Oppfrest asfalt brukes også som forsterkningslag under nyprodusert asfalt i forbindelse med prosjektene. Med dette spares råvarer som ellers ville vært produsert til å utnyttes til dette formålet. (Intervju – Brubakken 14.04.2021)

⁹ EAPA - European Asphalt Pavement Association

3.7.Massehåndtering

Lasting med anleggsmaskiner kombinert med lange transportavstander med tunge kjøretøy mellom prosjekter, masseuttak og ulike deponi, gjør at klimaavtrykket fra massehåndtering er betydelig. For å redusere avtrykket innen massehåndtering vil det overordnede målet være å gjenbruke og nyttiggjøre så mye som mulig, samtidig som det bør etterstrebes å minimere sløsing av brukbare ressurser. Å utnytte avfallsstrømmene av masser til å skape mer for mindre, er en sentral problemstilling innen anleggsnæringen. (64)

Massehåndtering er en problemstilling som i større grad krever helhetstenkning i et samfunnsperspektiv. I denne oppgaven er det lagt til grunn for å spesielt se på hvilke utfordringer entreprenør og byggherre står ovenfor, og da tiltak til hvordan dette kan løses mest effektivt. Suksess innen sirkulær økonomi for masser krever en større grad av omstilling innen massenes verdisyn, ikke bare for entreprenør, men for alle instanser og aktører involvert. (64)

Utfordringene innen massehåndtering gjør temaet komplisert og vanskelig å planlegge. Ofte kan det være manglende arealer for lagring av masser. I tillegg finnes det strenge regelverk og håndbøker som regulerer massers videre utnyttelse i sammenheng med forurensning og geotekniske krav. Det er dermed verdt å gjøre rede for hvilke barrierer som gjør at massehåndtering fortsetter å utgjøre en stor del av utslippene på landsbasis, og hvilke muligheter entreprenører i anleggsbransjen har for å eventuelt forbedre dette.

3.7.1. Masser

Massehåndtering i anleggsprosjekter brukes som en fellesbetegnelse for overskuddsmasser på et anlegg. Massene som det settes søkelys på i denne oppgaven omfatter både geologisk naturlige masser som jord, leire, grus, stein og sand. Disse oppstår som regel i forbindelse med utgravingsarbeid eller lignende. Tunge masser som oppstår ved riving og rehabiliteringsprosjekter, da henholdsvis betong og tegl, er gjort rede for under punkt 0. Returasfaltmasser ved oppfresing og gevinst innen gjenbruk av dette er gjort rede for under punkt 0.

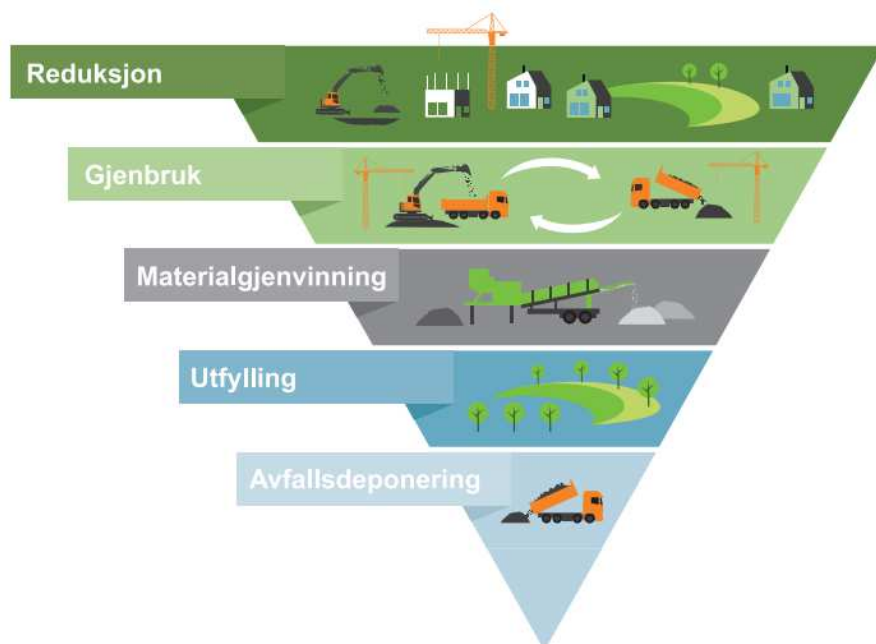
I en sirkulær økonomi, vil det være hensiktsmessig at minst mulig brukbare masser blir sendt til varig deponering. I tillegg bidrar lange transportdistanser til økt tid- og pengebruk for entreprenør (65).

Mengden masser som blir frembrakt i planområdet for et prosjekt er ofte mye større enn tilgjengelige utfyllings- eller gjenbruksvolum. Derfor må massehåndteringen planlegges for å redusere overskuddet av masser fra prosjekter. (66) Uansett om massene flyttes langt eller kort bør det skje på en effektiv måte. Kortest mulig transportavstander både på og utenfor anleggsplass krever en god oversikt over rekkefølgen i arbeidsprosessene som inngår i det aktuelle prosjektet. Det bør helst planlegges for færrest mulig løft, (48) men det er samtidig viktig å sørge for at brukbare masser forblir ressurser i en sirkulær økonomi ved

gjenbruk og gjenvinning. Mangelen på overordnet ansvar og planlegging for helheten av massehåndtering i samfunnet, bidrar til at entreprenører og andre aktører velger billige løsninger fremfor sirkulære løsninger. (64)

Ressurspyramiden

Ressurspyramiden viser ideell håndtering av overskuddsmasser for å sikre klima- og miljøvennlighet. Den er inndelt i fem trinn og illustrerer prioriteringene ved håndtering av masser. Ved vurdering av alternativer for massehåndtering, er det overordnede målet alltid at massene skal holdes lengst mulig i verdikjeden med høyest mulig kvalitet. (66)



Figur 18 – Ressurspyramide for massehåndtering (66)

Gjennom bevisstgjøring og generelt fokus på å minimere masseoverskudd, er dette første steg for å sikre bedre avfallsforvaltning. Mengde overskuddsmasse fra et prosjekt bør alltid strebes etter å holdes lavest mulig. Under planleggingsfasen av anleggsprosjekter er det viktig å inneha kunnskap om hvilke masser og materialer som er egnet til ulike formål videre i samme prosjekt, og eventuelt fremtidige prosjekter. På denne måten kan transportkostnader og forbruk av alternative nye masser spares. (66)

Direkte gjenbruk av masser vil si at massen brukes på nytt, uten omfattende bearbeiding. (67) Dette vil si å utnytte ressursene flere ganger. Det kan ofte være lurt å lagre og sortere de utgravde massene etter bruksområder. Likevel er dette noe som krever mye plass og tid, samtidig som en stor grad av logistikk og planlegging vil gjøre seg gjeldene for å få dette til å fungere. Tilbud og etterspørsel innen ulike

massetyper sammenfaller sjelden i tid, dermed må det etableres areal for mellomlagring og omlasting av de ulike massene for å legge til rette for gjenbruk. (66)

Materialgjenvinning krever mer energi og transport enn direkte gjenbruk, og er dermed en mindre etterlengtet løsning for miljøet. Det positive med materialgjenvinning er at det produseres produkter med bedre markedsverdi enn produktet ville hatt ved direkte gjenbruk. (67) Materialgjenvinning bør alltid velges foran utfylling og deponering. (66)

Det neste trinnet er utfylling, som i hovedsak handler om å nyttiggjøre overskuddsmasser kontra bruk av nye byggeråstoffer. Dette vil i mange tilfeller være områder som trenger å fylles opp. Overskuddsmassene fra prosjektet vil da legges rett ut i naturen for å fylle opp et gitt areal, og vil direkte erstatte bruken av eventuelle andre nye ressurser. (66)

Permanent deponering av overskuddsmasser skal i utgangspunktet kun brukes for masser som inneholder miljøgifter over gitte grenseverdier. (67) I slike tilfeller er gjenbruk i strid med forurensingsloven, og massene må dermed isoleres i et deponi. Levering til deponi er det minst miljøvennlige valget når det kommer til massehåndtering, og bør unngås i størst mulig grad. (66)

Tilstandsklasser

Hvordan de aktuelle massene bør håndteres avhenger av hvilken tilstandsklasse de befinner seg. Tilstandsklassene er etablert for å gi føringer på hvor høye konsentrasjoner av miljøgifter som er helsemessig akseptabelt knyttet til hvilke massehåndteringsstrinn som kan velges. Grunnlaget for å kvalifisere de ulike klassene er prøvetaking og analyse av jordprøver. Videre blir verdiene sammenlignet mot angitte grenseverdier og får tildelt sin tilstandsklasse. Klassene gjør rede for om massene kan gjenbrukes direkte, til hvilken bruk, og om den eventuelt må behandles før den utnyttes. Tilstandsklasse 1 angir rene masser, alt under dette inneholder forskjellig grad av forurensning. For industri- og trafikkareal, som er vanligst for Consto, kan tilstandsklasse 3 og lavere utnyttes. Klasse 4 kan også utnyttes ved risikovurdering av spredning kan dokumenteres til å være på et akseptabelt nivå. (68)

Tilstandsklasse/ Stoff	1	2	3	4	5
	Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Arsen	< 8	8-20	20-50	50-600	600-1000
Bly	< 60	60 -100	100-300	300-700	700-2500
Kadmium	<1,5	1,5-10	10-15	15-30	30-1000
Kvikksølv	<1	1-2	2-4	4-10	10-1000
Kobber	< 100	100-200	200-1000	1000-8500	8500-25000
Sink	<200	200-500	500-1000	1000-5000	5000-25000
Krom (III)	<50	50-200	200-500	500-2800	2800-25000
Krom (VI)	<2	2-5	5-20	20-80	80-1000
Nikkel	< 60	60- 135	135-200	200-1200	1200-2500
ΣPCB ₇	< 0,01	0,01-0,5	0,5-1	1-5	5-50
DDT	<0,04	0,04-4	4-12	12-30	30-50
ΣPAH ₁₆	<2	2-8	8-50	50-150	150-2500
Benzo(a)pyren	< 0,1	0,1-0,5	0,5- 5	5 -15	15-100
Alifater C8-C10 ¹⁾	< 10	≤10	10-40	40-50	50-20000
Alifater > C10-C12 ¹⁾	< 50	50- 60	60-130	130-300	300-20000
Alifater > C12-C35	< 100	100-300	300-600	600-2000	2000-20000
DEHP	<2,8	2,8-25	25-40	40-60	60-5000
Dioksiner/furaner	<0.00001	0,00001- 0,00002	0,00002- 0,0001	0,0001- 0,00036	0,00036-0,015
Fenol	<0,1	0,1-4	4-40	40-400	400-25000
Benzen ¹⁾	<0,01	0,01-0,015	0,015-0,04	0,04-0,05	0,05-1000
Trikloretan	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,6	0,6-0,8	0,8-1000

Figur 19 – Tilstandsklasser for forurenset grunn. Konsentrasjoner i mg/kg TS. (111)

3.7.2. Dagens praksis

Planlegging for å legge til rette for ressursutnyttelse av masser er en tidkrevende og komplisert prosess som krever erfaring og kompetanse rundt massers bruksområder. I planleggingsfasen for anleggsprosjekter utarbeides oversikter over hvilke materialer og utstyr som må være tilgjengelige til rett tid i prosjektet. Dette er grunnleggende for å opprettholde flyt i arbeidet. Forsinkelser i arbeidsprosesser kan sette parallelle faser av prosjektet på vent, noe som vil føre til unødvendige kostnader for entreprenøren. Optimal ressursutnyttelse av overskuddsmasse er derfor noe som raskt kan utgå på prosjekter der planleggingen ikke er tilstrekkelig omfattende. (65)

Viktigheten i å planlegge for videre bruk av massene gjenspeiler seg i lovverkets definisjon av næringsavfall. Næringsavfall defineres som overskytende jord – og steinmasser fra anleggsvirksomhet, som ikke skal brukes på samme lokalitet som de er gravd opp, med mindre det er sikkert at massene skal videreutnyttes i det aktuelle prosjektet, eller et annet planlagt prosjekt i nær fremtid. (69) Alt av næringsavfall skal som hovedregel leveres til avfallsanlegg eller gjennomgå gjenvinning.

Mellomlagringsplasser brukes for midlertidig lagring av overskuddsmasser. Dette er nyttig for videre gjenbruk av masser på et senere tidspunkt. Bruk av mellomlagring krever et stort areal, noe som vil være krevende i tettbygde strøk og byer. Dersom det ønskes mellomlagring er det essensielt at transportavstanden fra anleggsområdet er kortest mulig. Dermed vil det på prosjekter uten mulighet for en slik løsning ofte være eneste løsning å transportere til deponier. I henhold til avfallsforskriften kan overskuddsmasse være på et mellomlager i opptil ett år, dersom massen skal leveres til deponi. Skal massen derimot gjenvinnes eller behandles kan den lagres i opptil tre år. (70) Som presentert i ressurspyramiden er gjenbruk et viktig virkemiddel for å bidra til avfallsreduksjon. Det bør derfor legges til rette for gjenbruk av overskuddsmasser enten i eget eller for et nærliggende prosjekt i masseunderskudd. For at massen skal kunne gjenbrukes kreves det at den oppfyller de prosjektspesifikke kravene som er lagt til rette for prosjektet. Dette kan gjøres gjennom eventuell behandling og sortering på mellomlagringsplass.

I tillegg til massenes tilstandsklasse stiller også konsulenter og geoteknikere krav til andre parametere som korngradering og komprimeringsgrad for gjenbruk i henhold til krav. (65) Deponering av ukjente lett forurensede masser¹⁰, og innkjøp av tilfredsstillende, nye masser kan dermed ofte være det enkleste og rimeligste valget for entreprenøren. Grunnen til at det ofte ikke settes søkelys på klima og miljø er at det både er tidkrevende og at regelverket rundt gjenbruk av masser kan oppfattes som komplisert. (65)

Massehåndtering i Consto

I bymiljø-prosjekter og andre der det er vanskelig å inneha kapasitet til mellomlagring er det vanskelig for entreprenører å finne muligheter til å lagre oppgravde masser til fremtidig gjenbruk. Massene blir derfor lastet og transportert direkte på deponi. (Intervju – Lundqvist 07.04.2021) Videre blir rene masser kjøpt inn fra lokale masseforhandlere på tidspunkt der prosjektet har behov for dette. I prosjekter som tilrettelegger for mellomlagring er det enklere å legge til rette for nyttiggjøring av overskuddsmassene.

Før prosjektstart utføres det alltid geotekniske undersøkelser for å kartlegge områdes geotekniske tilstand. Her finnes informasjon om blant annet hvilke type masser som ligger i grunnen, samt avstand til fjell og grunnvann. I tillegg til dette klassifiseres også massenes tilhørende tilstandsklasser. Disse testene legger grunnlaget for videre utnyttelse av massene. Det er sjeldent at det utføres flere tester av massene utover dette (Intervju - Brubakken 14.04.2021). Grunner til denne utviklingen kan være at den miljøtekniske grunnundersøkelsen oppleves som omfattende nok i seg selv. I tillegg er det kostbart og tidkrevende å utføre eventuelle tilleggsundersøkelser og utlekkingstester for å finne ut om massene likevel kunne vært nyttiggjort. (65)

¹⁰ Lett forurensede masser – regnes som masser i tilstandsklasser 2 og 3

Consto operer i all hovedsak med nyttiggjøring av TKL1-3 masser, samt gjenbrukes i tillegg TKL4 masser ved spesiell vurdering og utnyttelse minst 1m under planeringsoverflate. Dette krever at det fylles TKL1-3 masser over TKL4 massene. (Tiltaksplan Consto, vedlegg C) Det rapporteres en gjennomsnittsfordeling av 95% TKL1-3 masser som utgraves i forbindelse med Constos prosjekter. Hvor stor andel av disse som går til gjenbruk rapporteres til å være gjennomsnittlig ca. 20%. Likevel har det vært prosjekter med stor plass til mellomagring der de har fått til å gjenbruke oppimot 100% av TKL1-3 massene. (Intervju – Brubakken 14.04.2021) Som tidligere nevnt er entreprenøren pålagt å levere TKL5 masser til godkjent mottak. Grunnen til at ikke mer av massene nyttiggjøres er fordi det ofte kan være liten plass til å lagre dette, i tillegg kan de tilgjengelige massene være uegnet for videre bruk på grunn av geotekniske krav som blant annet kornfordeling og fraksjonsstørrelser. Forbedringspotensialet for massehåndtering ligger derfor på å finne metoder på å større grad gjenbruke TKL1-3 masser, og dermed minke mengder brukbare masser som sendes til varig deponi. På denne måten reduseres transportavstandene, samtidig som det etterstrebes å beholde massenes ressursverdi.

3.8. Anleggsmaskiner og lastebiler

Flere offentlige byggherrer stiller i dag stadig strengere krav til fossilfrie bygg- og anleggsplasser. Som følge av utviklingen vil det være riktig å anta at det snart og vil bli stilt krav og forventninger til at det skal være helt eller delvis utslippsfritt. (71) Regjeringen har per januar 2021 lagt frem en handlingsplan for å sørge for at anleggsplasser innen transportsektoren skal bli fossilfrie. (72) Entreprenører som ønsker å være med i fremtidige konkurransetilbud må dermed begynne å se på hvilke muligheter som finnes for å kutte utslippsmengder innen drivstoff. Både på, og utenfor anleggsplassen. Dette kan innebære investeringer i nye maskiner, nytt utstyr, og biodrivstoffsalternativer.

Direkte utslipp fra bygg – og anleggsarbeid er estimert til å være på cirka 600 000 – 700 000 tonn CO₂-ekv. per år. Med dette skal det vurderes innsettelse av diverse virkemidler for å legge til rette for at anleggsplasser skal være fossilfrie innen 2025. Norsk CO₂ avgift beløper seg per i dag på 591kr per tonn CO₂. Hovedvirkemiddelet for å nå målet vil være å øke denne avgiften gradvis til om lag 2000 kr per tonn CO₂ innen 2030. (72)

Denne oppgaven vil i hovedsak ta for seg de vanligste maskinene som brukes i forbindelse med anleggsvirksomhet. Henholdsvis gravemaskin, hjullaster, dumper, lastebil og valsemaskin. For å sette tallene over i perspektiv, slipper en gravemaskin ut mellom 90 og 180 tonn CO₂ – ekv. gjennom et års bruk. Dumper og hjullaster stiller med statistikken 110 tonn – og 50 tonn CO₂-ekv. (72) Det finnes per i dag liten statistikk på utslipp fra lastebiler i forbindelse med massetransport.

En reduksjon i utslippene på anleggsplass vil i hovedsak skje gjennom tre hovedtiltak:

- Bedret effektivitet ved bruk av maskiner og kjøretøy
- Fossilfrie maskiner og kjøretøy med hjelp av biodrivstoffsinnblanding
- Utslippsfrie maskiner og kjøretøy

I tillegg vil det sees på euro- og stegklasser i forbindelse med deres innvirkning på lastebiler og maskiners utslippseffektivitet.

3.8.1. Euro- og stegklasser

Som regel stiller byggherre med opplisting av poster med krav til ulike aspekter av prosjektet. For anleggsdrift dreier disse kravene seg ofte om utslippskrav til lastebiler og maskiner. Disse kravene setter grenseverdier for hvor mye skadelige gasser maskinen har lov til å slippe ut ved drift. (73) I dag stilles det krav til lastebiler med de nyeste euroklassene V og VI. Tilsvarende krav settes for anleggsmaskiner og heter steg. Steg 5 klassen er det øverste kravet for anleggsmaskiner. Utover dette står entreprenøren fritt til å leie inn valgfri maskinpark i henhold til disse kravene. (Intervju – Lundqvist 29.03.2021).

De tidlige oppgraderingene innen steg- og euroklasser har dreiet seg om å sikre minimalt utslipp av CO₂. I senere år har fokuset gått over til å drastisk regulere det lokale utslippet av skadelige gasser og partikler. Hoppet fra V til VI for lastebiler dreier seg altså lite om CO₂-utslipp, men har i høy grad bidratt til nedgang av nitrogenoksid (NO_x), svevestøv (PM), hydrokarboner (HC) og karbonmonoksid (CO). Dette framkommer i tabellen under. Grunner til at CO₂ ikke er tatt med i den nyeste standarden er at videre nedgang i CO₂ utslipp fra lastebiler og anleggsmaskiner i større grad skjer ved benyttelse av nye typer drivstoff. (74)

Euro-klasse	Fra	NO _x		PM		HC		CO	
		Krav	Reelt	Krav	Reelt	Krav	Reelt	Krav	Reelt
Euro I	1993	8,00	7,44	0,36	0,22	1,10	0,38	4,50	1,04
Euro II	1996	7,00	6,26	0,15	0,10	1,10	0,27	4,50	0,51
Euro III	2001	5,00	4,52	0,10	0,07	0,66	0,19	2,10	0,52
Euro IV	2006	3,50	3,28	0,02	0,01	0,46	0,01	1,50	0,08
Euro V	2009	2,00	1,73	0,02	0,01	0,46	0,04	1,50	0,25
Euro VI	2014	0,40	0,12	0,01	0,01	0,13		1,50	

Figur 20 – Euroklassers nedgang av lokale utslipp. (74)

For å nå dagens krav til euro- og stegklasser er AdBlue essensielt for å minke andelen NO_x-utslipp fra anleggsmaskiner. AdBlue omdanner nitrogenoksid fra dieseleksosen til å gå over til nitrogen og vanndamp, og reduserer dermed betraktelig utslippene av nitrogenoksider. Nesten alle de større motorprodusentene bruker i dag AdBlue teknologi for å oppfylle EUs krav til lovlig utslipp av nitrogenoksider. (75) AdBlue fylles og lagres i en egen tank på maskiner, i likhet med diesel, og sprøytes gradvis inn i eksosen ved bruk. (76) Drivstoffbruket kan reduseres med en gjennomsnittsverdi på 5%, noe som varierer med maskintypen. AdBlue leveres i kanner eller i bulk, avhenge av mengde, og kan leveres direkte på anleggsplassen. (77) Alle nye anleggsmaskiner over en viss vektklasse drives i dag ved hjelp av AdBlue, og kan oppleve en nedgang på 30% effektivitet hvis det ikke er tilgjengelig på anleggsplassen. (Intervju – Brubakken 14.04.2021).

