

Kaisa Englund Espe  
Håkon Kvamme  
Eilin Dahlen Tøftum

## **Betongkonstruksjoner**

### **Valg og konsekvenser for klimabesparende tiltak i prosjekter**

Bacheloroppgave i 3-årig bachelorprogram, byggingeniør

Veileder: Lala Lacramioara Telehoi Nilsen

Medveileder: Therese Giskeødegård Osvik og Tor Elling Kjersem

Mai 2021



Kaisa Englund Espe  
Håkon Kvamme  
Eilin Dahlen Tøftum

## **Betongkonstruksjoner**

### **Valg og konsekvenser for klimabesparende tiltak i prosjekter**

Bacheloroppgave i 3-årig bachelorprogram, byggingeniør  
Veileder: Lala Lacramioara Telehoi Nilsen  
Medveileder: Therese Giskeødegård Osvik og Tor Elling Kjersem  
Mai 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk





## Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.</li> <li>• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.</li> <li>• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.</li> <li>• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.</li> <li>• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. <a href="#">Universitets- og høgskoleloven</a> §§4-7 og 4-8 og <a href="#">Forskrift om eksamen</a> §§14 og 15.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se <a href="#">Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter <a href="#">høgskolens studieforskrift §31</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av <a href="#">kilder og referanser på biblioteket sine nettsider</a>	<input checked="" type="checkbox"/>

## Publiseringsavtale

Studiepoeng: 20

Veileder: Lacramioara Telehoi Nilsen

### Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiM med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved NTNU i Ålesund en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja  nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja  nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja  nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

ja  nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13/Fvl. §13](#))

Dato: 03.05.2021

## Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet som et avsluttende hovedprosjekt ved NTNU i Ålesund og markerer avslutningen på et 3-årig bachelorprogram, byggingeniør. Oppgaven er utarbeidet av tre studenter med fordypning i konstruksjon våren 2021, og tilsvarer 20 studiepoeng. Oppgaven må derfor tilfredsstillende de krav som er satt.

Målet med oppgaven er å vise god ingeniørfaglig innsikt og fagkunnskap, og tilegne oss ny kunnskap om ulike tema. Vi har valgt å arbeide med temaene lavkarbonbetong, klimagassregnskap og priser på betongtyper. Disse temaene er spennende og stadig viktigere for fremtiden. Temaene har ikke vært en del av pensum i studiet, og var derfor nye for oss. Oppgaven har på denne måten utfordret oss til å måtte systematisk tilegne oss ny kunnskap, og bruke denne kunnskapen i arbeidet.

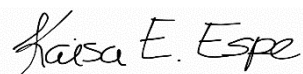
Gruppen har gjennom hele prosessen arbeidet godt, både selvstendig, i team og med veiledere og rådgivere på tross av smittevernsrestriksjoner knyttet til COVID-19. Dette har blant annet medført færre fysiske møter, og begrenset mulighet til å benytte campus som arbeidsplass. Samarbeidet og samholdet i gruppa har likevel fungert bra, og møter har blitt gjennomført ved hjelp av møteplattformer som Microsoft Teams og Zoom når fysiske møter ikke har vært mulig.

Vi vil takke våre veiledere i Veidekke, Therese Giskeødegård Osvik og Tor Elling Kjersem, som gjennom hele prosessen har hjulpet med oppbygging og avgrensning av oppgaven og innholdsanalysen. Vi setter pris på friheten Veidekke har gitt oss til å kunne forme oppgaven etter vårt skjønn, og for muligheten til å være med å bestemme og avgrense mange aspekter på egenhånd.


Vi vil også takke våre veiledere og rådgivere ved NTNU. Først og fremst Lala Lacramioara Telehoi Nilsen, som med sitt engasjement har veiledet og hjulpet oss gjennom hele oppgaven. Takk til Max Ingar Mørk som har kommet med gode råd til oppbygging av oppgaven. Til slutt vil vi takke Torodd Skjerve Nord, som løpende gjennom hele prosessen har gitt tilbakemeldinger på fremgang gjennom felles veiledningstimer.

Vi vil takke Sigbjørn Faanes for å ha bidratt med resultater fra sin forskning og delt sin erfaring med oss. Vi vil takke Dyrøy Betong for å ha bidratt med viktig materiell til oppgaven vår.