3.8.2. Tomgang og maskineffektivitet

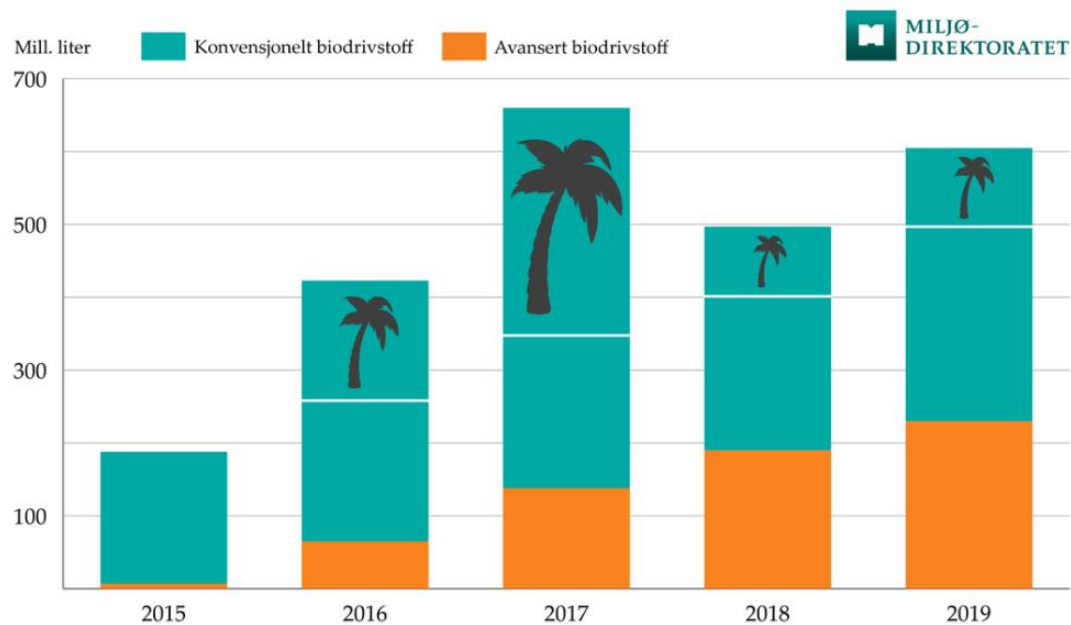
Riktig vedlikehold og gode serviceavtaler er avgjørende for effektivitet på anleggsplassen, men har også en verdi i forhold til dieselforbruk og dermed klimagassutslipp. For massehåndtering er det viktig at maskinene ikke bidrar til å forurense massene ved for eksempel lekkasje fra oljehydraulikkslanger. Dette kan ha direkte innvirkning på kostnader og utslipp da massene eventuelt må kjøres til avfallsdeponi. (48) Consto har daglige sjekker for å sikre maskiners effektivitet og generell stand, samt serviceavtaler som hører til leieavtalene. Maskinene leveres vanligvis til service etter et visst antall driftstimer, og ellers når maskinen ikke fungerer som den skal. For å sikres mot forurensning brukes containertanker på anleggsplassen for å ta opp eventuelle oljelekkasjer ved uhell. (Intervju – Brubakken 14.04.2021).

En stor prosentandel med tomgangskjøring er noe som bidrar til en økt andel CO₂-utslipp, samtidig som det bidrar til økt pengebruk hos entreprenøren. Consto rapporterer en prosentandel på 30-40% innad i deres bedrift (Intervju – Brubakken 14.04.2021). Dette er noe som gjenspeiler seg hos andre bedrifter uten betydelig fokus på tomgangsprosent. Det er dermed høyst aktuelt å se på hva en eventuell nedgang vil utgjøre i besparelse av CO₂-ekv og kroner. De fleste utleiemaskiner har i dag mulighet til å loggføre timer og dieselforbruk ved tomgangskjøring. Derfor vil det være mulig å finne realistiske verdier til inntjening for entreprenøren.

3.8.3. Biodrivstoff

Utnyttelse av biodrivstoff er en lett tilgjengelig metode for å redusere utslippene fra maskinparken. Det finnes likevel utfordringer knyttet til kostnader og risiko for arealødeleggelser. I henhold til norske regelverk skiller vi mellom begrepene konvensjonelle biodrivstoff og avanserte biodrivstoff. (78) Skillet er basert på hvilke råstoff som brukes til produksjonen. Konvensjonelle biodrivstoff som FAME bruker råstoff som også kan brukes til mat eller dyrefôr. Avanserte biodrivstoff fremstilles av rester og avfall fra landbruk, skogbruk og næringsmiddelindustrien. (78) De avanserte biodrivstoffene er i stadig utvikling.

Grafen under viser utvikling i salget av biodrivstoff de siste fem årene. (79)



Figur 21 – Salg av biodrivstoff i Norge (78)

Veksten av avansert biodrivstoff er stigende, og det er sannsynlig fra disse tallene at rapporten fra 2020 vil vise at 2. generasjons biodrivstoff vil begynne å ta over for konvensjonelt. Denne utviklingen er et resultat av at konvensjonelle biodrivstoff i stor grad benytter palmeolje. Palmeoljeproduksjonen bidrar som kjent til ødeleggelse av regnskog i Sørøst-Asia, noe som er lite ønskelig da det har direkte negative konsekvenser for klimaet. Det er lagt til grunn blant annet i Klimakur 2030 at økt bruk av biodrivstoff i anlegg – og transportsektoren kun skjer ved bruk av avansert biodrivstoff og biogass. Da for å redusere ytterligere press på disse landarealene. (80)

For tunge anleggsmaskiner er HVO den typen avansert biodrivstoff som vil være å foretrekke. Av biodrivstoff har HVO fordel ved at den kan blandes inn i fossil diesel i ulike andeler. (81) Dette er fordi HVO har tekniske egenskaper tilnærmet lik fossil diesel. Ifølge maskingrossistenes forening kan de aller fleste anleggsmaskiner, samt lastebiler i dag benytte innblandingsgrad eller 100% biodiesel av denne typen, så lenge de oppfyller standarden for biodrivstoffinnblanding: EN 15940. (48)

HVO er ikke utslippsfritt, men fossilfritt og regnes som en midlertidig løsning ved skifte fra dieseldrevne maskiner til andre utslippsfrie alternativer. (81) Dette er fornybar diesel som framstilles utelukkende av fornybare råvarer, da altså rester fra skogsbruk, animalsk fett og vegetabiliske oljer. Da HVO består av enkle parafinforbindelser uten aromater, brenner HVO veldig rent og produserer forholdsvis lite lokalt

forurensede avgasser. (81) Andelen lokale gasser som blir produsert, vil avhenge av de ulike maskiner og lastebilers steg- og euroklasse ifølge en rapport fra TOI. (82)

Klimaeffekten av biodrivstoff kan vurderes på flere måter. (83) Dette avhenger om man vurderer direkte utslipp i et nasjonalt klimaregnskap eller livsløpsutslipp. I FNs klimakonvensjon antas CO₂ fra forbrenning av biomasse til å bli tatt opp igjen i voksende biomasse, og bidrar derfor ikke til mer tilførsel av CO₂ til det naturlige karbonkretsløpet. Dermed regnes CO₂ fra forbrenning av biodrivstoff som null i de nasjonale klimagassregnskapene. Utslipp av metan og lystgass fra forbrenning vil likevel telle, og regnes om til CO₂-ekvivalenter. Disse utslippene er ofte små for biodrivstoff. (83) Dette praktiseres også i karbonregnskapet som er utviklet i denne oppgaven.

Fossilfrie erfaringer fra entreprenør

Byggherrene stiller i dag oftere krav til bruk av biodrivstoff. Kravene som ofte går igjen, er målet om å drifte anleggsplassen helhetlig på biodrivstoff. Consto tolker dette som krav til biodrivstoff innenfor gjerdet på anleggsplass, og tillater bruk av anleggsdiesel til transport ut av anleggsplassen (Intervju – Lundqvist 26.03.2021). Er det først krav om biodiesel fastsettes kravet oftest til 100% innblanding. 2G Polar og 2G Offroad er av typen HVO og er det som vanligvis benyttes i Constos prosjekter med denne typen krav. Disse typene bestilles direkte fra produsenten Eco 1. Tilgangen på biodrivstoff oppfattes ikke som særlig begrenset og generelt uproblematisk å få bestilt. Tilbakemeldinger fra sjåfører som kjører på biodrivstoff er stort sett positive. Biodrivstoffstypen 2G Polar tåler kulde ned til -40 grader noe som også gjør det uproblematisk ved drift av maskiner med biodrivstoff på vinterstid. (Intervju – Brubakken 14.04.2021) (Intervju – Lundqvist 26.03.2021)

3.8.4. Elektriske maskiner

Utslippsfrie anleggsmaskiner er i stor grad i utvikling, og stadig flere og større elektriske modeller vil være tilgjengelig på det norske markedet framover. (80) Pon Equipment har februar 2021 nærmere 100 elektriske gravemaskiner i bestilling, og vil ha en kapasitet til å produsere 8-10 maskiner i måneden i Norge. (71) Merknaden for maskiner som kan leveres i dag er cirka 3 ganger høyere enn prisen for en tilsvarende dieselmaskin. Dette betyr at kostnaden høyst sannsynligvis vil være en god del høyere enn en konvensjonell maskin inkludert sitt drivstofforbruk over livsløpet. (48) Utleiefirmaer merker og en større etterspørsel etter elektriske maskiner og utstyr, og vil være et alternativ dersom det er usikkert å investere. (84)

Elektriske maskiner kan være enten batteridrevne eller tilknyttet kraftnettet via kabel. En kabelløsning begrenser bevegelighet og vil ofte kun være en løsning på anleggsprosjekter i bymiljø. En batteridreven løsning begrenser maskinens kapasitet og vil være en tidkrevende løsning da brukstiden med dagens

teknologi er begrenset. (85) De batteridrevne mobile elektriske maskinene vil være de mest aktuelle for oppdragsgiver da kabelløsningen krever oppkobling til et tilgjengelig strømnnett. Oppkobling vil være problematisk med tanke på at prosjektsanleggene ikke alltid ligger i bymiljø der dette lar seg realisere.

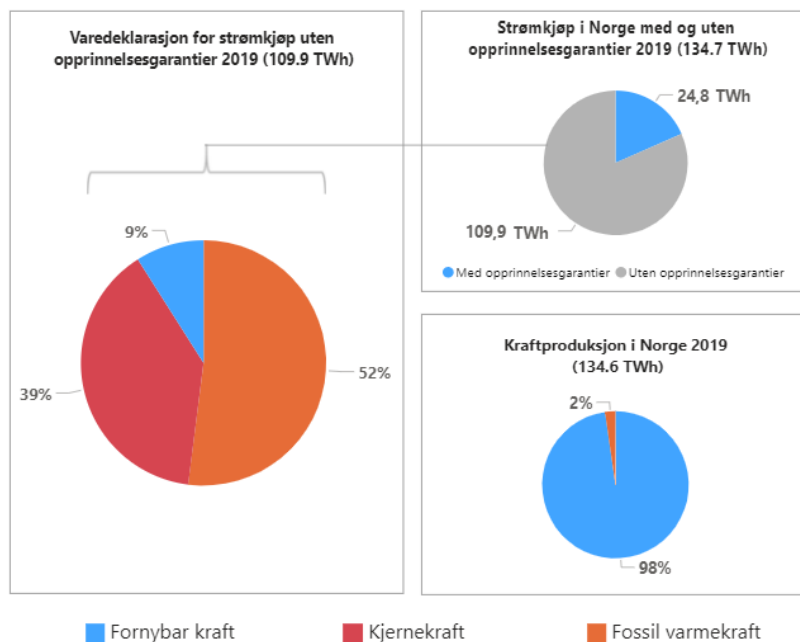
Etterspørselen for batteridrevne maskiner oppleves som størst innen de helt utslippsfrie alternativene. Per 2021 finnes det ikke batteridrevne maskiner med kapasitet til å holde en hel arbeidsdag uten lading. De mest utviklede modellene kan holde 5-7 timer før lading, avhengig av maskinbelastningen. Utfordringer for dette er tilgang til strøm på anlegget og lademuligheter med høy effekt. Dette kan avhjelpest ved å innføre portable battericontainere på anleggsplassen. (48) Opplading ved portable batteribanker gir lademuligheter med høy effektivitet, men vil bidra til stopp i prosjektet ved ladepauser.

En tilleggsløsning innen denne typen er batteridrevne maskiner med plug-in hydrogen. Denne løsningen er lik batteridrevne elektriske maskiner, men bruker brenselcelleteknologi til å dekke topplastene og korttids mellomagring av energi. (81) En av de store potensielle fordelene med hydrogendrift i stedet for ren batteridrift eller kabeldrift er at hydrogen kan lagres og fylles like raskt og effektivt som annet drivstoff. (86) Kostbar produksjon av brenselceller, lave produksjonsvolumer og umoden teknologi er likevel store barrierer som hindrer hydrogen i å være et attraktivt alternativ. (48)

Noe som kan opptre som en variabel i et utslippsregnskap i alle prosjekters faser er strøm. I Norge var strømproduksjonen i 2019 98% fornybar kraft og er beregnet til å utgjøre 17 g CO₂-ekv/kWh, likevel er ikke dette det reelle utslippet en nødvendigvis kan regne med i et regnskap som norsk bedrift. Dette kommer av at det er mulig for strømleverandører å kjøpe opprinnelsesgarantier fra kraftleverandører. Opprinnelsesgarantier fungerer som bevis og angir hvilken energikilde en gitt mengde kraft er produsert av. Forbrukere har så muligheten til å kjøpe strømvavtaler gjennom strømselskaper som har disse opprinnelsesgarantiene, og dermed kjøpe rettighetene til en mengde fornybar strøm. Ordningen er EU regulert, noe som til eksempel gjør at et selskap i et Østeuropeisk land kan kjøpe rettighetene til en mengde norskprodusert strøm, selv om denne strømmen i seg selv ikke går til den respektive kjøperen. Rettighetene er med andre ord fiktive og gjenspeiler ikke den reelle strømmen i strømnettet. (87)

Opprinnelsesgarantert energi gjør at Norge som i utgangspunktet har den høyeste graden av fornybar energi i Europa blir et populært mål for andre som i utgangspunktet har mye fossil energiproduksjon. Strømmen som da kjøpes i Norge uten noen form for opprinnelsesgaranti må da tas fra noe som heter, «Europeisk restmiks». Det er utgangspunktet for det som er kjent som ren og skitten strøm. Europeisk restmiks er en form for estimat for den gjenværende produksjonen av energi i Europa som ikke har opprinnelsesgaranti. Den andelen strøm som da er solgt ut av Norge gjennom garantier, må tas inn igjen som restmiks. Siden Norge har 98% fornybar produksjon med 17 g CO₂-ekv/kWh i utgangspunktet,

påvirker europeisk restmiks utslippet svært negativt med sine 396 g CO₂-ekv/kWh istedenfor. Dette vil være svært utslagsgivende i et miljøregnskap og er viktig å ta stilling til. I Figur 22 ser en at strømkjøp i Norge uten opprinnelsesgaranti stod for i underkant av 82% av totalt strømsalg i 2019, er varemerket som europeisk restmiks. (88)



Figur 22 – Oversikt over strømkjøp og kraftproduksjon i Norge 2019 (87)

Utslippsfrie erfaringer fra entreprenør

Consto har i dag liten erfaring med bruk av elektriske maskiner. Grunner til dette er problematikken rundt infrastrukturen som ikke legger til rette for bruk av dette i deres prosjekter. En annen grunn er det enorme kostnadsaspektet rundt både innleie og ladeinfrastruktur for slike maskiner. Både innkjøpspris og innleie ligger på ca. 3x så mye som tilsvarende dieseldrevne maskiner. (Intervju – Flesvig 23.03.2021) Det har tidligere vært satt krav om å leie elektriske maskiner i anbudsfasen, men på senere punkt har byggherren gått tilbake til vanlige maskiner når kostnadene for elektriske maskiner gjør seg gjeldende. (Veiledning – Karlsen 19.03.2021)

Kapittel 4

4. Verdigrunnlag for økonomi- og utslippsberegning i regnemodell

4.1. Materialer

En viktig presisering som vil gjelde materialberegningene i beregningsmodellen er at disse kun dekker produksjons- og konstruksjonsfasen, A-fasen i EPDene. Dette kommer av to hovedårsaker:

1. Det er for entreprenører så langt de har kontroll over bygget til det overlates til byggherre, og derav har man ingen forutsetning for å si hva som vil skje med anlegget eller bygget ved endt levetid. Ved blant annet BREEAM-NOR- og CEEQUAL-sertifisering, eller annet krav fra byggherre om livsløpsvurdering eller lignende vil det være nødvendig å dekke materialenes livsløp fra A-D. Dette har oppgaven ikke noe grunnlag for å gi gjennom beregningsmodellen, og må eventuelt videreutvikles etter endt oppgave.
2. Grunnlaget i EPDene varierer med materialtype, slik at ikke alle stadier i de ulike produktgruppene livsløp er representert. Til eksempel har ikke betong per dags dato tilgjengelige EPDer som går utover A-fasen. Dette gjør at om regnemodellen skal benyttes til å vurdere forskjell i utslipp mellom materialer vil de være gunstigst med en sammenligning basert på like forhold. Unntaket til dette er trevirke som på grunn av opptak av CO₂ før hogst får negative verdier i A1. Denne karbonlagringen blir igjen frigjort i C3, men siden dette ikke kommer til syne i regnskapet vil beregningen for tre være ikke-biogent. Med andre ord strykes karbonopptaket til trevirke i A1 i beregningene. For utdypning av ikke-biogent regnskap, se kapittel 3.5.1.

A5 konstruksjonsfasen er en del av regnskapet, men på bakgrunn av vi ikke sitter på konkrete tall for utslipp ved utførelse tas det ikke med analysedelen i kapittel 5. Bruker blir nødt for å til enhver tid vite sine egne utslipp ved utførelse av arbeidsoppgaver for full utnyttelse og oversikt av regnemodellen, som for eksempel ved støp. Ved beregninger i anbudsfasen bør egne erfaringstall benyttes for et så korrekt estimat som mulig.

4.1.1. Verdigrunnlag for materialer til utslipps- og kostnadsberegning

Estimatverdier for utslipp er for betong hentet fra NB37 som tidligere nevnt opererer med terskelverdier for de ulike typer lavkarbonbetonger. For stål er det i hovedsak benyttet gjennomsnitts EPDer fra Norsk Stål da det på ikke er noen overordnet klasseinndeling for lavkarbonprodukter i bransjen. Utover EPDene

fra Norsk Stål er det for aluminium benyttet EPDer fra Norsk Hydro, her med klasseinndeling av lavkarbontilbud. I tillegg er det benyttet en produktspesifikk EPD for spunt fra Ferrometall på grunn av hyppig bruk av Consto og et tettere estimat. Spunt ville ellers gått under EDP for kald- eller varmevalsedede plater. For trevirke er det benyttet produktspesifikke EPDer fra Moelven og Forestia. Asfalt benytter seg av produktspesifikke EPDer fra EBA som har utgitt EPDer med et gjennomsnitt fra flere av de største asfaltprodusentene i Norge.

Estimerte priser for betong er hentet fra en kombinasjon mellom tilgjengelige prislister og personlig kommunikasjon med Betong Øst, Nor Betong, Skedsmo betong og Unicon. For trevirke og metall ble det besluttet å ikke ta med estimert pris på grunn av stor variasjon i produkter, leverandører og tilgjengelige prosjektpriser for Consto.

For verdier benyttet i kapittel 5 er mengder, utslipp og priser tatt fra Consto internt og deres prosjektleverandører.

4.2.Massehåndtering

Utslipp fra masseproduksjon av nye råvarer spares ved gjenbruk og gjenvinning av gamle råvarer. For denne oppgavens beregning av utslippsomfanget fra massehåndtering vil det kun tas hensyn til transportdelen. Produksjon av nye råvarer som stein og jord, samt oksidering av myr og torv, er faktorer som bidrar til det helhetlige utslippet. Likevel legges transportdelen til grunne for helhetsperspektivet av CO₂-ekvivalenter som regnes med å kunne bespares for massehåndtering.

For å kunne gjøre rede for rapporter av månedlige utslipp er det i verktøyet utarbeidet hjelpeark for å anslå dieselforbruket ved transport av masser. Det foreligger for øvrig lite statistikk knyttet til utslipp fra lastebiltyper i sammenheng med transportdistanse. Ved hjelp av Miljødirektoratet er det tatt hensyn til forskjellige HBEFA¹¹ vektclasser og de to nyeste euro-klassene. Videre estimeres de ulike klassenes utslippsfaktorer i gram per km som igjen er omregnet til drivstofforbruk i liter per kilometer.

For anbudsfasen vil det også være mulig å anslå den totale massen, videre beregne antall turer, og dermed få et estimat på hvor mange kilometer kjøring som vil være aktuelt. Dette kan fylles inn i verktøyet for å finne et estimat av omfanget til massehåndteringen sett i et utslippsperspektiv. På denne måten kan ulike

¹¹ HBEFA (Handbook emission factors for road transport) – veiledende utslippsfaktorer knyttet til et statistisk grunnlag for veitransport.

massedisponeringsplaner vurderes opp mot hverandre for å finne den beste klimagevinsten, samt besparelse av kostnader.

4.3. Anleggsmaskiner

For anleggsmaskiner, samt også lastebiler vil verktøyet avgrenses til å kun se på utslipp og kostnad knyttet til drivstoffbruket. Produksjon av maskiner og deler, samt diverse slitasje på maskiner og utstyr ligger ikke til grunne i karbonregnskapsmodellen.

Som tidligere gjort rede for er det oftest byggherre som legger til rette for hvilke maskiner som kan leies inn til ulike prosjekter. Elektrisk bruk vil være vanskelig å legge til rette for grunnet nødvendigheten av tilgjengelig infrastruktur og utbygging. Dermed vil potensialet for oppdragsgivers utslippsreduksjon per 2021 være en større andel av biodrivstoff, samt effektivisering av maskinbruken.

For at entreprenøren skal kunne gjøre rede for sine månedlige utslipp er det utarbeidet et verktøy som vil betrakte drivstoffbruket til anleggsmaskinene og lastebilene. Drivstofforbruk fylt inn, vil videre gi et resultat på kg CO₂-ekvivalenter og pris dette vil medføre. Andelen i prosent tilført biodiesel fylles så inn, og et nytt antall CO₂-ekvivalenter og en ny pris vil gjøre seg gjeldende for overslaget. På denne måten vil skal det være enkelt å finne miljøgevinst oppgitt i reelle tall.

For enkelhetsskyld er det utarbeidet hjelpetabeller for å anslå et literforbruk. Ved hjelp av hjelpetabellene vil det være mulig å estimere literforbruket til maskinene. Det vil her i hovedsak ta utgangspunkt i driftstimer, og literforbruk vil være et resultat av gjennomsnittsverdier fra bransjen.

I en anbudsfasen vil det også være mulig å bruke verktøyet ved å anslå et forventet antall driftstimer eller anleggsdieselforbruk. Det er lagt inn tabeller for sammenlikning slik at det skal være mulig å vurdere ulike diesel- og maskinforbruk i et kostnads- og utslippsperspektiv.

4.3.1. Strøm og dieselforbruk

Som tidligere nevnt er anleggsdiesel i dag det mest anvendte drivstoffet i anleggsbransjen, da det er det rimeligste alternativet på markedet. For å enkelt kunne beregne utslipp er det hentet inn veiledende verdier for literforbruk per driftstime for anleggsmaskinene i de ulike vektclassene som er mest benyttede.

Det er mange faktorer som spiller inn på drivstoffbruket hos de ulike maskinene, noe som gjør det vanskelig å måle et nøyaktig forbruk. For gravemaskiner og hjullastere kan arbeidsoppgavene til stor grad variere, noe som bidrar til at timeforbruket er veldig skiftende. For ikke-veigående maskiner kan

anleggsveiens kvalitet ofte være av ulik kvalitet, noe som også bidrar til variert forbruk. I tillegg har sjåførens egenskaper mye å si for riktig utnyttelse av maskinene. (E-post, Valle, bjornar.valle@pon-cat.com, 16.04.2021).

For å finne realistiske tall på utslipp fra anleggsmaskiner er det hentet inn informasjon fra tre forskjellige maskinprodusenter. Det finnes i dag programvare for å loggføre maskinenes literforbruk per time. Dermed finnes det gjennomsnittlige tall på maskinenes forbruk. Disse tallene er hentet inn fra maskinprodusentene og systematisert for å kunne legge inn en realistisk middelvei i verktøyet som er utarbeidet. Tomgangsforbruk for de ulike maskinene er også tatt hensyn til i oppgaven for å finne en realistisk vinning ved større grad av effektiv bruk på anleggsplassen. Her er det tatt utgangspunkt i statistikk fra to maskinprodusenter.

På spørsmål om maskiners effektivitet ved utnyttelse av biodrivstoff svarer produsentene at det ikke oppleves noe særlig mindre effektivitet. For FAME, førstegenerasjons biodrivstoff kan det oppleves 4% større drivstofforbruk enn ved anleggsgdiesel. (E-post, Harviken, jan.harviken@volvo.com, 12.04.2021) For andregenerasjons biodrivstoff kan det ikke dokumenteres noen mindre effektivitet enn ved anleggsgdiesel. Eco 1 sier det ikke finnes noen reduksjon i effektivitet sett med bruk av deres HVO. (Epost, Ingeborgrud, geir@eco-1.no, 23.04.2021). Som gjort rede for under 3.8.3 er HVO biodrivstoffalternativet som brukes i anleggsmaskiner. Det vil dermed regnes med samme drivstofforbruk både for anleggsgdiesel og for biodrivstoff av typen HVO.

Strømforbruk fra ulike elektriske maskiner finnes det generelt lite statistikk på. Også hos produsentene var det lite datagrunnlag for å kunne gi gjennomsnittsverdier på kW/t forbruk. For å gi en liten pekepinn på forbruket til elektriske maskiner er det sett på Pon Equipments Z-line 25tonns graver. En masteroppgave som har gått dypere inn på når det er kostnadseffektivt å investere i gravemaskiner, oppgir at den elektriske Z-line graveren har et forbruk på ca. 50 kW per time (89). Strømforbruk er i utgangspunktet enkelt å finne etter bruk, men er også enkelt å estimere da produsenter oppgir batterikapasitet sammen med en forventet driftstid for maskinen. Strømprisen som er lagt til utgangspunkt for beregningen i oppgaven er hentet fra gjennomsnittsstatistikk fra nettet og vil beløpe seg til ca. 100 øre/kWt.

Videre følger tabellene nyttet i gruppens beregningsmodell. Verdier innhentet for konstruksjonen av disse tabellene finnes igjen som vedlegg. Gruppen ble bedt om anonymitet fra produsent rundt forbrukstallene til deres maskiner. De vil da kun oppføres som produsent 1, 2 og 3 i vedlegg F.

4.3.2. Beregningstabeller

Videre følger tabeller nyttet i vår beregningsmodell, som har utgangspunkt i tabeller sett i vedlegg F. For tabellene som vedrører maskiner på anleggsplass, er ikke alle produsentenes verdier vektlagt like mye. Verdier fra produsent 1 og 3, ble gruppen tilsendt over epost. Det ble forklart at verdiene var hentet fra maskiner i bruk, men gruppen anser det som rimelig å anta at verdiene kan være noe lave i forhold til virkeligheten. Fra produsent 2 fikk gruppen være med inn i programmet som loggfører alle maskiners forbruk, og anser verdiene her til å være helt reelle. Verdier fra produsent 2, som kan ses å være noe høyere enn de to andre, er derfor vektlagt mer. Utslipp fra veigående kjøretøy, som er hentet fra HBEFA, anses å være reelle da verdiene baserer seg på et stort statistisk grunnlag.

Tabell 1 - Forbruk veigående kjøretøy, fra beregningsmodell

Forbruk drivstoff, omgjort fra g/km til l/km				
Type kjøretøy	Vektklasse	Euro klasse	l/km dieselforbruk	Dokumentasjon
Lastebil	<=7,5t	Euro V EGR	0,151	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	<=7,5t	Euro V SCR	0,148	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	<=7,5t	Euro VI	0,143	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>7,5-12t	Euro V EGR	0,177	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>7,5-12t	Euro V SCR	0,174	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>7,5-12t	Euro VI	0,167	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>12-14t	Euro V EGR	0,195	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>12-14t	Euro V SCR	0,191	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>12-14t	Euro VI	0,189	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>14-20t	Euro V EGR	0,227	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>14-20t	Euro V SCR	0,222	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>14-20t	Euro VI	0,213	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>20-26t	Euro V EGR	0,292	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>20-26t	Euro V SCR	0,286	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>20-26t	Euro VI	0,268	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>26-28t	Euro V EGR	0,316	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>26-28t	Euro V SCR	0,310	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>26-28t	Euro VI	0,294	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>28-32t	Euro V EGR	0,356	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>28-32t	Euro V SCR	0,349	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>28-32t	Euro VI	0,335	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>32t	Euro V EGR	0,387	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>32t	Euro V SCR	0,379	Omgjøring fra g/km til l/km
Lastebil	>32t	Euro VI	0,359	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	<=7,5t	Euro V EGR	0,148	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	<=7,5t	Euro V SCR	0,145	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	<=7,5t	Euro VI	0,143	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>7,5-14t	Euro V EGR	0,175	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>7,5-14t	Euro V SCR	0,171	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>7,5-14t	Euro VI	0,169	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>14-20t	Euro V EGR	0,221	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>14-20t	Euro V SCR	0,216	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>14-20t	Euro VI	0,215	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>20-28t	Euro V EGR	0,235	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>20-28t	Euro V SCR	0,230	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>20-28t	Euro VI	0,222	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>34-40t	Euro V EGR	0,356	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>34-40t	Euro V SCR	0,349	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>34-40t	Euro VI	0,337	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>40-50t	Euro V EGR	0,399	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>40-50t	Euro V SCR	0,392	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>40-50t	Euro VI	0,372	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>50-60t	Euro V EGR	0,499	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>50-60t	Euro V SCR	0,488	Omgjøring fra g/km til l/km
Trailer med henger	>50-60t	Euro VI	0,469	Omgjøring fra g/km til l/km
Varebil	<=1305kg	Euro 5	0,041	Omgjøring fra g/km til l/km
Varebil	<=1305kg	Euro 6	0,038	Omgjøring fra g/km til l/km
Varebil	1305-1760kg	Euro 5	0,058	Omgjøring fra g/km til l/km
Varebil	1305-1760kg	Euro 6	0,054	Omgjøring fra g/km til l/km
Varebil	>1760kg	Euro 5	0,083	Omgjøring fra g/km til l/km
Varebil	>1760kg	Euro 6	0,073	Omgjøring fra g/km til l/km

Tabell 2 - Forbruk anleggsmaskiner, fra beregningsmodell

Dieselforbruk anleggsmaskiner		
Maskin	Vekt	Liter per time
Graver	3t	3,5
Graver	6t	4,5
Graver	10t	5,24
Graver	15t	8
Graver	18t	11
Graver	20t	12
Graver	25t	14
Graver	30t	20
Graver	38t	23
Graver	40t	26
Graver	50t	35
Hjullaster	5t	5
Hjullaster	11t	6
Hjullaster	12,5t	7
Hjullaster	15t	10
Hjullaster	18,5t	11
Hjullaster	20t	13
Hjullaster	25t	16
Hjullaster	28t	18
Hjullaster	33t	26
Hjullaster	40t	30
Hjullaster	50t	34
Dumper	20t	15
Dumper	25t	19
Dumper	30t	23
Dumper	35t	28
Dumper	40t	32
Valsemaskin	11,7t	5
Valsemaskin	12,5t	6
Valsemaskin	17t	7

Kapittel 5

5. Potensialanalyse av prosjekter

Consto Anlegg Øst sine prosjekter har potensiale til å minke store deler utslipp uten at dette skal ha en stor innvirkning på økonomien. I dette kapittelet vil de ulike aspektene av Constos virksomhet i prosjektsammenheng vurderes opp mot et forbedringspotensial for utslippsreduksjon.

5.1. Prosjekt Breisjøen

5.1.1. Kort prosjektbeskrivelse



Figur 23 - Breisjøen i Oslo Kommune



Figur 24 – Vannspeilet senket til LRV

Breisjømagasinet i Oslo Kommune var demmet opp av fire dammer som skulle bygges om av Consto Anlegg Øst. Ombyggingen innebar å grave vekk deler av nedstrøms fylling for å etablere nye massive gravitasjonsdammer i betong umiddelbart ved nedstrøms eksisterende murkonstruksjoner. De nye dammene er dimensjonert som frittstående dammer og vil stå uten bidrag fra de eksisterende konstruksjonene.

Magasinet var demmet opp av fire murdammer fra rundt 1930, og er byttet ut med massive betongkonstruksjoner. I praksis ble vannspeilet senket til LRV slik at nye betongkonstruksjoner kan bygges til å demme opp magasinet. Skråningsmasser ble fraktet til mellomlager og adkomstveier. Sluttfasen av prosjektet besto av tilbakefylling av masser fra mellomlager og adkomstveier til dam og damskråninger, samt riving av de stedlige murkonstruksjonene.

5.1.2. Betong

Betongmengdene er hentet fra fakturaer fra BetongØst. BetongØst er eneste leverandør av betong for dette prosjektet. Den samlede mengden fra fakturaene summeres opp til 1502,3 m³ av betongtypen B35 MF45 D22 og 39 m³ av typen B35 MF45 D16. B35 MF45 D22 er betongtypen prosjektet brukte desidert mest volum av og er av typen lavkarbonklasse A.

B35 MF45 D22 har et utslipp på 197,38 kg CO₂-ekvivalenter/m³, mens B35 MF45 D16 har et utslipp på ca. 240 kg CO₂-ekvivalenter/m³, dette tilfredsstillende lavkarbonklasse B. (Epost, Ytterdal, silje.ytterdal@betongost.no, 16.04.2021)



Figur 25 – Betongstøp

Fra vår utarbeidete beregningsmodell får vi etter innfylling resultatene vist under. Det er kun satt opp for mengden 1502,3m³ da volumet 39m³ ikke vil utgjøre så stor forskjell og vil være vanskeligere å sammenlikne grunnet resept. Det er og satt opp tilsvarende verdier, men med betongtype lavkarbon B og bransjereferanse, for å se på utslippsgevinst opp mot ekstra kostnad. Spesifikt utslipp for B35 MF45 D22 lavkarbonklasse B er estimert til 224,7 kg CO₂-ekvivalenter/m³. (Epost, Ytterdal, silje.ytterdal@betongost.no, 16.04.2021)

Tabell 3 - Betong i beregningsmodell

Type	Fasthetsklasse	Bestandighetsklasse	Mengde i kubikk	Kommentar	(Antatt) Utslipp (kg CO ₂ -ekvivalenter)	(Antatt) Pris	Nøyaktig utslipp
Lavkarbon A	B35	MF45	1502,3	D22	315 483	kr 2 208 381,0	296 524,0
Lavkarbon B	B35	MF45	1502,3	D22	420 644	kr 2 118 243,0	337 566,8
Bransjereferanse	B35	MF45	1502,3	D22	495 759	kr 2 118 243,0	380 742,9

Her ses det at ved nyttelse av lavkarbon A, spares miljøet for **41 042,8 kg CO₂-ekvivalenter**, men koster prosjektet omtrent **kr 90 138,-** mer, sett i forhold til lavkarbon B. Utslippsbesparelsen på 41 042,8 kg CO₂-ekvivalenter er veldig presis, da den utregnes på bakgrunn av EPD-verdier fylt inn. Den antatte miljøbesparelsen, på bakgrunn av verdier forhåndsbestemt i beregningsmodellen, er 105 161 kg CO₂-ekvivalenter.

Sett i forhold til det som i vår modell omtales som bransjereferanse, er den antatte miljøbesparelsen 180 276 kg CO₂-ekvivalenter og ekstra kostnad **kr 90 138,-**. Grunnen til at kostnadsdifferansen mellom lavkarbon A og lavkarbon B/bransjereferanse er lik, er forklart tidligere under kapittel 3.2.2.

Ved innfylling av EPD for bransjereferanse B35 MF45, er besparelsen **84 218,9 kg CO₂-ekvivalenter**, som er mindre enn den antatte, men likevel betydelig. Grunnen til at det er større avvik på antatt utslipp for bransjereferanse i kontrast til antatt utslipp for lavkarbonklassene er også forklart under 3.2.2.

Da betongen er av bestandighetsklasse MF45, vil det ikke være mulig å benytte seg av lavkarbon Pluss eller Ekstrem.

Som vist i tabell, og beskrevet over, vil den antatte besparelsen og den nøyaktige besparelsen avvike fra hverandre. Det er et naturlig resultat da det er mange faktorer for betongen som har en rolle i utregning av utslipp. Variasjoner i betongresepten vil gi utslag på utslippet betongen har. Det er derfor naturlig at den antatte besparelsen, som tar utgangspunkt i referanseverdier for utslipp, ikke vil være helt nøyaktig. For å få en presis oversikt kreves det innfylling av verdier fra EPD, som vil gi et nøyaktig svar på utslipp.

For pris vil sannsynligvis totalsummen være noe unøyaktig da det ofte forhandles frem en lavere pris på prosjektbasis. Differansen mellom totalsummene, for eksempel sett i tabell over, vil være mer presis. Dette fordi kubikkprisen for selve betongen vil variere mer enn kostnaden per kubikk for å få en bedre lavkarbonklasse.

5.1.3. Metall



Figur 26 – Forskaling og jern

Metall-arket i vår beregningsmodell blir gjerne mest relevant for dokumentering av utslipp, da det eksempelvis ikke er forskjellige lavkarbonklasser av metall. For prosjekt Breisjøen er det derimot innhentet utslippstall fra to forskjellige produsenter. Det er innhentet utslippstall for armeringsstål fra Celsa Steelservice og Smith Stål. Av disse har den ene produsenten utslippsverdi på 0,360 kg CO₂-ekv/kg og den andre 0,397 kg CO₂-ekv/kg.

Den totale armeringsmengden for prosjektet er 46 484 kg, og under vil resultatene fra beregningsmodell fremvises.

Tabell 4 - Metall beregning Breisjøen

Type	Mengde i kg	Kommentar	Evt spesifikk pris for transport	Evt spesifikt utslipp i CO ₂ -ekvivalenter per kg	Evt spesifikk pris per kg	(Antatt) Utslipp (kg CO ₂ -ekvivalenter)	Nøyaktig utslipp	Nøyaktig pris
Kamstål til bruk i betong	46484	Produsent 1		0,36	5,4375	18 268	16 734,2	kr 252 756,8
Kamstål til bruk i betong	46484	Produsent 2		0,397	5,425	18 268	18 454,1	kr 252 175,7

Det ses at ved nyttelse av armeringsstålet med lavest utslipp, vil det kunne spares 1 719,9 kg CO₂-ekvivalenter til kr 581,1,-. Dette gir en kostnad på **338 kr/tonn CO₂** spart, med forbehold om at pris fra produsent 1 ikke er prosjekterelatert. I tillegg er det snakk om små mengder, men likeså et enkelt bedrende tiltak.

5.1.4. Massehåndtering



Figur 27 – Natur og masser på Breisjøen

Utgraving av masser fra damskråningene ble fraktet til mellomagringsplasser og brukt i adkomstveier. Det ble i tillegg brukt fiberduk og noe eksterne masser for å etablere adkomstveiene. Det ble planlagt for bruk av tre mellomagringsplasser til lagring av gjenværende skråningsmasser. For mellomagringsplassene ble det også lagt fiberduk for å sikre mot utlekking. Etter fullført betongarbeid ble massene plassert tilbake i damskråningene. Prosjektet oppnådde opptil 100% gjenbruk av TKL1-3 masser, og var utover dette i masseunderskudd. Masseunderskuddet ble dekket av eksterne masser fra leverandører.

5.1.5. Anleggsmaskiner og lastebiler

I prosjektet er det nyttet tre gravere og en dumper. I tillegg er det i beregninger tatt med transport av betong i betongbil. Lastebil var ikke fast på prosjektet, og hadde kun sporadisk innkjøring. Lastebil er derfor ikke med i beregningene. En oversikt over maskiner og driftstid kan ses i tabell under. Driftstid er regnet ut ifra antall dager maskinene var i bruk på prosjektet. Det er antatt en tomgangsprosent på 33%, som medfører at på en 7,5 timer lang arbeidsdag er maskinen i arbeid totalt 5 timer. For anleggsmaskiner er literforbruk regnet ut fra driftstimer, mens for betongbil er det regnet ut fra antall kilometer kjørt. Da beregningsmodellen ikke har egen post for betongbil, nyttes det lastebil i samme vektklasse for å få tilnærmet verdi for utslipp.