Ålesund, 16.05.21

  
Kaisa Englund Espe

  
Håkon Kvamme

  
Eilin Dahlen Tøftum

## Sammendrag

Oppgaven sammenligner informasjon om utslipp og pris for ulike betong- og lavkarbonklasser, og hvilke andre tiltak som kan gjøres for å optimalisere klimareduksjon basert på erfaringer fra byggebransjen. Hovedmålet med oppgaven er å undersøke forholdet mellom den økonomiske konsekvensen ved bruk av ulike klasser lavkarbonbetong og den faktiske miljøbesparelsen det gir. I tillegg til dette har oppgaven som mål å finne ut hvilke andre løsninger knyttet til betong som kan bidra til klimagassreduksjon. Oppgaven skal bidra til å gi et grunnlag for å kunne ta bedre valg rundt karbonklasser i prosjekter.

Oppgaven tar utgangspunkt i prosjektet Emblem skule, verdier hentet fra Dyrøy Betong, og informasjon hentet inn gjennom en innholdsanalyse. Arbeidet går ut på å hente inn verdier for pris og klimagassutslipp fra Dyrøy på betongtyper som var relevante for prosjektet Emblem skule, og sammenlikne disse. Det blir også gjort en innholdsanalyse knyttet til erfaringer ved bruk av lavkarbonbetong og andre metoder for å redusere utslipp fra betong.

Basert på resultatene presentert i oppgaven kan det konkluderes med at det er mange måter å bidra til reduksjon av utslipp og det finnes ikke en konkret løsning, ettersom alle prosjekter og betongkonstruksjoner er unike. For å spare klimagassutslipp og kostnader i et prosjekt må man altså se hele prosjektet i sammenheng, og finne de tiltakene som gir den største gevinsten i hvert enkelt tilfelle. Det er alle disse enkeltinnsparingene som sammen bidrar til reduksjonen av det totale klimagassutslippet.

## Summary

The thesis compares information on emissions and prices for different concrete and low-carbon classes, and what other measures can be taken to optimize climate reduction based on experience from the construction industry. The main purpose for the thesis is to examine the relationship between the economic consequences of utilizing different classes of low-carbon concrete and the actual environmental savings it provides. In addition to this, the thesis aims to find out which other solutions related to concrete can contribute to greenhouse gas reduction. The thesis will be a frame of reference to make better choices about carbon classes in their future projects.

The thesis is based on the project Emblem skule, data obtained from Dyrøy Betong, and information collected through a content analysis. The work involves collecting values for prices and greenhouse gas emissions from Dyrøy on concrete types that were relevant to the project Emblem skule and comparing these. A content analysis is also carried out in relation to experiences utilizing low-carbon concrete and other methods for reducing emissions from concrete.

Based on the results presented in the thesis, it can be concluded that there are many ways to contribute to the reduction of emissions and there is no distinct solution, as all projects and concrete structures are unique. To save greenhouse gas emissions and project costs one must therefore look at the entire project in context and find the measures that provide the greatest benefit in each individual case. In the end it is these individual changes that when combined contribute to a reduction of total greenhouse gas emission.

# Innhold

<b>Figurer</b> .....	<b>I</b>
<b>Tabeller</b> .....	<b>II</b>
<b>Terminologi</b> .....	<b>III</b>
Forkortelser.....	III
Standarder .....	III
Symboler og formler.....	IV
<b>Kapittel 1 Introduksjon</b> .....	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn .....	2
1.2 Mål for oppgaven.....	2
1.3 Avgrensninger .....	3
1.4 Rapportens oppbygging .....	4
<b>Kapittel 2 Teoretisk grunnlag</b> .....	<b>5</b>
2.1 Global Warming Potential (GWP) .....	5
2.1.1 Karbondioksid.....	5
2.1.2 Formålet .....	5
2.1.3 Styrker og svakheter.....	6
2.2 Environmental Product Declaration (EPD) .....	6
2.3 Lover og regler .....	7
2.3.1 Bruksbetingelser etter standarder.....	8
2.4 Betong.....	9
2.4.1 Tradisjonell betong .....	9
2.4.2 Fasthetsklasser .....	10
2.4.3 Eksponeringsklasser.....	11
2.4.4 Bestandighetsklasser .....	12
2.4.5 Herdeteknologi.....	13
2.4.6 Karbonavtrykk .....	14

2.5 Lavkarbonbetong .....	15
2.5.1 Lavkarbonbetongklasser .....	15
2.6 Type II tilsetningsmaterialer .....	16
2.6.1 Silikastøv.....	17
2.6.2 Flygeaske .....	17
2.6.3 Slagg .....	18
2.6.4 K-verdi metoden .....	18
2.7 Økonomi .....	19
<b>Kapittel 3 Metode .....</b>	<b>20</b>
3.1 Litteraturstudie.....	20
3.2 Kildekritikk.....	20
3.3 Forskningsmetode.....	21
3.3.1 Empirisk undersøkelse .....	21
3.4 Fremgangsmåte.....	22
3.4.1 Fase 1 – Research og teorigrunnlag .....	22
3.4.2 Fase 2 – Avgrensning og innsamling av materiell.....	23
3.4.3 Fase 3 – Analyse, drøfting og sammenligning.....	24
<b>Kapittel 4 Resultater .....</b>	<b>25</b>
4.1 Klimagassavtrykk .....	25
4.1.1 Klimagassavtrykk fra produsent .....	25
4.1.2 Klimagassavtrykk fra innholdsanalyse .....	26
4.2 Fasthetsutvikling.....	31
4.2.1 Fasthetstutvikling fra produsent.....	31
4.2.2 Fasthetsutvikling fra innholdsanalyse.....	32
4.3 Kostnader.....	33
4.3.1 Kostnader fra produsent .....	33
4.3.2 Kostnader fra innholdsanalyse .....	34