Tabell 5 - Literforbruk maskiner på anleggsplass Breisjøen

Maskin	Graver 25 tonn	Graver 14 tonn	Graver 5,8 tonn	Dumper 25 tonn
Driftstimer	640	370	220	620
Literforbruk	8 960	2 960	990	11 780

Tabell 6 - Literforbruk betongbil Breisjøen

Maskin	Lastebil 26-28 tonn
Transportlengde i km	21
Antall turer	386
Literforbruk	1193,3

Det er antatt at betongbilen, i dette tilfellet lastebilen, har en kapasitet på 8m³ per tur. Det fås da 193 turer ut fra den totale betongmengden på 1541,3m³.

Biodrivstoff

Etter innfylling av verdier i beregningsmodellen får vi følgende tabeller:

Tabell 7 - Oppsummeringstabell utslipp fra transport Breisjøen

Oppsummeringstabell for utslipp					
	1	2	3	4	5
Maskin/kjøretøy	Lastebil	Graver	Graver	Graver	Dumper
Kommentar	Betongbil				
Vektklasse	>26-28t	25t	15t	6t	25t
Eurocode	Euro VI				
Antall	1	1	1	1	1
Innblanding biodiesel (%)	100	100	100	100	100
Totalt utslipp etter innblanding	453,45	1 702,40	562,40	188,10	2 238,20
Total pris etter innblanding	kr 42 296,52	kr 126 000,00	kr 41 625,00	kr 13 921,88	kr 165 656,25
Spart utslipp	5 894,90	22 489,60	7 429,60	2 484,90	29 567,80
Ekstra kostnad	kr 9 546,40	kr 35 840,00	kr 11 840,00	kr 3 960,00	kr 47 120,00

Tabell 8 - Total-tabell transport Breisjøen

Samlet total-tabell	
Maskin/kjøretøy	Totalt
Antall	5
Totalt utslipp etter innblanding	5 144,55
Total pris etter innblanding	kr 389 499,64
Spart utslipp	67 866,80
Ekstra kostnad	kr 108 306,40

Tabell 9 - Total-tabell transport Breisjøen u/biodrivstoff

Samlet total-tabell, 0% BIODRIVSTOFF	
Maskin/kjøretøy	Totalt
Antall	5
Totalt utslipp uten innblanding	73 011,36
Total pris uten innblanding	kr 281 193,24

Ekstra kostnad per tonn spart CO2
kr 1 595,87

Figur 28 - Ekstra kostnad per tonn spart CO2 Breisjøen

Elektrisk Z-line 25T graver

Ved bytting av 25T graveren utnyttet i prosjektet, til Pon-cats elektriske Z-line graver fås både utslippsgevinst og økonomisk gevinst hvis vi kun ser på drift.

Ved 640 driftstimer og et forbruk på 50 kW: *Antall kWh*: $50kW * 640h = 32000 kWh$

Ved en strømkostnad på 100 øre/kWh: *Driftskostnad*: $32000 kWh * 100 \frac{\text{øre}}{kWh} = 32000 kr$

Det totale utslippet for kjøring ved elektriske maskiner er som kjent 0 kg CO₂-ekv. Ved å kun se på drift av den elektriske graveren kontra en standard 25t på anleggsdiesel, spares 24 192 kg CO₂-ekv. og kr 58 160,-.

Det framkommer av disse tallene et stort potensial for billig utslippsreduksjon ved å bytte til elektriske maskiner, sees det kun på drift. Legges det dermed til faktorer som innleiekostnader og kostnader rundt lademuligheter, vil elektriske løsninger ikke være konkurransedyktig i nærmeste fremtid. Dette er drøftet ytterligere i 6.4.

Tomgang

Tomgang er også et aspekt som kan være nyttig å se på. Verdiene for forbruk på tomgang er her hentet direkte fra en av de tidligere nevnte leverandørenes loggsystem. For 25T graver har vi et omtrentlig forbruk på 3,35 L/time og for 25T dumper har vi et omtrentlig forbruk på 3,82 L/time. Driftstimer for disse to maskinene kan ses i Tabell 5. For de to andre maskinene er det utnyttet forholdstall fra statistikken for å finne maskinenes utslipp ved tomgangskjøring.

Driftstimene i Tabell 5 regnes som tid maskinen er i arbeid. Med en antatt tomgangsprosent lik 33%, tilsvarer driftstimene 67%. Dette er forutsatt at maskinen er påskrudd hele dagen, som gjerne ikke er tilfellet, men da vil forholdstallet nyttet i utregning være riktig.

En reduksjon av tomgang lik 10%:

Graver 25T:

$$\text{Totalt antall timer: } \left(\frac{640}{67}\right) * 100 \approx 955,2$$

$$\text{Timer på tomgang: } 955,2 - 640 = 315,2$$

$$\text{CO}_2 \text{ besparelse: } 31,52 * 3,35 * 2,7 = 285$$

$$\text{Spart kostnad: } 31,52 * 3,35 * 10,0625 = 1063$$

Graver 14t:

$$\text{Totalt antall timer: } \left(\frac{370}{67}\right) * 100 \approx 552,2$$

$$\text{Timer på tomgang: } 552,2 - 370 = 182,2$$

$$\text{CO}_2 \text{ besparelse: } 18,22 * 2,67 * 2,7 = 131$$

$$\text{Spart kostnad: } 18,22 * 2,67 * 10,0625 = 490$$

Graver 5,8t:

$$\text{Totalt antall timer: } \left(\frac{220}{67}\right) * 100 \approx 328,4$$

$$\text{Timer på tomgang: } 328,4 - 220 = 108,4$$

$$\text{CO}_2 \text{ besparelse: } 10,84 * 1,5 * 2,7 = 44$$

$$\text{Spart kostnad: } 10,84 * 1,5 * 10,0625 = 164$$

Dumper 25T:

$$\text{Totalt antall timer: } \left(\frac{620}{67}\right) * 100 \approx 925,4$$

$$\text{Timer på tomgang: } 925,4 - 620 = 305,4$$

$$\text{CO}_2 \text{ besparelse: } 30,54 * 3,82 * 2,7 = 315$$

$$\text{Spart kostnad: } 30,54 * 3,82 * 10,0625 = 1174$$

Tabell 10 - Tomgangsbesparelse Breisjøen

Maskin	5,8t graver	14t graver	25t graver	25t dumper
Totalt antall timer	328,4	552,2	955,2	925,4
Tomgangstimer	108,4	182,2	315,2	305,4
Forbruk på tomgang (l/t)	1,5	2,67	3,35	3,82
Spart utslipp (kg)	44	131	285	315
Sparte kroner	164	490	1 063	1 174

Totale besparelser ved å redusere tomgang med 10% resulterte i en potensial utslippsreduksjon på **775 kg CO₂-ekv**. Den potensiale kostnadsreduksjonen beløper seg til **2891kr**.

5.1.6. Vurdering



Figur 29 – Dronebilde av ferdig støpt damkonstruksjon

Breisjøen er et av de mest fremtidsrettede prosjektene Consto Anlegg Øst har gjennomført. Med fremtidsrettet menes det gode fokuset på utslippsreduksjon i prosjektet. Det er som tidligere nevnt i de fleste tilfeller byggherre som må ta ansvar for å tilrettelegge for miljøvennlig prosjektgjennomføring, og her er det gjort i stor grad.

Betongkvaliteten er av kvaliteten som danner minst utslipp, tatt i betraktning MF bestandighetsklasse som en forutsetning for gjennomføring. I forhold til bransjereferanse, kan det ses en besparelse på 84 218,9 kg CO₂-ekv til en kostnad lik kr 90 138,-. Det gir en kostnad på **1070 kr per sparte tonn CO₂-ekv**. Det ses at lavkarbon A oftere blir et valg i bransjen, som er et godt steg i riktig retning. Betongkvalitet er på dette prosjektet vanskelig å bedre med tanke på utslipp uten at det går på bekostning av funksjonalitet.

For armeringsstål ses det at ved nyttelse av armeringsstålet med lavest utslipp, vil det kunne spares **1 719,9 kg CO₂-ekvivalenter** til **kr 581,1,-**. Det tilsvarer **kr 338,- per sparte tonn CO₂**. For det antatte utslippet kan det ses å være i nærheten av det prosjektspesifikke utslippet. Det vitner om at referanseverdiene i beregningsmodellen er tilstrekkelig gode. Det kan ikke konkluderes med at dette alltid vil være tilfellet, men det gir en god indikasjon.

Det ble nyttet 100% biodrivstoff på anleggsplass, noe som også reduserer utslippene betraktelig. I fra Tabell 8 har vi at ved nyttelse av 100% biodrivstoff, er utslippsbesparelsen tilnærmet 68 000 kg CO₂-ekvivalenter. Da betongbilen ikke gikk på biodrivstoff er den reelle utslippsbesparelsen omtrent 5 900 kg CO₂-ekv mindre, samt kostnaden omtrent kr 9 500,- mindre. Bruken av biodrivstoff har da en ekstra kostnad estimert til kr 98 800,- og en utslippsbesparelse på 62 000 kg CO₂-ekv, men ble likevel anvendt på alle anleggsmaskiner. Dette vil utgjøre **1580,6 kr/ kg CO₂-ekv**. Utslipp fra transport blir vanskelig å redusere mer enn ved bruk av biodrivstoff. Dette på grunn av den reduserte tilgjengeligheten på for eksempel elektriske maskiner. Elektriske maskiner er også som tidligere nevnt lite konkurransedyktige på pris, dette er gjort rede for under 3.8.4.

For tomgang er det i det store bildet gjerne ikke det meste å spare på verken utslipp eller kostnad. Det som er viktig å tenke på, er at det er gratis å gjennomføre. Litt mer disiplinert bruk av maskiner, og slå dem av når de ikke brukes, vil både redusere utgifter og spare miljøet. I det lange løp vil det være fordelaktig å se på mulighetene her. Det er viktig å poengtere at det kun ble sett på to maskiner i et prosjekt. Om det blir standard å redusere tomgang med 10% for alle maskiner i alle prosjekt vil lønnsomheten både i kostnad og utslipp være betraktelig.

Masser utgravd ble i veldig stor grad gjenbrukt på plass, dette sparer både miljøet for utslipp, samt Consto for unødvendige transport- og deponikostnader. For massehåndtering er dette et veldig godt prosjekt da muligheten for gjenbruk var stor og den muligheten ble utnyttet i så stor grad som mulig.

På prosjekt Breisjøen er det foretatt valg for utslippsvennlige løsninger selv om det koster mer å gjennomføre. Det vitner om en mer miljøfokusert bransje da dette bare blir mer vanlig. Det er ekstra prestisje for bedrifter å gjennomføre miljøvennlige prosjekter noe som er en ekstra motivasjon for en mer miljøvennlig utvikling videre.

5.2. Prosjekt Alnabru el-bussterminal

5.2.1. Kort prosjektbeskrivelse



Figur 30 – Alnabru el-bussterminal

Prosjektet var en hovedentreprise for Sporveien v/ Bussanlegg AS, og var i 2019 de første ladestasjonene for elbusser, samt den største i Europa.

Kontraksarbeidet omfattet etablering av strømforsyning til lading av batterielektriske busser på Alnabru bussanlegg. Arbeidene besto i etablering av to frittstående nettstasjoner med nærmere spesifiserte installasjoner og elektroarbeider. Videre omfattet arbeidene tilrettelegging for distribusjon av 400V strøm gjennom etablering av kabeltraseer, samt etablering av fundamenter for ladekomponenter.

I denne entreprisen skulle følgende etableres:

- Ny frittstående plassbygd nettstasjon område 1
- Ny frittstående plassbygd nettstasjon område 2
- Fundamenter for portalmaster, 4 stk. i ulike størrelser (for totalt 3 portalmaster)

- Fundamenter for T-master, 5 stk.
- Fundamenter for Likerettere område 1 og 2, 4 stk. i ulike størrelser
- Kabelgrøfter mellom transformatorbygg og likerettere

5.2.2. Betong



Figur 31 – Betongstøp

Betongen til Alnabru ble levert av NorBetong. Fra 19 stk fakturaer er det hentet ut hvilke betongtyper og mengder som ble nyttet på prosjektet. Det ble ikke utarbeidet prosjektspesifikke EPDer for betongen levert til Alnabru. I korrespondanse med NorBetong er det mottatt EPDer tilsvarende betongtypene nyttet i prosjektet i fra cirka samme tidsrom. En oversikt over betonginformasjonen kan ses under.

Tabell 11 - Betongoversikt Alnabru

Betong	Antall kubikk	Utslipp i CO ₂ -ekv/m ³	Pris/m ³
B35 MF45 D22	18,5	235,60	830
B35 MF45 D16	71,1	242,67	880
B35 MF40 D8	43,5	282,72	1405
B45 MF40 D22	163	276,32	1255
B45 MF40 D16	159	284,61	1305

EPDene var av samme betongtype som i prosjektet; B35 MF45 D16 og B45 MF40 D16. Det ble da regnet ut utslippet for de andre steinstørrelsene. Dette ble gjort etter verdier fra Figur 3.

Etter innfylling av all informasjon og alle verdier i beregningsmodellen vil det se ut som vist under. Her vises kun innfyllingsdelen av tabellen, av hensyn til utklippets tydelighet.

Tabell 12 - Innfylte verdier betong Alnabru

Type	Fasthetsklasse	Bestandighetsklasse	Mengde i kubikk	Kommentar	Transport distanse (km)	Evt spesifikk pris for transport	Evt spesifikt utslipp i CO2-ekvivalenter	Evt spesifikk pris per kubikk
Bransjereferanse	B35	MF45	18,5 D22		10	kr 2 867,50	235,60	830
Bransjereferanse	B35	MF45	71,1 D16		10	kr 11 020,50	242,67	880
Bransjereferanse	B35	MF45	43,5 D8		10	kr 6 742,50	282,72	1405
Bransjereferanse	B45	MF40	163 D22		10	kr 25 265,00	276,32	1255
Bransjereferanse	B45	MF40	159 D16		10	kr 24 645,00	284,61	1305

Bruk av makro for komprimering av tabell i beregningsarket vil skjule de lilla kolonnene i arket og tabellen blir seende ut som vist under. En totallinje kan ses i siste rad.

Tabell 13 - Betong i beregningsmodell Alnabru

Type	Fasthetsklasse	Bestandighetsklasse	Mengde i kubikk	Kommentar	(Antatt) Utslipp (kg CO2-ekvivalenter)	(Antatt) Pris	Nøyaktig utslipp	Nøyaktig pris
Bransjereferanse	B35	MF45	18,5 D22		6 105	kr 29 470,5	4 358,6	kr 18 222,5
Bransjereferanse	B35	MF45	71,1 D16		23 463	kr 113 262,3	17 253,8	kr 73 588,5
Bransjereferanse	B35	MF45	43,5 D8		14 355	kr 69 295,5	12 298,4	kr 67 860,0
Bransjereferanse	B45	MF40	163 D22		58 680	kr 275 959,0	45 040,2	kr 229 830,0
Bransjereferanse	B45	MF40	159 D16		57 240	kr 269 187,0	45 253,0	kr 232 140,0
					-		-	
					159 843,0	kr 757 174,3	124 204,1	kr 621 641,0

For videre vurdering er det fylt inn tilsvarende verdier, men med betongtype lavkarbon A. Verdiene for utslipp ved bruk av lavkarbon A er hentet fra EPDer. For B35 MF45 D22 har gruppen fra tidligere mottatt EPD fra BetongØst for lavkarbon A. Ut fra denne regnes utslipp for de andre steinstørrelsene som forklart tidligere fra Figur 3. For reduksjon fra D22 til D16 vil utslippet øke med 3%. For reduksjon fra D22 til D8 vil utslippet øke med 20%. Det vil føre til at B35 MF45 D8 ikke tilfredsstiller lavkarbonklasse A, og må derfor settes som lavkarbonklasse B.

For B45 MF40 D22 foreligger det ikke EPD. I dialog med BetongØst blir gruppen informert om at det ikke foreligger EPD for denne betongtypen, men at fra deres styringssystem kunne de se at utslippet er 200 kg CO₂-ekv per kubikk.

Tabell 15 - Innfylte verdier lavkarbonbetong Alnabru

Type	Fasthetsklasse	Bestandighetsklasse	Mengde i kubikk	Kommentar	Transport distanse (km)	Evt spesifikk pris for transport	Evt spesifikt utslipp i CO2-ekvivalenter
Lavkarbon A	B35	MF45	18,5 D22		10	kr 2 867,50	198,80
Lavkarbon A	B35	MF45	71,1 D16		10	kr 11 020,50	204,76
Lavkarbon B	B35	MF45	43,5 D8		10	kr 6 742,50	238,56
Lavkarbon A	B45	MF40	163 D22		10	kr 25 265,00	200,00
Lavkarbon A	B45	MF40	159 D16		10	kr 24 645,00	206,00

Tabell 14 - Lavkarbonbetong i beregningsmodell Alnabru

Type	Fasthetsklasse	Bestandighetsklasse	Mengde i kubikk	Kommentar	(Antatt) Utslipp (kg CO2-ekvivalenter)	(Antatt) Pris	Nøyaktig utslipp
Lavkarbon A	B35	MF45	18,5 D22		3 885	kr 30 580,5	3 677,8
Lavkarbon A	B35	MF45	71,1 D16		14 931	kr 117 528,3	14 558,7
Lavkarbon B	B35	MF45	43,5 D8		12 180	kr 69 295,5	10 377,4
Lavkarbon A	B45	MF40	163 D22		35 860	kr 285 739,0	32 600,0
Lavkarbon A	B45	MF40	159 D16		34 980	kr 278 727,0	32 754,0
					-		-
					101 836,0	kr 781 870,3	93 967,9

Med verdiene fra Tabell 13 og Tabell 14 kan det settes opp en differansetabell med utgangspunkt i totalverdiene fra de forskjellige kolonnene. For ordens skyld blir differansen regnet ut som verdiene fra vanlig betong, minus verdiene for lavkarbon. Differansen i nøyaktig pris kan ikke tas med, da det ikke foreligger informasjon rundt spesifikk pris for lavkarbonbetong på dette prosjektet.

Tabell 16 - Differansetabell betong-lavkarbonbetong Alnabru

Antatt utslipp	Antatt pris	Nøyaktig utslipp
58 007 kg CO ₂ -ekv	-24 696	30 236,2

Totalt ville kost/nytte forholdet vært **816,8 kr/tonn CO₂-ekv** ved å bytte ut den aktuelle betongen med lavkarbon A og B.

5.2.3. Metall

For prosjekt Alnabru har ikke gruppen oversikt over tilgjengelige leverandører av armeringsstål og deres utslipp. Det tas da som en forutsetning at leverandørene sett igjen i prosjekt Breisjøen også kunne levert stål her med samme utslippsverdier. Den totale mengden armeringsstål for prosjekt Alnabru er lik 41 192,3 kg.

Tabell 17 - Metall beregning Alnabru

Type	Mengde i kg	Kommentar	Evt spesifikk pris for transport	Evt spesifikt utslipp i CO ₂ -ekvivalenter	Evt spesifikk pris per kg	(Antatt) Utslipp (kg CO ₂ -ekvivalenter)	Nøyaktig utslipp
Kamstål til bruk i betong	41192,3	Produsent 1		0,36		16 189	14 829,2
Kamstål til bruk i betong	41192,3	Produsent 2		0,397		16 189	16 353,3

Her vil de to produsentene skille **1524,1 kg CO₂-ekv.**

5.2.4. Trevirke

For prosjektet foreligger det ikke tydelig informasjon om hvilken type trevirke som er nyttet og fra hvilken leverandør det kommer fra. Fra forskjellige leverandører vil det være forskjell i utslipp for «samme» type trevirke. Dette gjør at det vil være fordelaktig å sammenlikne produkt fra flere leverandører ved prosjektstart. Dette vil være mulig i for eksempel beregningsmodellen.

5.2.5. Asfalt



Figur 32 – Ferdig lagt Agb asfalt

PEAB sto for legging av asfalt på prosjekt Alnabru. Den totale mengden som ble lagt var 530,778 m³. Fra SSB sin omregningsfaktor for tonn til m³ asfalt, har vi at 1 tonn asfalt tilsvarer 1 m³ asfalt. Da vil følgelig 530,778 m³ tilsvare 530,778 tonn.

Fra EPD har vi at standard Agb har et utslipp på 51,15 kg CO₂-ekv per tonn. Det totale utslippet blir da 27 149,3 kg CO₂-ekv.

For å redusere utslippet i forbindelse med asfalt er det tidligere belyst tre alternativer. Disse tre alternativene er lavtemperaturasfalt (LTA), gjenbruksasfalt og ECO asfalt. Prosentvis reduksjon, og reduksjon for Alnabru vises under.

Tabell 18 - CO₂ besparelse asfalt Alnabru

Asfalt type	Prosentvis reduksjon	Spart utslipp [kg CO ₂ -ekv]	Nytt utslipp [kg CO ₂ -ekv]
Gjenbruksasfalt 40%	16 %	4343,9	22805,4
LTA	30 %	8144,8	19004,5
ECO asfalt	50 % - 90 %	13574,7 - 24434,4	13574,6 – 2714,9

Kost/nytte for ECO-asfalt:

Gjennomsnittlig merkostnad for ECO-asfalt regnes med å være 50kr per tonn asfalt. (Telefon, Bjørntvedt, Peab Asfalt, 19.05.2021)

$$\frac{\text{Ekstra kostnad}}{\text{tonn}} * \text{antall tonn} = 50 \text{ kr/tonn} * 530,778 \text{ tonn} = 26\,539 \text{ kr}$$

$$\frac{\text{Ekstra kostnad}}{\text{Spart utslipp}} = \frac{26\,539 \text{ kr}}{24\,434,4 \text{ kg}} \approx 1086 \text{ kr/tonn CO}_2 - \text{ekv}$$

Kost/nytte for LTA:

Gjennomsnittlig besparelse for LTA regnes med å være 4kr per tonn asfalt. (Telefon, Bjørntvedt, Peab Asfalt, 19.05.2021)

$$\frac{\text{Ekstra kostnad}}{\text{tonn}} * \text{antall tonn} = -4 \text{ kr/tonn} * 530,778 \text{ tonn} = -2123 \text{ kr}$$

$$\frac{\text{Ekstra kostnad}}{\text{Spart utslipp}} = \frac{-2123 \text{ kr}}{8144,8 \text{ kg}} \approx -261 \text{ kr/tonn CO}_2 - \text{ekv}$$

5.2.6. Massehåndtering

Massemengder i prosjektet oppsto fra utgraving av fundamentgroper, samt utgraving av grøfter til elektriske kabler. Utgraving resulterte i følgende fordeling av tilstandsklassene:

Tabell 19 - Masser med telefarlighetsklasse Alnabru

Mengde	
TKL1 (rene masser)	1246 m ³
TKL2-3 (lett forurenset)	1852,2 m ³
TKL4-5 (forurenset)	53,7 m ³

Utgravde masser ble sortert etter tilstandsklasser, og videre transportert til deponi/mottak basert på tilstandsklasser:

Tabell 20 - Deponioversikt Alnabru

Utkjøring til deponi	
TKL1	Feiring bruk Blystadlia
TKL2-3	Norsk Gjenvinning Asak massemttak
TKL4-5	Norsk Gjenvinning Borge massemttak

Tilfredsstillende rene fyllmasser ble videre kjørt inn på prosjektet i forbindelse med fylling til fundamenter og el-kabler i grunnen. Massene ble transportert fra ulike masseleverandører:

Tabell 21 - Innkjøring av masser Alnabru

Innkjøring fra masseuttak		Mengde m ³
Feiring bruk	755t	503,3 m ³
Jølsen Miljøpark	1613,93t	1076 m ³
Grefsrud	31,45t	21 m ³
Veidekke industri	32,25t	21,6 m ³
Åsland pukkverk	185,2t	123,5 m ³

På grunnlag av mangel på plass, ble det i prosjektet ikke mellomlagret masser. Hadde det vært mulig å mellomlagre kunne potensielt andelen rene masser (TKL1) gjort opp for en stor del av de eksterne massene. I tillegg er det sannsynlig å anta at TKL2-3 massene fra prosjektet også kunne gjort rede for resten av behovet. Om massene kunne vært gjenbrukt avhenger som sagt tidligere at de overholder kvaliteter og fraksjonsverdier i henhold til håndbøkers krav til fundament- og grøftefyllinger. Da dette er en potensialanalyse, er det tatt utgangspunkt i at en nødvendig andel TKL1-3 kunne vært gjenbrukt i prosjektet, dersom det hadde vært tilrettelagt for mellomlagring.



Figur 33 – Eksterne pukk- og grusmasser

Det ville resultert i en total gjenbruksandel på 1246m³ TKL1 masser og 499,4m³ TKL2-3 masser. Med dette spares utslipp og kostnader i forbindelse med utkjøring av masser: (0% biodrivstoff)

Tabell 22 – Oppsummering utkjøring

Oppsummeringstabell for utslipp	1	2
	Lastebil	Trailer med henger
Maskin/kjøretøy		
Kommentar	Deponi Feiring bruk	Deponi Asak
Vektklasse	>26-28t	>34-40t
Eurocode	Euro VI	Euro VI
Antall	1	1
Innblanding biodiesel (%)		
Totalt utslipp etter innblanding	4 293,77	1 869,98
Total pris etter innblanding	kr 22 150,86	kr 9 646,92

Tabell 23 - Total utkjøring

Samlet total-tabell, 0% BIODRIVSTOFF	
Maskin/kjøretøy	Totalt
Antall	2
Totalt utslipp uten innblanding	6 163,75
Total pris uten innblanding	kr 31 797,78

Totalt eksterne massene som ble innkjørt til prosjektet beløper seg til 1745,9m³. Utslipp og kostnader for dette regnes også med å spares:

Tabell 24 - Oppsummering innkjøring

Oppsummeringstabell for utslipp					
	1	2	3	4	5
Maskin/kjøretøy	Lastebil	Lastebil	Lastebil	Lastebil	Lastebil
Kommentar	Masser inn Feiring	Masser inn Jølsen	Masser inn Grefsrud	Masser inn Veidekke	Masser inn Åsland
Vektklasse	>26-28t	>26-28t	>26-28t	>26-28t	>26-28t
Eurocode	Euro VI	Euro VI	Euro VI	Euro VI	Euro VI
Antall	1	1	1	1	1
Innblanding biodiesel (%)					
Totalt utslipp etter innblanding	1 736,71	5 210,41	200,30	13,83	389,16
Total pris etter innblanding	kr 8 959,42	kr 26 879,63	kr 1 033,30	kr 71,36	kr 2 007,60

Tabell 25 - Total innkjøring

Samlet total-tabell, 0% BIODRIVSTOFF	
Maskin/kjøretøy	Totalt
Antall	5
Totalt utslipp uten innblanding	7 550,41
Total pris uten innblanding	kr 38 951,32

Legger vi dermed til grunne at massene kunne mellomlagres og gjenbrukes sparer prosjektet potensielt **kr 70 749,-** og **13 714 kg CO₂- ekv.**

5.2.7. Anleggsmaskiner og lastebiler

På Alnabru har det kun vært to anleggsmaskiner i arbeid. Det var en Takeuchi 5T graver og en Komatsu 15T graver. Utenom disse to er det nyttet tre lastebiler for ut- og innkjøring av masser på plass.

Lastebilene var av vektclassene 26-28T og 34-40T. Lastebilen 26-28T er uten henger, mens 34-40T er med henger. Kapasitet uten henger regnes til 7 m³ mens med henger regnes det total kapasitet på 14 m³. Kapasitetene kommer fra kontakt med utleier av lastebilene på Alnabru. Det ble opplyst om lastekapasitet på 10 og 20 tonn for de to kjøretøyene. (Telefon, uteleiesenteret, 06.05.2021) Etter omregning er det omtrent 7 m³ og 14 m³.

I vår beregningsmodell er det ikke lagt inn verdier for 5T graver i underlagsarket, og med det velges den nærmeste vektclassen som er en 6T graver. Det vil likevel gi et realistisk bilde på utslipp da de to vektclassene har svært likt forbruk av drivstoff.

5.2.8. Vurdering

For prosjekt Alnabru ble det ikke i stor grad gjennomført miljøvennlige løsninger som ikke allerede er norm i bransjen. Med det menes at det ikke ble brukt for eksempel lavkarbonbetong eller biodrivstoff. Dette er begge tiltak som kunne redusert karbonutslippet betraktelig.

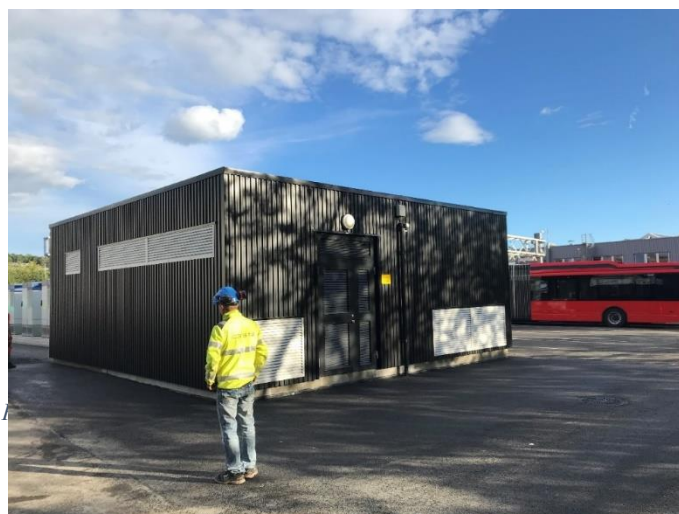
For betongsammenlikningen kan vi hente verdiene fra Tabell 16. Ved utnyttelse av lavkarbon A, og lavkarbon B for D8, kunne utslippet vært redusert med **30 236,2 kg CO₂-ekv**. Dette ville kostet

prosjektet omtrent **kr 24 696,-** mer. I praksis vil nok den ekstra kostnaden være noe høyere, da det ikke tas hensyn til steinstørrelse eller steinreduksjon i prisberegningen til modellen. Den vil likevel være ganske nøyaktig da de fleste betongprodusenter har omtrent samme kostnad for å bedre lavkarbonklasse. Utslippsbesparelsen regnes som presis da den har utgangspunkt i diverse EPD-verdier. Dette gjelder selv om det ikke ble laget prosjektspesifikke EPDer for Alnabru.

Det ses at den antatte utslippsbesparelsen, og den nøyaktige utslippsbesparelsen avviker. Dette er på grunn av en av beregningsmodellens svakheter, spesielt for bransjereferanse-betong. Referanseverdiene som nyttes i utregning er større enn hva verdiene vil være i praksis. Beregningsmodellen har heller ikke formler som tar høyde for endret steinstørrelse eller redusert steinmengde, den vil kun se på antall kubikk. Dette gjør at ved redusert steinstørrelse, som vil gi større utslipp, vil ikke det antatte utslippet være høyere.

Da det i dette tilfellet foreligger EPDer som kan gi et godt bilde på utslippsbesparelse, og det er tilstrekkelig god prisberegning, ville det vært en god ide å se på mulighetene for lavkarbonbetong. Dersom det ikke foreligger praktiske grunner til at det ikke vil fungere, burde det tidlig i anbudsfasen settes lys på at det her kunne spares **30 236,2 kg CO₂-ekv** for rundt **kr 24 696,-**. Dette tilsvarer **kr 817,- per tonn CO₂-ekv**, og vil dermed absolutt være verdt å se på under prosjektering.

For asfalt vil LTA alltid være en god løsning, da det både finnes inntjening og reduksjon. Henholdsvis **2123kr og 8144,8 kg CO₂-ekv** ville vært spart ved å produsere asfalten ved 30 graders reduksjon. Ved benyttelse av ECO-asfalt ville dette utgjort en merkostnad på **kr 26 539,-** og en besparelse på **24 434,4 kg CO₂-ekv**. Dette vil innebære kost/nytte på **1086 kr/kg CO₂-ekv**, noe som kan vurderes å være innen rimelighetens grenser. Verdt å merke seg at dette er beregninger utført per dags dato. ECO-asfalt er ny



teknologi som ikke var tilgjengelig på prosjektets tidspunkt. I tillegg vil prisen på LTA, utnyttet i beregningene, muligens fravike noe fra det den var i 2019.

På grunnlag av manglende mellomlagringssted ble det ikke gjenbrukt masser i prosjektet. Potensielt kunne prosjektet spart **70 749 kr** og **13 714 kg CO₂-ekv** når det kun sees på den reduserte transporten. I tillegg ville Consto spart deponeringskostnader og samtlige innkjøpskostnader. Behovet for transport til den eventuelle mellomlagringsplassen er ikke her tatt hensyn til, og vil redusere den samlede gevinsten noe. Dette bør vurderes som en noe urealistisk gevinst da det vil være riktig å anta at en stor andel av stedlige masser ikke vil tilfredsstille håndbøkers krav.

For transport av masser inn og ut av anleggsplass, samt arbeid fra anleggsmaskiner, er det mulig med biodrivstoff å redusere utslippet med tilnærmet 93%. Det ville i vårt tilfelle resultert i en besparelse på **32 907,06 kg CO₂-ekv**. Dette ville kostet prosjektet nærmere **kr 52 907,20,-** ekstra. Dette vil tilsvare en kostnad på **kr 1 608,- per tonn sparte CO₂**, og er med det gjerne ikke den mest kostnadseffektive løsningen.

Uten prosjektspesifikk pris på metall blir det feil å konkludere med om det burde vært valgt annerledes. Ut ifra utslipp alene burde annen leverandørs mulighet for leveranse vært vurdert.

Kapittel 6

6. Drøfting av mulige tiltak

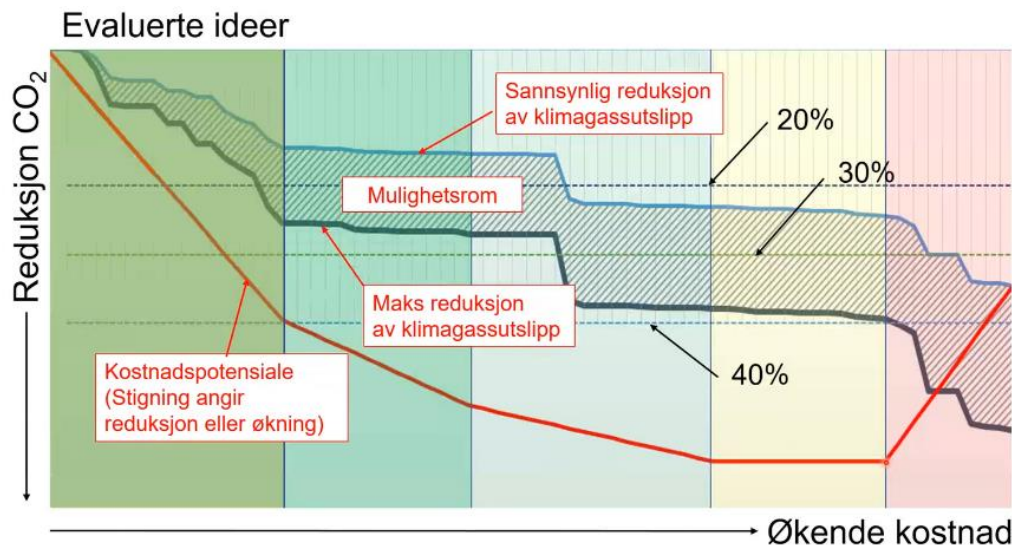
Consto AS som bedrift har følgende mål for ytre miljø; «*Consto AS har som mål å være blant de fremste entreprenører når det gjelder å planlegge og gjennomføre bærekraftige og grønne bygg- og anleggsprosjekter.*» Consto Anlegg Øst har som et mindre datterselskap til Consto AS og anleggsfirma ikke nødvendigvis den størrelsen og kapasiteten per dags dato til å kunne fremstå som en ledestjerne for miljøutviklingen i anleggsnæringen, men kan absolutt strekke seg etter de største i bransjen med støtte fra Consto AS som i sin helhet er av Norges største bedrifter innenfor bygg- og anleggsnæringen. Consto er per midten av 2020 sertifisert for ISO 14001 og ISO 9001, som er dagens beste standard for miljøstyring på bedriftsplan. Denne fremmer blant annet at Consto kontinuerlig skal søke mot utvikling og fremming av bærekraftig drift, samt at de til enhver tid overholder regelverket. (90)

Selv om det generelt i bransjen og i denne oppgaven fokuseres stort på CO₂-utslipp, er det likevel viktig å huske på at det finnes stort potensiale i andre bærekraftsmål. Annen bærekraftig vinning har lett for å bli satt litt i skyggen av det store fokuset om reduksjon i CO₂-utslipp. Dette kommer tydeligere frem under kapittel om, «CEEQUAL» senere, og i Taksonomisystemet til EU som er beskrevet innledningsvis. I tillegg til være nevnt tidligere under, «Hybridbetong» og Powerhouse Alliansen. I hovedsak dreier det seg om at eksempelvis en sirkulær modell som benytter resirkulerte gravemasser eller rivemasser kan komme negativt ut i form av klimagassutslipp, men har likevel en ikke-sammenlignbar effekt på miljø og bærekraft. (91)

Ved gjenbruk av rivemasser som nytt tilslag i betong går, som beskrevet i kapittel 3.3.1, utslippet av CO₂ opp. Likevel sparer en naturressurser som knust fjell for utslippet det uttaket ville medført, i tillegg til at ressursene ligger der til kommende generasjoner. Videre spares store arealer da enten alt eller deler av rivemassene ville blitt sendt til deponi. Dette er en form for bærekraft som stadig blir mer belyst, men ikke er mulig å sammenligne direkte med et klimagassregnskap. Nettopp denne formen for bærekraft og sirkulære tankegang blir stadig mer aktuell, og blant annet i prosjekter for Statens Vegvesen og Nye Veier premieres entreprenør gjennom bonusordninger for denne type gjenbruk. (91)

Miljøvennlige og utslippsbesparende tiltak kan i mange tilfeller i tillegg til å være klimavennlige også være kostnadsbesparende. Med et fokus på å bedre og optimalisere for eksempel betongkonstruksjoner

kan en ende opp med mindre betong og stål, noe som gir både lavere kostnad og utslipp. Tiltak som dette bør etterstrebtes og kan gi økonomisk spillerom til å gripe miljøbesparende tiltak en ellers ikke ville kunne benyttet på grunn av kostnad, og på den måten senke utslipp ytterligere.



Figur 36 – Kost/nytte forhold for reduksjon av CO₂

Videre er kost/nytte vurderinger hvor kostnad per kg CO₂ redusert kommer frem viktig for å kunne vurdere om tiltak er samfunnsøkonomisk ønskelig. Kost/nytte forholdet gir en god pekepinn for hvor en først bør rette fokus for prosjektene. I 2015 utga Miljødirektoratet tre ulike priskategorier for lavutslippsutredninger som retningslinjer for fokusområde i ulike prosjekt.

- Lav – Under 500kr/tonn CO₂
- Middels – 500-1500 kr/tonn CO₂
- Høy – Over 1500 kr/tonn CO₂

Løsninger og muligheter i kategorien «lav» er tiltak som bør tas med i prosjektering og utføres, mens kategorien «middels» bør vurderes under prosjektering. Tiltak som krever over 1500 kr/tonn CO₂ kan vurderes, men en bør se etter andre løsninger før det blir aktuelt. Et unntak er om tiltaket vil gi effekt utover selve prosjektet, og kan bidra som et foregangstiltak eller en del av klimautviklingen i bransjen.

(92)

I dagens regelverk og standarder er det som tidligere nevnt flere grenser og krav til sammensetning som i noen tilfeller kan være begrensende for gjenbruk og resirkulering. Dette uten at det nødvendigvis påvirker kvalitet eller resultat på sluttproduktet. Der det sees som ønskelig eller nyttig er det mulig for RIB og fravike standarden, men RIB blir da stående spesielt ansvarlig. Likevel er det ikke noe i veien for å gjøre

dette, og er ikke uvanlig at forekommer. Ved å stadig ta opp problemstillinger som dette vedrørende for eksempel innblanding av rivemasser i betong gjennom NS-EN 206 eller gjenbruksandel freseasfalt i ny asfalt gjennom N200 utfordres bransjen videre, og potensielt legger det til rette for nye regler bedre tilpasset miljøutviklingen i dag. (93)

Totalt sett er det i klimagassvurderinger ønskelig å ta helhetlige vurderinger av konstruksjoner, istedenfor å ha for stort fokus på isolerte deler som en kubikk med betong. En skal ikke utelate bidraget fra enkeltdele av regnskapet, men det er hvordan regnskapet går opp sammen som er av betydning. Mange deler av et prosjekt avhenger av hverandre og med feil fokus kan oversikt og total klimagassreduksjon bli vanskeligere å holde kontroll over. Foruten selve klimagassregnskapet er det viktig med et felles mål og overensstemmelse om bærekraftig drift til grunne for at prosjekter skal lykkes godt på bærekraft. Om alle ledd i prosessen er innforstått og felles sluttet om bærekraftig drift og tydelige mål er veien til suksess lettere. (91)

Dagens marked og bransje styres i hovedsak av byggherres ønske og press om en grønn utvikling av næringen. Økonomisk vinning og besparelse er naturligvis den største utfordringen mer miljøvennlige tiltak og anbud møter, spesielt i privat sektor hvor det i mange tilfeller er en tyngre vektning av økonomi enn i offentlig sektor. Likevel er det positiv utvikling i bransjen som er nødt til å ta grep for å bedre sitt klimaavtrykk. Tross nevnte utfordringer ved innvirkning på kontraktgrunnlag og byggherre ved hovedentreprise bør Consto etterstrebe mer klimavennlige løsninger i den grad det er mulig. I tillegg kan det ved anledning, være interessant om Consto aktivt prøver å gå for «grønne» prosjekt og bygger opp en større erfaring for å bedre kunne støtte bransjen i dagens utvikling.

Utover overnevnte kan det vurderes, i den grad det sees hensiktsmessig og mulig, tilleggstilbud i anbud for å være med å synliggjøre mulighetene og ytterligere dytte byggherre og bransjen i riktig retning. Tilleggstilbud eller opsjon om å kunne tilby for eksempel ulike typer lavkarbonbetong istedenfor uspesifisert bransjereferanse fra byggherre kan være en mulighet for å belyse vinning i utslippskutt i forhold til kostnad for byggherre, uten at dette går på bekostning av Consto sin konkurransedyktighet i anbudskonkurranser. Det er ønskelig at den digitale regnemodellen utarbeidet i oppgaven skal kunne bidra til å tydeliggjøre kost/nytte forholdet ved å benytte mer klimavennlige løsninger eller produkter, og derav kunne gi Consto en fordel i anbudsfasen.