<b>Kapittel 5 Diskusjon</b> .....	<b>35</b>
5.1 Analyse av resultat.....	35
5.1.1 Klimagassutslipp og pris fra produsent.....	35
5.1.2 Klimagassutslipp fra innholdsanalysen.....	37
5.2 Drøfting .....	40
5.2.1 Fremdrift og kostnader på byggeplass .....	40
5.2.2 Miljø og valg.....	42
5.3 Usikkerhet.....	46
5.4 Forslag til videre arbeid.....	47
<b>Kapittel 6 Konklusjon</b> .....	<b>48</b>
<b>Bibliografi</b> .....	<b>50</b>
<b>Vedlegg</b> .....	<b>53</b>



## Figurer

Figur 1:1 Fordeling av verdens totale klimagassutslipp.....	1
Figur 1:2 Rapportens oppbygging.....	4
Figur 2:1 Forenklet hierarki av lover forskrifter og standarder.....	7
Figur 2:2 Skjematisk fremstilling av delkomponenter i betong basert på volum .....	9
Figur 2:3 Mulig karbonregnskap for en konstruksjonsbetong .....	14
Figur 4:1 a) Sirkulært Tverrsnitt b) Bjelketverrsnitt c) Bjelketverrsnitt .....	26
Figur 4:2 Brutverrsnitt med utsparing og spennkabel .....	27
Figur 4:3 Eksempel fra miljøbrosjyre .....	28
Figur 5:1 Forskjell i pris- og klimagassutslipp for betongtyper.....	37

## Tabeller

Tabell 2:1 Nasjonal trykkfasthetsklasse .....	10
Tabell 2:2 Eksponeringsklasser.....	11
Tabell 2:3 Bestandighetsklasser avhengig av eksponeringsklasser .....	12
Tabell 2:4 Grenseverdier for lavkarbonklasser .....	15
Tabell 3:1 Anbefalte minste fasthetsklasse avhengig av eksponeringsklasse.....	23
Tabell 3:2 Kombinasjoner av betongtyper til oppgaven .....	23
Tabell 4:1 GWP for betongtyper med tilhørende lavkarbonklasse .....	25
Tabell 4:2 Alle betongtyper vurdert i karbonoptimalisering for Øvre Steinaunet 1 .....	30
Tabell 4:3 Gjennomsnittlige verdier fra fasthetsrapporter .....	31
Tabell 4:4 Pris per kubikk betong fra produsent .....	33
Tabell 5:1 GWP reduksjon for B30 M60 .....	35
Tabell 5:2 GWP reduksjon for B35 M45 .....	36
Tabell 5:3 Standard betong, justert fasthets- og bestandighetsklasse .....	38
Tabell 5:4 B25 M90 Sammenlikning av karbonklasser .....	38
Tabell 5:5 B35, Sammenlikning av karbonklasser for flere bestandighetsklasser.....	39

## Terminologi

### Forkortelser

GWP – Global Warming Potential – Globalt oppvarmingspotensiale

EPD – Environmental Product Declaration – Miljødeklarasjon

PBL – Plan og bygningsloven

NA – Nasjonalt tillegg

CO<sub>2</sub>-ekv – CO<sub>2</sub>-ekvivalenter

### Standarder

I arbeidet med denne oppgaven er det brukt standarder som kilder og oppslagsverk. Standardene som er brukt i denne oppgaven er listet opp under:

- **NS-EN 1992-1-1:204+A1:2014+NA:2018**  
Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner.  
Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger.  
Forkortet i teksten til NS-EN 1992-1-1+NA.
- **NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2020**  
Betong. Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar.  
Forkortet i teksten til NS-EN 206+NA.
- **NS-EN 197-1:2011**  
Sement Del 1: Sammensetning, krav og samsvarskriterier for ordinære sementtyper.  
Forkortet i teksten til NS-EN 197-1.
- **NS-EN 3720:2018**  
Metode for klimagassberegninger for bygninger
- **NS-EN 13670:2009+NA:2010**  
Utførelse av betongkonstruksjoner.  
Forkortet i teksten til NS-EN 13670+NA.
- **NS-EN 15804:2012+A2:2019**  
Bærekraftige byggverk. Miljødeklarasjoner. Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer.