6.1.Kontrakt

I kontraktsammenheng er det strenge krav til pengebruk, som gjør det vanskelig for entreprenør å bruke ressurser på å kutte utslipp. For anleggsbransjen er det byggherre som stiller krav til klima og miljø i konkurransegrunnlagene. Disse kravene oppleves i dag til å være av liten skala. Det forventes en økning både av omfanget og størrelse av byggherrers krav til utslipp de neste årene. Ved hjelp av verktøyet utarbeidet i denne oppgaven skal det bli enklere for entreprenør og byggherre å komme fram til hvilke kostnader de miljøvennlige løsningene vil ha. Slik vil det bli tydeligere for byggherre hvilken klimavinning som eventuelt betales for.

I et konkurranseperspektiv kan byggherre vurdere tilgjengelige entreprenører på bakgrunn av klima- og miljøvennlige løsninger. Eksempelvis på bakgrunn av hvordan overskuddsmassehåndteringen planlegges å gjennomføres, eller hvilken betongtype som velges i prosjektet. Videre kan dette sammenlignes mot standard massehåndtering og betongtyper brukt i dag, for å finne ut om utslipp kan spares med en eventuell kostnadsdekkelse av utskiftning av materialer og metode.

6.2.Materialer

Felles for store deler av materialbruken ute på prosjekter er at det i de aller fleste tilfeller er lite rom for egne «grønne» løsninger, da dette som nevnt er styrt gjennom kontraktsgrunnlaget fra byggherre. Som nevnt over er det ventet en utvikling på dette i fremtiden, men det er vanskelig å påvirke uten en felles interesse for det. Tiltak som tas opp senere vil ikke ta videre hensyn til hva som er styrt gjennom byggherre og grunnlag i kontrakter, men heller vurdere selve tiltakene som kan gjøre anleggsnæringen mer miljøvennlig.

God planlegging og prosjektering er essensielt for en god gjennomførelse av et prosjekt. Kommer entreprenør i tillegg inn på et tidlig stadium gjennom totalentrepriser legger dette til rette for å kunne gi bedre løsninger, og en større flyt og forståelse slik at en oppnår utførelse tett opp mot prosjektert plan. Videre vil det være mulig i større grad å påvirke byggherre til å velge grønnere løsninger og valg på prosjekt. I tillegg bør det ute på byggeplass være fokus på stor materialutnyttelse og å redusere avfall til et minimum. Det meste av løsninger og tiltak for mindre klimaavtrykk er selvfølgelig mulig å oppnå ved utførelsesentreprise og, men et tettere samarbeid fra start vil kunne gjøre deler av jobben lettere.

Utover dette bør Consto ved innkjøp av materialer og tjenester alltid etterstrebe å velge «grønne» løsninger om det er hensiktsmessig kostnadsmessig. Å velge leverandører som selv stiller miljøkrav til

sine tjenester og utvikling, og kan dokumentere disse godt er også å foretrekke. Dette vil på sikt kunne bidra til at samtlige fortere tar steg mot en mer tydelig miljøprofil.

6.2.1. Betong

Ved bruk av betong bør det være fokus på å bruke betong med lavt karbon- og energiavtrykk, såfremt kvalitet og bruksegenskaper tilfredsstillende ønsket resultat. Ved bruk av ulike varianter av lavkarbonbetong er god planlegging essensielt, slik at en blant annet er klar over eventuelle forlengede herdetiltak eller utstøpingsutfordringer knyttet til blant annet lavere varmeutvikling. Dette er spesielt avgjørende ved vinterstøp da lavkarbonbetonger blir mer krevende des kaldere det blir. Dog er alt gjennomførbart om man på forhånd har tatt stilling til ventede problemstillinger. Hvert enkelt prosjekt er unikt, men forhold som bruk og grad av akseleratorer, isolasjon, eksterne varmekilder og ellers betongens bruksegenskaper er avgjørende for å lykkes med hvert støp. Like viktig som en reduksjon i utslipp ved betongstøp er naturligvis at betongen er mulig å jobbe med slik at en ender opp med ønsket resultat. Om det blir nødvendig med påstøp eller nytt helstøp vil det med svært lav sannsynlighet ende opp med å gi noen grad av den planlagte CO₂-reduksjon som ved ett støp.

Også overdimensjonering og bruk av få betongtyper på prosjekter for enkelhetens skyld kan være en stor utslippstyv. Ved bruk av unødvendig høye fasthetsklasser blir potensielt store utslippsbesparelser borte da høyere fasthetsklasse gir et strengere V/C tall, som igjen krever et høyere sementinnhold. Ved å sørge for rett styrketilpasning til alle bygningsdeler senkes både utslipp fra eksempelvis betong og stål. Flere betongtyper bør etterstribes, ikke velges bort for enkelhetens skyld. (92)

Utover dette er det helt avgjørende at personell som er med på utstøping kjenner til de endrede bruksegenskaper ved lavkarbonbetong, slik at en kan utføre jobben deretter. Dette vil også være kritisk for andre løsninger som for eksempel bruk av «Bubbledeck». I tillegg bør bestilling av lavkarbonbetonger skje i samråd med blandeverk, slik at nødvendig forhold blir belyst fra begge parter, iallfall til en blir erfaren med slike betongtyper.

God planlegging og logistikk vil også være nødvendig om en skal gjenbruke rivebetong som masser med noen særlig vinning. Gjenbruk av betong er som nevnt i kapittel 3.3.2 kan være utfordrende å få inn i den naturlige anleggsdriften uten at det går på bekostning av verken tidsbruk eller kostnader. For å få en god nytteverdi av rivebetong bør det på forhånd være lagt til rette for testing, knusing, midlertidig lagring, og spesifikt hvor betongen skal nyttes, da dette kan påvirke lagtykkelser, komprimering, nødvendig vanntilsetning og lignende. Er det snakk om små mengder, dårlig betong eller lignende årsaker som gjør betongen mindre attraktiv å benytte på eget prosjekt, bør den ved deponering gå til massemtak som

gjenbruger den til nyttige formål. (21) Ellers er gjenbruk av rivemasser en bærekraftig løsning en bør strebe etter å få gjennomført i den grad det er samfunnsøkonomisk å gjennomføre. (92)

6.2.2. Metaller

For metallbruk sin del bør det være fokus på å minimere unødig bruk, og der det er mulig heller benytte seg av andre materialer, som for eksempel trevirke. Dette vil gjerne gjelde mer midlertidige konstruksjoner. For annen bruk av stål i eller som konstruksjoner bør løsninger optimaliseres for å kutte bort overflødig stål. Ofte er løsninger overdimensjonert og har unødvendig store mengder. Ved å gjennomføre overganger bedre eller optimalisere plasseringen av armeringsjernet i et tverrsnitt er det potensiale for å kunne spare inn store mengder jern, CO₂ og kostnader over et helt prosjekt. (92)

I metallbransjen er det stor variasjon av produkter og tjenester, spredt på mange ulike leverandører, noe som også gir en stor variasjon i utslipp for forholdsvis like typer produkt. Av den grunn vil og graden av reduksjon i CO₂-utslipp en kan oppnå ved bruk av metall variere, og bør vurderes ut fra tilgjengelighet og mengder på aktuelle tidspunkt. For såkalt «grønt» stål, eller stål med høy andel sekundærstål vil priser eksempelvis for hulprofiler og plater øke rundt 20%. (Epost, Johnsen, mj@norskstaa.no, 21.04.2021)

Ofte er det snakk om store mengder når det blir benyttet metaller, noe som tydeliggjør viktigheten av å undersøke ulike leverandører og deres produkter godt. Eksempelvis vil det være liten skilnad i GWP per kg for armeringsjern, men utgjøre store mengder når det til slutt blir benyttet flere tusentalls kilo på et prosjekt. (92) Byggende videre på dette bør det også være et fokus på å tilpasse leveranser og lagring slik at en får utnyttet transportkapasiteten en har tilgjengelig til det fulle, har god flyt på anleggsplassen og tar opp så få arealer som mulig for minst mulig inngripen i naturen.

Utover dette har Consto tidligere benyttet seg av langreiste stålkonstruksjoner fra blant annet Romania. Gruppen forsøkte å få dokumentasjon på varer og transport gjennom EPDer og brukt transport, motorklasse og lignende, men lyktes ikke med dette. Av den grunn er det knyttet en del feilkilder opp mot en eventuell beregning av utslipp ved dette. Det er ikke gjennomført noen form for beregning av dette i rapporten, men det anbefales at det tas bevisste vurderinger rundt det.

6.2.3. Trevirke

Miljøtiltak ved bruk av trevirke går mye ut på å minimere kapp og avfall fra prosjektvirksomheten. En løsning på dette kan være å bestille opp konstruksjonsvirke i prekuttete lengder, men dette kan også være mindre hensiktsmessig utfra prosjekt og bruksområde, og må vurderes utfra tenkt løsning. Videre er det som nevnt i kapittel 3.5 fordelaktig med terskelverdier for maks GWP for ulike produkt nyttet på prosjekt da det er stor variasjon mellom både produkter og leverandører.

Utover dette bør kjemisk beskyttelse være nøye overveid, da en kan oppleve store forskjeller i utslipp gjennom vedlikehold i bruksfasen blant ulike beskyttelse. Tross en lavere GWP frem til overtakelse for en produktgruppe kan denne vinningen fort snus ved hyppige vedlikeholdsintervaller i forhold til alternativet. (51)

Bruk av tre som hovedmateriale på større konstruksjoner blir bare mer og mer vanlig da det kan være konkurransedyktig på både miljø og pris. Likevel er valget om å benytte tre i de aller fleste tilfeller forbehold planlegging- og dimensjoneringsfasen og vil ikke være noe Consto per dags dato har noen særlig påvirkningsgrad på gjennom hovedentrepriser.

6.2.4. Asfalt

Gjenbruk av asfalt er essensielt for å holde klimagassutslippet minimalt. En god måte å anvende frest asfalt på, som Consto Anlegg Øst har erfaring med, er å nytte frest asfalt til anleggsvei. Asfalt fra prosjektet kan da fresas og legges som øverste lag på anleggsveien. Dette fører til en bedre fremkommelighet og bedre kvalitet på anleggsveien. Dette vil følgelig da føre til lettere transport til og fra anlegg, og igjen redusere tidsbruken til maskinene på veien. Dette er en av mulighetene til asfalt for å redusere utslipp. Returasfalt kan også nyttes i andre veier, og i forbindelse med ny produksjon.

Dette er elementer som må inn i planleggingsfasen for å sikre en god gjennomføring som ikke går på bekostning av tid. En god planlegging, som forklart over, vil sikre at asfalten håndteres på riktig tidspunkt og bidrar til god flyt i prosjektet. Det vil minimere tidsbruken på bestemmelser av hvor asfalten skal, og hvor mye som skal hvor.

God kunnskap om asfalt og asfaltbruk er også en viktig forutsetning for en god løsning på prosjektet. Det er ikke alltid entreprenører som Consto Anlegg Øst har muligheten til å ta bestemmelser vedrørende for eksempel freseasfaltbruk i veien det arbeides med. I mange tilfeller er det forhåndsbestemte krav som de må forholde seg til. Det er derfor viktig å sette fokus på området allerede i prosjektoppstarten. Dersom det skulle være en totalentreprise kan det derimot bestemmes av entreprenør. Da blir det viktig å se på muligheter som lavvarmeasfalt og gjenbruk av asfalt i prosjektet til ulike formål.

Som vi også har sett fra kapittel 5, er LTA og ECO-asfalt tilgjengelige teknologier innen asfaltproduksjon, som kan gi besparelse innen både kostnad og utslipp. Det vil dermed være nyttig å i større grad benytte seg av enkle tiltak innen bestilling, som vil gjøre store utslag på miljøregnskapet i prosjekter med mye asfalt.

6.3.Masse – og avfallshåndtering

Sett både for utslipp og økonomi, er det gunstig for oppdragsgiver å deponere minst mulig masser. Varig deponering er det minst miljøvennlige valget for behandling og bidrar i tillegg til transport- og deponikostnader. Derfor vil tiltakene som kan gjøres innen massehåndtering bunne ut i hvilke metoder som finnes for å redusere transportavstander, samtidig som metodene bidrar til sirkulær økonomi. Dette vil først og fremst dreie seg om hvilke metoder som legger til rette for størst mulig grad av ressursutnyttelse av overskuddsmasser fra prosjekter.

I denne oppgaven går vi først og fremst inn på hvilke tiltak som kan gjøres av entreprenør, sammen med byggherre. Regelverkets eventuelle barrierer og hindringer for gjenbruk av masser tas ikke stilling til.

6.3.1. Systemer for massebalanse

En måte for å redusere andelen masser som blir transportert til varig deponi, er å øke samarbeidet rundt massebalanse mellom de ulike aktørene i regionen. Det finnes i dag systemer for massebalanse lokalt. Tippnett er en app utviklet for å registrere over- og underskudd av masstyper, og etablerer også kontakt med nærliggende bygg – og anleggsprosjekter med behov. (94) Slike systemer bør i større grad utnyttes da det vil innebære gevinst innen transportavstander, tidsbruk og pengebruk, sannsynligvis for alle involverte.

Dette er dessverre en løsning som er vanskelig å planlegge, og vil kreve ressurser og logistikk fra entreprenørselskapene for å kunne realiseres. Da en entreprenørs uttak av masse og en annens behov sjeldent vil sammenfalle i tid, vil det være nødvendig med arealer til mellomlagring. I tillegg kreves det at det faktisk foregår flere prosjekter samtidig. Ifølge avfallsforskriften kan masser kun mellomlagres i et år (95), med mindre området er regulert til å være deponi eller mellomlagringssted for et spesifikt prosjekt. Tross disse forutsetningene, har systemer som Tippnett ett stort potensial for utslippsreduksjon hvis dette blir utbredt i anleggsbransjen.

6.3.2. Organisering og planlegging

Omfattende planlegging og bevissthet rundt massehåndtering er avgjørende for å kunne utnytte massene på best mulig måte. Det er som tidligere gjort rede for mange faktorer rundt gjenbruk og nyttiggjøring som er vanskelig å forutsi i planleggingsfasen. Dette innebærer en risiko for entreprenører som i verste tilfelle kan føre til økt tid- og pengebruk.

Mellomlagringssteder kan være utfordrende på prosjekter der det er trangt og dårlig plass, men er helt nødvendig for å kunne legge til rette for å unngå deponering. I by-prosjekter der entreprenøren ikke finner noen mulighet til mellomlagring, ender som regel hele masseoverskuddet med å bli lastet og kjørt til

deponi. Det er dermed viktig å sørge for at det tidlig i planprosessen settes av tilstrekkelig areal til mellomlagring, sortering og eventuell behandling av massene som ventes å oppstå.

I prosjekter der det regnes å oppnå betydelig masseoverskudd vil det være nødvendig med detaljerte planer for massehåndteringen på prosjektet. Oversiktlig og god karakterisering av forventet massemengde og kvalitet legger grunnlaget for å kunne se på alternativer for nyttiggjøring allerede i planleggingsfasen. Bruk av godkjente mottak for gjenbruk og bearbeiding av masser krever at avtaler er gjort, slik at mottaket sikrer tilgjengelig kapasitet i det aktuelle tidsrommet. Ved vurdering av nødvendig kapasitet og transportavstander, vil det da være mulig å sammenligne alternativene for mottak og deponi i et utslippsperspektiv.

I planleggingsfasen er det også nødvendig å planlegge tenkte tiltak for gjenbruk av overskuddsmasser. I tillegg må det settes fokus på minimalisering av disse overskuddsmassene. Ved bruk av detaljerte planer for mengde og kvalitet på overskuddsmasser som er igjen fra diverse prosjekter, blir det enklere å inngå avtaler med prosjekter som vil ha masseunderskudd i den aktuelle tidsperioden. Både innad i bedriften og ved bruk av systemer for massebalanse for samarbeid med andre entreprenører eller for kommunal nyttegjøring.

For Consto Anlegg Øst er det oftest kommunale byggherrer. Kommunale planer bør begynne å inkludere krav om massehåndtering. (65) For å realisere dette må byggherren bidra med å legge til rette for langsiktig planlegging, med utgangspunkt i massebalanse. Ifølge Miljødirektoratets definisjon av næringsavfall, beskrevet i punkt 3.7.2, må behovet for fyllmasser være planlagt på forhånd, og ikke være et resultat av at det finnes behov for å kvitte seg med massene. (69) Fremtidig utbygging av eksempelvis grøntarealer eller fylling av vannarealer er alternative måter å legge til rette for bruk av overskuddsmasser. Dette er noe som vil kreve mye ressurser fra byggherrenes side, samt kreves det god oversikt og kommunikasjon med entreprenørene. I tillegg bør det etableres arealer for mellomlagring av masser både på kort og lang sikt (såkalte ressursbanker). På denne måten kan kommunen i større grad legge til rette for kommunikasjon og involvering av de berørte aktørene for massehåndtering i det aktuelle området.

6.4. Anleggsmaskiner og lastebiler

Potensialet til å redusere utslipp fra anleggsmaskiner vil bestå av økt bruk av biodiesel, samt effektivisert bruk av maskinene på anleggsplass. For lastebiler vil potensialet bygge seg rundt reduserte transportavstander. Entreprenører leier ofte inn både sjåfører og tilhørende lastebiler til å ta seg av

transporten av masser ut av anleggsplassen. Det er dermed større utfordringer knyttet til å få disse over på biodrivstoff, enn for egne sjåførere.

Innføring av euro – og stegkrav er allerede godt i gang for anleggsbransjen. Likevel kan disse kravene bli enda strengere, og da tillate kun euro VI og steg 5 for maskiner og lastebiler. Alle nye maskiner og kjøretøy innehar de øverste kravene for euro og steg. Dermed vil det aldri være noe problem for entreprenøren å finne innleieavtaler for dette. Sett for utslipp av CO₂-ekv vil dette bidra til å bedre drivstoffeffektivitet, og da videre redusere noe utslipp. Likevel vil det ha mest å si for lokale skadelige utslipp på anleggsplass.

Tomgangsprosent og effektiv bruk av maskiner er noe som i stor grad vil ha positive virkninger både for klima og kostnader for entreprenøren. Entreprenørselskaper kan selv sette krav til tomgangsreduksjon innad i firmaet. Som tidligere vist på Breisjøen vil dette innebære gevinst, sett at det blir standard prosedyre i prosjektsammenheng.

Biodrivstoff er noe som byggherrer sannsynligvis i større grad vil stille krav om fremover. Bioalternativer regnes i utgangspunktet kun som en midlertidig løsning mot målet om å elektrifisere anleggsplasser. Avanserte biodrivstoff, da spesielt HVO, er typen som er å foretrekke for anleggsmaskiner. Den største utfordringen for HVO er at det er en begrenset ressurs som produseres ved hjelp av rester av skogsbruk, animalsk fett og vegetabiliske oljer. Entreprenører opplever ikke tilgangen til å være noe problem i dag, men det stilles trolig store utfordringer til dette ved en utvidet bruk av dette innen anlegg og transport. Prisen på biodrivstoff er også en av de største faktorene for at bruken ikke er mer utbredt per i dag. Derfor vil en innføring av mer biodrivstoff kreve en større utvikling av teknologien, og eventuelt en prisendring for å gjøre dette konkurransedyktig med anleggsdiesel.

For å kunne oppnå utslippsfrie anleggsplasser finnes det tilgjengelige maskiner på markedet i dag. Elektriske maskiner er i stor grad i utvikling, men er langt ifra å være konkurransedyktig på pris per 2021. Fordi innkjøp – og leiekostnader er såpass store sett i forhold til en standard anleggsmaskin, vil det kreve langsiktig bruk for at kostnadene skal være verdt andelen utslipp som spares. I tillegg vil framgangen til prosjektet ha redusert effektivitet, samt at det må investeres i elektrisk infrastruktur for at maskinene i det hele tatt skal kunne driftes best mulig. Dermed vil det kreves en samfunnsutvikling for både infrastruktur og i større grad serieproduksjon av maskiner for at en prisnedgang skal nås. For at entreprenøren skal kunne utnytte delvis drift med elektriske maskiner må store kostnadsbeløp dekkes.

Ved krav til utslippsfri byggeplass er det byggherre som må kompensere for merkostnadene knyttet til det bestemte miljøkravet. Dermed vil ikke entreprenøren ha behov for å ta stilling til ekstrakostnadene knyttet til kravet. Hvis det derimot stilles krav til et generelt utslippskutt for selskapet, kan en investering i

elektriske maskiner være lønnsomt ved langsiktig bruk, spesielt i fremtiden. Kostnader forbundet med klimatiltak på anleggsplasser kan også behjelpes av Enova, som støtter energi- og klimaprosjekter i Norge. Statlige støtteordninger som Enova og Innovasjon Norge krever likevel et visst antall driftstimer, altså langsiktig bruk, på maskinene for bidrag til full støtte.

6.5. CEEQUAL

The Civil Engineering Quality Assessment & Awards Scheme, forkortet CEEQUAL er en sertifiseringsordning for bærekraftighet og miljø i anleggsprosjekter. (96) På lik linje med BREEAM-NOR for byggeprosjekter, handler CEEQUAL om analysing av alt som utføres i prosjektsammenheng. Ved kontinuerlig analyse er målet hele tiden å finne eventuelle forbedringer knyttet opp mot prosjektets bærekraftighet. Vurdering kan brukes individuelt på de ulike fasene av et prosjekt, eller på hele prosjektet som helhet. (97)

Helt konkret ser verktøyet på direkte eller indirekte besparelser av ressurser og energi, samt vurdering av ulike typer og produkter. Energikilder i drift og byggefase er også sentralt. (96) Sertifiseringsordningen omfatter et bredt spekter av miljøhensyn (97) som vil variere ved ulike type anleggsprosjekt. Innen hvert tema stiller verktøyet med krav og kriterier til de ulike tiltakene som gjennomføres. Videre gis totalscore og endelig karakter ut ifra hvor mange og hvilke type tiltak som faktisk er gjennomført og dokumentert. (96) Vurderinger og dokumentasjon skal godkjennes av en kyndig tredjepart. (97) CEEQUAL gir på denne måten et resultat på hvor bærekraftig et prosjekt er.

Kompetanse og kunnskap rundt bruk av CEEQUAL i Norge er veldig begrenset sett i forhold til andre land i Europa. CEEQUAL krever opplæring og kursing av ansatte og vil dermed være en investering for den aktuelle bedriften. Investeringen kan i utgangspunktet oppleves som motstridende til økonomi og fremdrift, da det kreves ressurser. (96) Verktøyet skal i teorien bidra også til økonomiske besparelser både for prosjektet og i et livsløpsperspektiv. I prosjekter der det er benyttet CEEQUAL er det tidligere oppnådd en besparelse på 3,3% av de totale prosjektkostnadene gjennom designendringer og alternativ materialbruk som dermed førte til avfallsreduksjon. (98)

CEEQUAL er i dag et godt stykke unna å være bransjestandard i Norge, og offentlige byggherrer stiller sjeldent krav til CEEQUAL-dokumentering. Likevel er verktøyet i utvikling og det bør forventes at det kommer på banen innen store prosjekter i nær framtid. Grunner til at dette er mest aktuelt i prosjekter over en viss størrelse er fordi det krever store investeringer, både for planlegging og samarbeid. Og fordi det i store prosjekter er mest å inntjene på å analysere framgangsmåter for bærekraftighet. Etter omfattende bruk i store prosjekter vil det videre være enklere å adaptere til små prosjekter dersom det

skulle vise seg å være en suksess. Sertifiseringsordningen kan videre utnyttes i konkurransegrunnlag for å sikre at konkurrenter velges ut ifra bærekraftighet, og ikke kun ut ifra hvem som kan levere det billigste prosjektet.

Kapittel 7

7. Innovasjon og utvikling

Innenfor anleggsbransjen drives det kontinuerlig arbeid med å utbedre nåværende produkter og løsninger, samtidig som det drives forskning på nye og bedre produkter og løsninger. Dette både med tanke på miljøet, men selvfølgelig også med tanke på å redusere kostnader. Lavkarbonbetong til eksempel, blir mer brukt enn før og finnes også igjen i mange krav til prosjekter. Denne utviklingen tvinger bransjen til å utvikle mer miljøvennlige produkter som likevel kan være lønnsomme.

For å ta betong som et eksempel, så står sementen i betongen for store deler av CO₂-utslippet. Ved å redusere sementinnholdet, uten å gå på bekostning av egenskapene til betongen, vil utslippet reduseres kraftig. Dette er ett av fokusområdene til betongleverandørene i dag. Dette vil også være gunstig for leverandøren økonomisk, da sement er dyrt og er dermed i alles beste interesse.

Et helt spesifikt innovativt eksempel, kommer fra SINTEF i mars 2021. Her har SINTEF, sammen med Betongklyngen kartlagt temperaturen til betong under transport. Resultatet fra målingene gjør at de ser muligheten til å kunne utvikle en ny type betongbil. Denne skal kunne bidra til en billigere, bedre og mer miljøvennlig betong. Nøyaktige resultater ble publisert på nett fra SINTEF. (99)

Det som ble gjort var at temperaturen på betongen ble kartlagt for alle transportetapper til og med på byggeplass. Det ses at betongen gjennomgår temperaturendringer eksempelvis ved stopp av bil, reduksjon av hastighet ved bykjøring og ved stopp i pumping. Dersom betongen fryser i fersk tilstand eller blir for varm, kan den bli helt ubrukelig. Det er derfor SINTEF nå er ute etter samarbeidspartnere for å utvikle en ny betongbil for å holde konstant temperatur på betongen. Dette vil øke betongkvaliteten både på sommerstid og vinterstid. Det vil og redusere kost knyttet til oppvarming av betong, samt redusere kost knyttet til å måtte erstatte dårlig betong, og dermed også spare miljøet. (100)

Et annet SINTEF startet prosjekt er DARE2C. DARE2C, som står for «Durable Aluminium Reinforced Environmentally-friendly Concrete Construction», omhandler aluminium som armering i betong. Dette bryter med den etablerte sannheten om at det er stål som brukes som armering i betong.

Prosjektet DARE2C har flere mål, som å utvikle en ny type armert betong som er mer holdbar og miljøvennlig. Det er ønskelig å nytte lett aluminium som armering i betongen. Det er også et viktig punkt

at det ikke er ny aluminium som ønskes brukt, men resirkulert aluminium som gjerne ikke kan nyttes andre steder. (101)

Grunnen til at aluminium ikke brukes som armering i dag er på grunn av pH-verdien til vanlig betong. Vanlig betong er basisk og har høy pH-verdi, noe som gjør at aluminium korroderer. Tanken ble da å utarbeide en betongtype med lavere pH-verdi som ikke korroderer aluminiumen. (102)

Oppskriften på denne betongen skal tilrettelegge for aluminium som armering, men har også flere andre fordeler listet opp under.

- *«Den nye betongen krever langt mindre energi og CO₂-utslipp å lage*
- *Den kan gi slankere betongkonstruksjoner (altså mindre mengder betong)*
- *Betongen blir vedlikeholdsfri*
- *Den kan til og med ta opp og lagre CO₂ fra omgivelsene i bruksfasen» (102)*

Med andre ord vil det være banebrytende om prosjektet går bra og betongtypen kan nyttes i bygg- og anleggsbransjen. Aluminium tåler på flere områder mer enn stål, og kan være veldig besparende å bruke.

Harald Justnes, sjefsforsker for prosjektet, informerer gruppen at på sikt vil produktet kunne brukes i store bygg- og anleggsprosjekt. De har begrenset seg til B35 betong, men dette vil likevel dekke store deler av behovet på markedet. Han mener også at aluminium kan erstatte stål som en mer miljøvennlig armering, i vert fall når den økte levetiden uten vedlikehold tas i betraktning. Prosjektet går ut i mai nå 2021, men prosjektet skal søke om fase 2 med oppstart høsten 2021 om de får støtte fra Norges forskningsråd. (Epost, Justnes, Harald.justnes@sintef.no, 06.04.2021)

Innovasjon og utvikling vil være løpende sentrale temaer innenfor bygg- og anleggsbransjen. Strengere krav og mer fokus på en bærekraftig fremtid tvinger bedriftene i bransjen til å være nytenkende. Produkter og løsninger vil stadig være i endring og det er i alles interesse å være nyskapende innenfor miljøvennlige løsninger. Det vil trolig derfor bare ses flere prosjekter og produkter med mål om å minimere miljøpåvirkning fremover.

Kapittel 8

8. Oppsummering

Hensikten med denne oppgaven var å vurdere konkurransedyktigheten til miljøvennlige alternativer i anleggsbransjen og Consto, samt hvilke tiltak som kommer best ut av et kost/nytte perspektiv per i dag. Dette ble gjort ved å gå i dybden på materialbruk for asfalt, betong, metall og trevirke, samt massehåndtering og transport. For å støtte opp teorien og lettere skape en oversiktlig kost/nytte sammenligning ble det i tillegg utviklet et karbonregnskap for nevnte temaer foruten asfalt. Utover dette ble det gjennomført to prosjektanalyser av prosjekter gjennomført av Consto, omtalt som Alnabru og Breisjøen. I forkant av prosjektet var det forventet et nokså greit potensial og mulighetsrom for mer miljøvennlige løsninger som Consto kan strekke seg etter. Som tidligere nevnt er det likevel viktig å merke seg at byggherre til syvende og sist er den som setter rammene og av den grunn er den som styrer miljøutviklingen i bransjen i størst grad.

Av materialbruk som er vurdert i oppgaven er det betong som på grunn av generelt sett betydelig større bruksmengde vil utgjøre de største forskjellene i henhold til utslipp. Med et utgangspunkt i bransjereferansen for utslipp jamfør NB37 vil en kunne spare minst 60-65% CO₂ ved å benytte seg av lavkarbon Ekstrem. Der det er krav om MF-betong kan en best benytte seg av lavkarbon A med utslippsreduksjoner på mellom 30-53%, avhengig av hvor lavt en legger seg ned mot lavkarbon Pluss. På grunn av stadig utvikling kan i dag en rekke standardbetonger leveres som lavkarbon B uten spesielle tiltak, samtidig som det også utvikles sementer og betonger med enda lavere utslipp enn tilgjengelig per i dag.

Videre kan det som nevnt i oppgaven være større CO₂-reduksjon til asfalt og metaller per produkt, men på grunn av betraktelig større variasjon, mindre mengder og tilgjengelighet er de ofte mindre faktorer i det totale regnskapet, men på ingen måte neglisjerbare. Trevirke er betraktelig mer miljøvennlig i produksjonsfasen, men vedlikehold i bruksfase, kostnadsnivå, kapasitet og andre bruksegenskaper som hovedmateriale i større konstruksjoner er faktorer som kan begrense bruken og bør vurderes opp mot hvert enkelt prosjekt. Utover dette har samtlige materiellgrupper gode muligheter for gjenbruk og gjenvinning med god kunnskap og planlegging.

Breisjøen hadde generelt sett en god miljøprofil og det ble benyttet blant annet lavkarbon A MF-betong som ga gode utslippstall for betong. For stål ser en potensialet en har i leverandørvalg, hvor det kunne blitt spart inn 1719,9 kg CO₂-ekv for prosjektet, uten noen særlig antatt endring i pris. På Alnabru kunne det med lavkarbon A MF-betong blitt spart 30 236,2 kg CO₂-ekv til en ekstra kostnad på kr 24696,-. Dette ville gitt en kostnad på **817 kr/tonn CO₂**. For metall gjelder samme situasjon som ved Breisjøen og kunne gitt en besparelse på **1523,1 kg CO₂-ekvivalenter** med kostnad **338 kr/tonn CO₂**. For asfalt var det stort potensial for utslippsreduksjon da det ble brukt standardasfalt, men med miljøtiltak kunne det vært spart opp mot 90% av utslippet. For Alnabru ville dette gjort at asfaltering maksimalt kunne blitt redusert fra 22 805,4 til **2714,9 kg CO₂-ekv**. Dette ville gitt en kostnad på **1086 kr/tonn CO₂**. Trevirke er for begge prosjekt i størst grad benyttet som forskaling og på grunn av usikkerhet rundt mengder, pris og GWP for kjøpt materiale er det utfordrende å konkludere med tiltak rundt dette.

For lasting og transport er det biodrivstoff og bedret effektiv bruk av maskiner som vil ha det største utslaget for miljøgevinst i kr/tonn CO₂. Andre generasjons biodrivstoff er både en enklere løsning, i tillegg til å være en god del billigere enn elektriske maskiner per 2021. Grunner til dette er store innkjøps- og innleiekostnader, omfattende planlegging rundt lademuligheter og liten tilgjengelighet på markedet.

Fra Breisjøen oppnåddes en reduksjon på 62 050 kg CO₂-ekv. for en kostnad på 98 000,-. Her ble det benyttet biodrivstoffstypen HVO med 100% innblanding på fire anleggsmaskiner. Dersom det hadde vært nytt for betongbilen i tillegg, kunne det vært spart ytterligere 2950 kg CO₂-ekv for omtrent kr 5000,-. På Alnabru ble det ikke benyttet noen form for biodrivstoff. Ved utnyttelse av HVO100 på prosjektet kunne det vært en realistisk besparelse på 32 907 kg CO₂-ekv. for en ekstra kostnad på kr 52 907,-. Med utgangspunkt i disse prosjektene vil kostnadene med dagens biodrivstoffspriser beløpe seg til rundt **1600 kr/tonn CO₂**. For anleggsmaskiner vil den gjennomsnittlige prisen ligge på 1593,6 kr/tonn CO₂. På grunn av veiavgifter vil det være noe dyrere å redusere utslipp fra veitransport. For lastebiler vil den gjennomsnittlige prisen ligge på 1619,4 kr/tonn CO₂.

På Breisjøen opplevdes en generell tomgangsprosent på 33%, ved en reduksjon på 10% kunne det vært spart 775 kg CO₂-ekv og 2891kr. Hvis tomgangsprosenten hadde vært redusert med 20% kunne det vært spart **1550 kg CO₂-ekv** og **5782kr** for anleggsmaskinene på prosjektet. Dette er små tall i det store bildet, men med begrunnelse i at dette i teorien er en gratis og enkel måte å inntjene utslipp og kostnader vil det alltid være hensiktsmessig å gjøre.

Innen massehåndtering og sirkulær økonomi ligger potensialet i å gjenbruke og nyttiggjøre masser. Dette bidrar til å redusere transportavstander til eventuelle deponi, og i tillegg reduseres utslippene i forbindelse med den nye masseproduksjonen som ville vært nødvendig. Tiltakene som ligger til grunne for Consto

vil være en større planleggingsfase for videre utnyttelse av massene. Med dette menes tidlig tilrettelegging for mellomlagring i trange bymiljø, planlegging av tilgjengelige gjenvinningsstasjoner, mottak og i verste fall deponier, samt et større søkelys på videre bruk av massene som oppstår på prosjektet. I tillegg bør systemer for massebalanse utnyttes i prosjektsammenheng. Både for prosjekter med underskudd og overskudd av masser kan det spares penger og utslipp på å samarbeide med andre aktører i nærheten.

8.1.Konklusjon

Fra denne rapporten kan en trekke ut en rekke større og mindre tiltak for bedring av CO₂-utslipp fra entreprenørselskaper og Consto. Etter å ha analysert prosjektene, trekkes lavkarbonbetong ut som dagens løsning der bedriften vil kunne spare mest for minst. I tråd med fokus på reduserte utslipp ved betongstøp er det i tillegg muligheter for ytterligere kutt for både armeringsjern og forskaling i samme prosess. Biodiesel har som sagt potensial til å dekke store prosentvise mengder utslipp fra prosjekter. Likevel vil dette beløpet seg til rundt det dobbelte av betong, og dermed gjerne ikke være det første tiltaket som bør vurderes. Videre er det også gevinst å hente på asfalt, metall og trevirke, og er noe som bør vurderes i prosjekter som innebærer et visst omfang av dette.

Ved vurdering om å ta i bruk ulike tiltak bør lette tiltak med lave kostnader prioriteres, samtidig som man legger en plan for ønsket utvikling og benyttelse av fremtidige tiltak. Og med økende bevisstgjøring, fokus og ønske om forbedring og utvikling gjennom hele selskapet, kan et potensielt mål være å bli av de ledende entreprenører på området i deres størrelsesklasse.

8.2.Forventet utvikling

Hvilke klimatiltak som vil være rimeligst å utføre i fremtiden er noe som vil avhenge mye av tiltak fra regjeringen, samt videre utvikling av teknologi. Spekulering rundt hvilke tiltak og løsninger som vil ha raskere utvikling, og dermed være rimeligere i fremtiden, er dessverre noe denne oppgaven har liten bakgrunn for å uttale seg om. Dette avhenger i stor grad av hvordan miljøkravene vil utvikle seg i praksis. Likevel er det på bakgrunn av EUs bærekraftsmål, handlingsplaner fra regjeringen og bransjens økte interesse for å redusere utslipp på kort tid, verdt å nevne en forventet utvikling videre.

Det vil være naturlig å forvente at alle materialene vurdert i oppgaven vil få stadig mer redusert klimaavtrykk til overkommelige kostnadsøkninger grunnet den stadig voksende bruken, tilgjengeligheten og ønsket om utslippsreducerende materialer og løsninger. Utover dette vil også fokus på et sirkulært kretslop gjennom blant annet gjenvinning og gjenbruk være en stor faktor for videre reduserte klimaavtrykk, men hastigheten av denne utviklingen er utfordrende å spå. Her kan begrensede regelverk også være til hinder for utviklingens hastighet. Et eksempel for at dyre løsninger i dag mest sannsynlig vil senkes med tiden er lavkarbonbetong. Da lavkarbonbetong klasse B først kom ble den levert med et tillegg på 150,-, mens den i dag leveres uten tillegg i pris.

Det er forventet en prisendring innen drivstoff som utnyttes for anleggsprosjekter. Regjeringen har foreslått å øke CO₂-avgiften, beskrevet kort i kapittel 3.8, samt innføre omsetningskrav for biodrivstoff.

Biodrivstoff, spesielt andre generasjon, er også en relativt ny teknologi, som også vil ha rom for utvikling framover. Den forventede utviklingen innen når elektriske maskiner vil være konkurransedyktige på markedet er vanskelig å uttale seg om. Derfor vil det være naturlig å anta en større andel av statlig finansiering, gjennom blant annet ordninger som Enova og Innovasjon Norge, for å tilrettelegge for elektrisk drift.

I tillegg vil regjeringen vurdere virkemidler for å sikre effektiv massehåndtering. Blant annet ressursbanker for kortsiktig lagring av overskuddsmasser skal bidra til tilrettelegging for gjenbruk. En revurdering av regelverket rundt massers definisjon av avfall er også under arbeid av miljødirektoratet.

8.3. Videre arbeid

Vår digitale beregningsmodell kan på flere områder arbeides videre med for å bedre produktet. Som forklart under avgrensninger er det tatt spesifikke valg på hva som ble prioritert å ha med i modellen. Det vil da følgelig være en forbedringsmulighet å implementere områdene som ikke ble prioritert. Dette omfatter for eksempel å ta høyde for arbeidskraften på området, produksjon av maskiner og masser etter levering på deponi. Rigg og drift er også et element som ikke er tatt med i vår beregningsmodell. Videre er et skifte til fokus på hele bygnings- og konstruksjonsdeler en naturlig fortsettelse. Det vil være fordelaktig for å skille hvor materialer brukes, samtidig som en fortsatt kan se et totalforbruk over et helt prosjekt. Dette er alle elementer som vil kunne tas med for videre utvikling av modell, og vil gjøre beregningene mer komplette og i større grad kunne brukes som et komplett regnskap.

Et element som ikke er helt nytt i forhold til beregningsmodellen, men likevel regnes som en forutsetning videre, er oppdatering av eksisterende verdier. Det forventes at verdier gjerne kan bli utdaterte og må da holdes oppdaterte slik at beregninger holder seg aktuelle og korrekte. Dette ved for eksempel nye maskiner eller nye typer materialer.

En helt essensiell forutsetning for godt videre arbeid med beregningsmodellen er erfaringer ved bruk på spesifikke prosjekt. Dette vil gi erfaringer og tanker som kan bidra til en positiv videre utvikling for modellen. Erfaring ved bruk vil og sette lys på eventuelle mangler i modellen.

Videre arbeid for å bygge på selve rapporten vil innebefatte og gå videre med og gjerne dykke dypere i noen utvalgte tema, samt følge med på videre utvikling fra 2021 og utover.

Vedlegg

A – Artikkel

B – Plakat

C – Oppsummering tiltaksplan for massehåndtering Consto

D – Produktforklaring

E – Formler i beregningsmodell

F – Statistikk maskiner/kjøretøy

Referanser

1. Wiersholm. EU tydeliggjør krav til selskapers rapportering om bærekraft. [Online].; 2021 [cited 2021 4 30. Available from: <https://www.wiersholm.no/nyhetsbrev/eu-tydeliggjør-krav-til-selskapers-rapportering-om-baerekraft>.
2. NHO. EUs taksonomi og handlingsplan for bærekraftig finans. [Online].; 2021 [cited 2021 4 30. Available from: <https://www.nho.no/tema/energi-miljo-og-klima/artikler/eus-taksonomi-og-handlingsplan-for-baerekraftig-finans/>.
3. Lyng KA, Rønning A, Mie V, Svanes E. Karbonopptak i betong i LCA og EPD - Status og videre anbefalinger. Oppdragsrapport. Fredrikstad: NORSUS, Miljøkomiteen; 2014. Report No.: 978-82-7520-712-6.
4. Norsk Betongforening. Publikasjon nr. 37 - Lavkarbonbetong. Publikasjon. Oslo: Norsk betongforening; 2020.
5. Kvellheim AK. Betong er en del av klimaløsningen. [Online].; 2020 [cited 2020 Mars 10. Available from: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/-betong-er-en-del-av-klimalosningen/>.
6. Standard Norge. Betong — Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar. Norsk Standard. Oslo: Standard Norge; 2021. Report No.: NS-EN 206:2013+A2:2021+NA:2021.
7. SINTEF. EnDurCon-Projects. [Online].; 2021 [cited 2021 Mai 9. Available from: <https://www.sintef.no/projectweb/endumcon/underside-1/#/>.
8. Aalborg Portland. FUTURECEM – ny cementtype med redusert CO2-udledning. [Online].; 2020 [cited 2021 Mai 9. Available from: <https://www.aalborgportland.dk/baeredygtighed/futurecem/>.
9. Heidelberg Cement. Sustainability - Leading the way to carbon neutrality. [Online].; 2020 [cited 2021 Mars 10. Available from: <https://www.heidelbergcement.com/en/sustainability>.
10. Equinor. Northern Lights CCS. [Online].; 2020 [cited 2021 Mars 10. Available from: https://www.equinor.com/no/what-we-do/northern-lights.html?gclid=Cj0KCQiAv6yCBhCLARIsABqJTjYOeOTnGM3r89Qlg5RhHDnVybxzq-4fT1ITlo9cXXOC_Ne-zVsKfYsaAhXqEALw_wcB.
11. Miljødirektoratet. Miljøstatus - Klima. [Online].; 2020 [cited 2021 Mars 11. Available from: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/klima/>.
12. Standard Norge. Utførelse av betongkonstruksjoner. Norsk Standard. Oslo: Standard Norge, SN/K 007; 2010. Report No.: NS-EN 13670:2009+NA:2010.
13. Smeplass S. Betongens bidrag i Powerhouse Brattøra - Kursdagene 2020 - Tekna. Trondheim: Skanska Teknikk; 2020.

14. Norsk Betongforening. Publikasjon nr. 7 – Sprøytebetong til bergsikring. Publikasjon. Oslo: Norsk betongforening; 2011.
15. Bubbledeck Norway AS. Bubbledeck - Teknologi. [Online]. [cited 2021 April 5. Available from: <https://bubbledeck.no/testing>.
16. FABEKO Norsk Fabrikkbetongforening. Etterspente betongdekker. [Online].; 2019 [cited 2021 April 15. Available from: <https://fabeko.no/betongdekker/etterspente-betongdekker/>.
17. NorBetong AS. Transport. [Online].; 2020 [cited 2021 April 28. Available from: <https://www.norbetong.no/no/Transport>.
18. Betong Øst AS. Verdens første hybride betongpumpe. [Online].; 2019 [cited 2021 April 28. Available from: <https://betongost.no/aktuelt/verdens-forste-hybride-betongpumpe/>.
19. Eriksen K. Norges første el-betongpumpe. [Online].; 2019 [cited 2021 April 27. Available from: <https://www.at.no/anlegg/473875>.
20. Miljødirektoratet. Betong- og teglavfall. [Online].; 2021 [cited 2021 Mars 16. Available from: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/avfallstyper/betong--og-teglavfall/>.
21. Statens Vegvesen. Bruk av knust betong i vegbygging. Oslo: Vegdirektoratet, Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen; 2013. Report No.: 603102.
22. Engelsen CJ, Rise T. Vurdering av resirkulert tilslag - Egnethet i rørgrøfter. Oslo: SINTEF; 2019. Report No.: 978-82-14-06343-1.
23. Seehusen J. Teknisk Ukeblad. [Online].; 2019 [cited 2021 Mars 17. Available from: <https://www.tu.no/artikler/miljodirektoratet-vil-lette-pa-kravene-for-gjenbruk-vil-fore-til-en-dobling-av-gjenvinning-av-gammel-betong/473140>.
24. Miljødirektoratet. Faktaark M14 - Disponering av betong- og teglavfall. Trondheim: Miljødirektoratet; 2019.
25. Wærner E, Ulla KM. Betongveilederen. Oslo: Forum for miljøkartlegging og -sanering; 2021. Report No.: 978-82-93574-04-0.
26. Moen F, Myren SA. Gjenbruksmaterialer i vegbygging. Oslo: Statens Vegvesen, Teknologiavdelingen; 2009.
27. Statens Vegvesen. N200 Vegbygging. Oslo: Vegdirektoratet; 2018. Report No.: 978-82-7207-723-4.
28. Norsk Betongforening. Miljøbrosjyren «Visste du dette om betong og miljø?». [Online].; 2016 [cited 2021 Mars 26. Available from: <https://betong.net/aktuelt/miljobrosjyren-visste-du-dette-om-betong-og-miljo/>.

29. Engelsen CJ, Justnes H. CO₂-binding by concrete. Forskningsrapport. Oslo: SINTEF Byggforsk, SINTEF Building and Infrastructure; 2014. Report No.: SBF2014A0019.
30. Grønn Byggeallianse. Grønn Materialguide 3.1. Oslo: Grønn Byggeallianse; 2021. Report No.: 978-82-998837-6-4.
31. Norsk Hydro ASA. Livssyklusen til aluminium. [Online].; 2019 [cited 2021 April 15. Available from: <https://www.hydro.com/no-NO/aluminium/om-aluminium/livssyklusen-til-aluminium/>.
32. Norsk Hydro ASA. Lavkarbonaluminium: Hydro REDUXA og Hydro CIRCAL. [Online].; 2019 [cited 2021 April 11. Available from: <https://www.hydro.com/no-NO/aluminium/produkter/lavkarbonaluminium/>.
33. Norsk Hydro ASA. Årsrapport. Oslo: Norsk Hydro ASA; 2020.
34. Norsk Hydro ASA. Nordea Sustainability Discussion. [Online].; 2020 [cited 2021 April 20. Available from: <https://www.hydro.com/Document/Index?name=Nordea%20ESG%20presentation%2C%2020201008.pdf&id=566416>.
35. Jahren S, Nørstebø VS, Simas MS, Wiebe KS. Studie av potensialet for lavere klimagassutslipp og omstilling til et lavutslippssamfunn gjennom sirkulærøkonomiske strategier. Trondheim: SINTEF, SINTEF Industri; 2020. Report No.: 978-82-14-06528-2.
36. Norsk Hydro ASA. Hydro utforsker muligheter innen hydrogen. [Online].; 2021 [cited 2021 April 19. Available from: <https://www.hydro.com/no-NO/media/news/2021/hydro-to-explore-hydrogen-opportunities/>.
37. Norsk Stål AS. Grønnere – Stålproduksjon i dag. [Online].; 2020 [cited 2021 April 8. Available from: <https://www.norskstaal.no/om-oss/miljoe-og-baerekraft/groennere-staalproduksjon-i-dag>.
38. World Steel Association. Environment and climate change. [Online].; 2020 [cited 2021 April 20. Available from: <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/environment-climate-change.html>.
39. Celsa Steel service AS. Bærekraftsveikart. [Online]. [cited 2021 April 15. Available from: <https://celsa-steelservice.no/kvalitet-og-miljo/baerekraftsveikart/>.
40. Statkraft. Hydrogenproduksjon og grønt stål i Mo industripark. [Online].; 2020 [cited 2021 April 5. Available from: <https://www.statkraft.no/nyheter/nyheter-og-pressemeldinger/arkiv/2020/hydrogen-og-stal/>.
41. Hybrit. En fossilfri framtid. [Online].; 2020 [cited 2021 April 17. Available from: <https://www.hybritdevelopment.se/en-fossilfri-framtid/>.
42. Moelven Industrier ASA. Vindmølletårn i tre. [Online].; 2020 [cited 2021 April 23. Available from: <https://www.moelven.com/no/miljo-og-baerekraft/vindmolletarn-i-tre/>.

43. Vegdirektoratet. Trebruer. Oslo: Statens Vegvesen, Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen; 2017.
44. Norsk Treteknisk Institutt. Nr. 58 - Miljødeklarasjoner for tre og trebaserte produkter. Oslo: Norsk Treteknisk Institutt; 2015.
45. Martinsons sag AB. EPD Limtre. [Online].; 2015 [cited 2021 April 15. Available from: <https://splitkon.no/media/8879/nepd-346-236-no-limtre-gk.pdf>.
46. Moelven. EPD Kryssfiner. [Online].; 2018 [cited 2021 April 15. Available from: https://www.epd-norge.no/getfile.php/1314874-1599813684/EPDer/Byggevarer/Bygningsplater/NEPD-1579-604_Kryssfiner_1.pdf.
47. Moelven ASA. EPD - Prosjektlimtre. [Online].; 2018 [cited 2021 April 16. Available from: https://www.epd-norge.no/getfile.php/139072-1530529273/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-1577-605_Projektlimtre.pdf.
48. Statens Vegvesen. Muligheter og barrierer for fossilfrie anleggsplasser i transportsektoren. Oslo: Statens Vegvesen; 2021.
49. Statens Vegvesen. Nr. 422 - Trebruer. Oslo: Statens Vegvesen, Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen; 2017.
50. Statens Vegvesen. Utførelse av betongkonstruksjoner med krav til pene overflater. Oslo: Statens Vegvesen, Vegteknisk Avdeling; 2001.
51. Plessner TSW, Kristjansdottir T, Tellnes L, Flæte PO, Gobakken LR, Alfredsen G. Miljøanalyse av trefasader. Oslo: SINTEF Byggforsk, SINTEF Fag 5; 2013. Report No.: 978-82-536-1339-0.
52. SINTEF Byggforsk. 432.101 - Trebeskyttelse. Overflatebehandling, trykkimpregnering og modifisering. [Online].; 2017 [cited 2021 Mai 3. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/203/trebeskyttelse_overflatebehandling_trykkimpregnering_og_modifisering#i0.
53. SINTEF Byggforsk. 700.320 - Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler. [Online].; 2017 [cited 2021 Mai 3. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/3312/intervaller_for_vedlikehold_og_utskifting_av_bygning_sdeler#i0.
54. Statens Vegvesen. Asphalt. [Online].; 2020 [cited 2021 04 16. Available from: <https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/vegteknologi/vegbyggingsmaterialer/asfalt>.
55. Ruud OE. bitumen. [Online].; 2018 [cited 2021 04 16. Available from: <https://snl.no/bitumen>.
56. Homleid Å. Peab Asphalt vil kutte CO2-utslippet med opptil 90 prosent. [Online].; 2021 [cited 2021 7 5. Available from: <https://www.bygg.no/article/1465615>.

57. Peab. ECO-Asfalt. [Online].; 2021 [cited 2021 5 7. Available from: <https://peabasfalt.no/produkter-tjenester/eco-asfalt/>.
58. Veidekke. Lavtemperaturasfalt. [Online]. [cited 2021 04 16. Available from: <http://veidekke.no/incoming/article8320.ece/binary/Lavtemperatur-asfalt-WamFoam.pdf>.
59. EBA. Asfalt. [Online]. [cited 2021 04 16. Available from: <https://www.eba.no/vei-og-jernbane/asfalt/>.
60. EBA. PRODUSERT ASFALT I NORGE 31.12.20. [Online]. [cited 2021 04 16. Available from: <https://www.eba.no/siteassets/dokumenter/asfalt/produsert-asfalt-pr-31-12-2020.pdf>.
61. Asfaltgjenvinning KF. Veileder i gjenbruk av asfalt. Oslo;; 2019.
62. Asfaltgjenvinning KF. Regler for gjenbruk av retur-asfalt. ; 2018.
63. Vegvesen S. Vekting av CO2 i asfaltkontrakter. PowerPoint. Oslo;; 2019.
64. BI. Veien til sirkulær bruk av byggemasser. [Online].; 2021 [cited 2021 5 4. Available from: <https://www.bi.no/forskning/forskningssentre/senter-for-byggenaringen/artikkel/veien-til-sirkular-bruk-av-byggemasser/>.
65. NGI. Barrierer som hindrer nyttiggjøring. , Geoteknikk; 2017-2019.
66. Rogaland fylkeskommune. Regionalplan for massehåndtering på Jæren 2018-2040. Jæren;; 2017.
67. SNL. Avfallshierarki. [Online].; 2018 [cited 2021 april 6. Available from: <https://snl.no/avfallshierarki>.
68. Statens Forurensningstilsyn. Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn. Oslo;; 2009.
69. Miljødirektoratet. Mellomlagring og sluttdisponering av jordog steinmasser som ikke er forurenset. [Online].; 2019 [cited 2021 4 22. Available from: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1243/m1243.pdf>.
70. Vestby Kommune. Masseforvaltning. [Online].; 2018 [cited 2021 April 12. Available from: <https://www.vestby.kommune.no/getfile.php/4421327.1066.mlpluuiwla7wl/Grunnlagdokument+-+Masseforvaltning.pdf?&force=1>.
71. Brekktus A. Stor utvikling innen elektriske anleggsmaskiner. Bygg.no. 2021 Februar.
72. Regjeringen. Ny handlingsplan: Anleggsplasser i transportsektoren skal bli fossilfrie. [Online].; 2021 [cited 2021 4 30. Available from: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/ny-handlingsplan-anleggsplasser-i-transportsektoren-skal-bli-fossilfrie/id2827986/>.
73. Sjøderholm J. Her er Volvos første steg 5-motor. [Online].; 2017 [cited 2021 4 22. Available from: <https://anleggsmaskinen.no/2017/06/volvos-forste-steg-5-motor/>.

74. NLF. Temahefte miljø. [Online].; 2016 [cited 2021 4 22. Available from: https://issuu.com/modul.no/docs/milj_hefte_nlf_2016?e=2015963/33187226.
75. Yara Norge. Yara.no. [Online].; 2018 [cited 2021 mars 18. Available from: <https://www.yara.no/kjemiske-og-miljomessige-losninger/adblue-for-kjoretoy/>.
76. Tank V. Hva er AdBlue? [Online]. [cited 2021 4 5. Available from: <https://veratank.no/hva-er-adblue-vi-viser-effektiv-bruke-og-lagring/>.
77. Norge Y. AdBlue for mobile maskiner. [Online]. [cited 2021 4 5. Available from: <https://www.yara.no/kjemiske-og-miljomessige-losninger/adblue-for-kjoretoy/adblue-for-mobile-maskiner/>.
78. Miljødirektoratet. Miljødirektoratet. [Online].; 2019 [cited 2021 mars 10. Available from: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/fornybar-energi/biodrivstoff/>.
79. Miljødirektoratet. Flytende biodrivstoff økte med 20 prosent i fjor. [Online].; 2020 [cited 2021 mars 10. Available from: <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2020/mai-2020/flytende-biodrivstoff-okte-med-20-prosent-i-fjor/>.
80. Miljødirektoratet. Klimakur 2030. Oslo;; 2020.
81. SINTEF. 30 tonns utslippsfri gravemaskin. Oslo;; 2018.
82. Transportøkonomisk Institutt. Fornybare drivstoffer - Fornybar diesel: HVO. Oslo;; 2016.
83. Miljødirektoratet. Fakta om biodrivstoff. [Online].; 2019 [cited 2021 mars 10. Available from: <https://nettarkiv.miljodirektoratet.no/hoeringer/tema.miljodirektoratet.no/no/Tema/Energi/Biodrivstoff/Fakta-om-biodrivstoff/index.html>.
84. Sørderholm J. Gir gass med utleie av utslippsfrie maskiner. Anleggsmaskinen.no. 2020 September.
85. Klimaetaten Oslo. Potensialet for utslippsreduksjon ved fossil- og utslippsfrie bygge- og anleggsplasser. Oslo;; 2018.
86. SINTEF. Utslippsfrie byggeplasser. Oslo;; 2018.
87. Norges vassdrags- og energidirektorat. Hvor kommer strømmen fra? [Online].; 2021 [cited 2021 Mai 6. Available from: <https://www.nve.no/energiforsyning/kraftproduksjon/hvor-kommer-strommen-fra/?ref=mainmenu>.
88. Norges vassdrags- og energidirektorat. Varedeklarasjon for strømleverandører. [Online].; 2021 [cited 2021 April 28. Available from: <https://www.nve.no/energiforsyning/opprinnelsesgarantier/varedeklarasjon-for-stromleverandorer/>.

89. Kristiansen M, Norenes I. Grønt skifte i byggebransjen: Investering i elektriske gravemaskiner. Masteroppgave. Stavanger: Det teknisk-naturvitenskapelige fakultet; 2019.
90. DNV GL. ISO 14001 Miljøledelse. [Online].; 2021 [cited 2021 Mai 9. Available from: <https://www.dnvgl.no/services/iso-14001-miljoledelse-33649>.
91. Norconsult AS. [Webinar].; 2021 [cited 2021 Mai 9. Available from: https://www.youtube.com/watch?v=GWrS7-a5ZiQ&ab_channel=NorconsultAS.
92. Norconsult. Bærekraftige betongkonstruksjoner - Reduksjon av klimagassutslipp ved bygging av Statens vegvesens betongkonstruksjoner. Sandvika: Norconsult; 2017. Report No.: NO-RAPP-001.
93. Norconsult AS. [Webinar].; 2021 [cited 2021 Mai 9. Available from: https://www.youtube.com/watch?v=uqV1bBm6yOQ&ab_channel=NorconsultAS.
94. Tippnett. Logistikkssystem for masser. [Online]. [cited 2021 april 12. Available from: <http://www.tippnett.no/>.
95. Lovdata. Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften). [Online].; 2021 [cited 2021 April 4. Available from: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930>.
96. Linge GN. Hva er egentlig. CEEQUAL. [Online]. [cited 2021 april 8. Available from: <https://relasjon.skanska.no/hva-er-egentlig-ceequal/>.
97. Statens vegvesen. Vegvesenet skjerper klima og miljøkrav. [Online].; 2020 [cited 2021 april 8. Available from: <https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/nyheter/nasjonalt/vegvesenet-skjerper-klima-og-miljokrav>.
98. Bre. Why choose CEEQUAL? [Online]. [cited 2021 april 8. Available from: <https://www.ceequal.com/why-choose-ceequal/>.
99. Langås IS. Transport av betong i kaldt klima. Narvik: SINTEF; 2021. Report No.: 1894-2466.
- 10 SINTEF. Mye å vinne på å holde betongen varm under vintertransport. [Online].; 2021 [cited 2021 0. 03 25. Available from: <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemedling/mye-a-vinne-pa-a-holde-betongen-varm-under-vintertransport?publisherId=7235542&releaseId=17903095>.
- 10 SINTEF. DARE2C. [Online].; 2020 [cited 2021 April 05. Available from: 1. <https://www.sintef.no/prosjekter/2017/dare2c/>.
- 10 Skaar B, Rambæk I. Snart kan aluminium erstatte stål som armering i betongkonstruksjoner. 2. [Online].; 2019 [cited 2021 April 05. Available from: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2019/snart-kan-aluminium-erstatte-stal-som-armering-i-betongkonstruksjoner/>.

- 10 Standard Norge. Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner - Del 1-1: Allmenne regler og 3. regler for bygninger. Norsk Standard. Oslo; SN/K 064; 2018. Report No.: NS-EN 1992-1-1:2004+A1:2014+NA:2018.
- 10 Andrew R. Global CO2 emissions from cement production, 1928-2018. Oslo: CICERO, Earth Syst. Sci. Data; 2019. Report No.: 1866-3508.
- 10 SINTEF Byggforsk. 572.111 - Resirkulert tilslag av tegl og betong. [Online].; 2015 [cited 2021 Mars 5. 18. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/3162/resirkulert_tilslag_av_tegl_og_betong#i4.
- 10 Frydenlund J. Dette er kravene til kildesortering på byggeplass. Gjenvinningsbloggen. 2020 Januar. 6.
- 10 Statsforvalteren. Regler for gjenbruk av betong og andre rive- og anleggsmasser. Nordland;; 2014. 7.
- 10 Hydro. Hva gjør denne lekre, lille betongbenken til en verdenssensasjon? [Online].; 2019 [cited 8. 2021 April 05. Available from: [Hva gjør denne lekre, lille betongbenken til en verdenssensasjon?](https://www.hydro.no/nyheter/2019/04/05/hva-gjor-denne-lekre-lille-betongbenken-til-en-verdenssensasjon/)
- 10 Steel industry co-products. Brussel: World Steel Association; 2020. 9.
- 11 Miljøverndepartementet. Rammedirektivet for avfall. [Online].; 2013 [cited 2021 04 27. Available from: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2006/apr/rammedirektivet-for-avfall/id2432014/>.
- 11 Miljødirektoratet. Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn. [Online].; 2009 [cited 2021 4 1. 27. Available from: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/klif2/publikasjoner/2553/ta2553.pdf>.
- 11 Brenna AL. Så mye må CO2-avgiften stige hvert år frem til 2030. [Online].; 2021 [cited 2021 4 30. 2. Available from: <https://enerwe.no/co2-avgift-klimavote-klimaplan/sa-mye-ma-co2-avgiften-stige-hvert-ar-frem-til-2030/393184>.
- 11 Moelven Industrier ASA. Hvorfor kan bruk av tre bidra til å løse klimakrisen? [Online].; 2018 [cited 3. 2021 Mai 2. Available from: <https://www.moelven.com/no/aktuelt-og-nyheter/nyhetsarkiv/2018/hvorfor-kan-bruk-av-tre-bidra-til-a-lose-klimakrisen/>.
- 11 The European Cement Association. Cement's role in a low-carbon future. [Online].; 2018 [cited 4. 2021 Mai 5. Available from: <http://useofcement.cembureau.eu/2018/12/03/cements-role-low-carbon-future/>.
- 11 Norsk Betongforening. Rapport nr.6 - Betong og miljø. Oslo: Norsk Betongforening, Miljøkomiteen; 5. 2018.