## Symboler og formler

### Prosentnedgang

$$\text{Prosentnedgang} = \frac{\text{nåverdi} - \text{tidligere verdi}}{\text{tidligere verdi}} \times 100\%$$

### Prosentøkning

$$\text{Prosentøkning} = \frac{\text{tidligere verdi} - \text{nåverdi}}{\text{tidligere verdi}} \times 100\%$$

### Masseforhold

$$m = \frac{v}{c + \sum(k \times p)}$$

$m$  – Masseforhold vann/bindemiddel

$k$  – Virkningsfaktor

$v$  – Totalt fritt vanninnhold

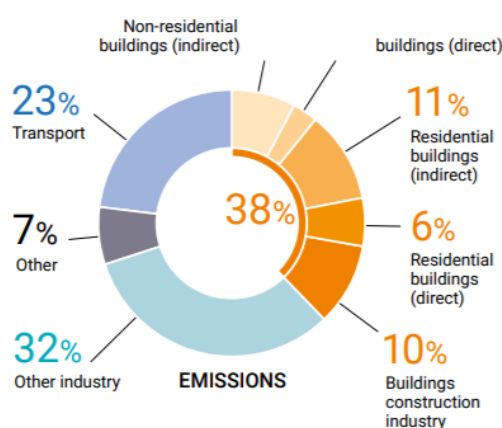
$p$  – Innhold tilsetningsmateriale

$c$  – Sementinnhold

$\sum$  – Sum av komponenter

## Kapittel 1 Introduksjon

Konstruksjon og drift av bygg står totalt for 38% av verdens klimagassutslipp. Konstruksjonsfasen står for 10% av verdens totale klimagassutslipp, og inkluderer blant annet utvinning av byggematerialer, hvor betongproduksjon står for den største andelen av utslippene. Disse tallene er presentert i *2020 Global status report for buildings and construction* og er vist i figur 1:1 under. Sement, som er hovedingrediensen i betong, er hovedkilden til utslipp i betongproduksjon, og utgjør opp til 8% av verdens totale klimagassutslipp (Andrew, 2019; Hamilton & Kennard, 2020).



Notes: Buildings construction industry is the portion (estimated) of overall industry devoted to manufacturing building construction materials such as steel, cement and glass. Indirect emissions are emissions from power generation for electricity and commercial heat.  
Sources: (IEA 2020d; IEA 2020b). All rights reserved. Adapted from "IEA World Energy Statistics and Balances" and "Energy Technology Perspectives".

Figur 1:1 Fordeling av verdens totale klimagassutslipp

Det finnes en rekke tiltak som kan gjennomføres for å redusere klimagassutslippene i forbindelse med betongkonstruksjoner. I selve betongsammensetningen kan deler av sementen erstattes med tilsetningsstoffer som får «sementlignende» egenskaper ved blanding med sement og vann. Betong med slike karbonreducerende tiltak blir kalt lavkarbonbetong. Forutsetningen er at tilsetningsstoffene har betydelig lavere klimagassutslipp enn sementen de erstatter. Noen av disse tilsetningsstoffene påvirker betongens herdeforløp, og det er derfor nødvendig med riktig kompetanse på området ved prosjektering. Et annet tiltak for å redusere klimagassutslipp er å dimensjonere for mindre materialbruk, selv om dette kan gå på bekostning av estetiske virkemidler. Det er med andre ord ikke en fasit på hvordan oppnå den beste løsningen med hensyn på kostnader, estetiske virkemidler, klimagassutslipp og dimensjonerende styrkebehov. (NB 37 Lavkarbonbetong, 2020)

## 1.1 Bakgrunn

Veidekke ønsker å være ledende aktør i byggebransjen innenfor reduksjon av klimagassutslipp ved å være best på miljø i praksis. Betong er Veidekkes mest brukte byggemateriale, og er essensielt i mange byggeprosjekter. De siste årene har Veidekke jobbet sammen med sement- og betongprodusenter for å redusere utslippene fra produksjonen gjennom bruk og utvikling av lavkarbonbetong. (Veidekke Norge, 2021)

Et av Veidekke Bygg Møre og Romsdal sine prosjekter er Emblem skule. Et av målene til dette prosjektet er å oppnå gode miljøkvaliteter, og byggherren ønsker en reduksjon på minimum 30% klimagassutslipp i forhold til referansebygg. Prosjektets tekniske program spesifiserer at bærekraftige materialvalg skal tilstrebes. Flere av byggets hoveddeler skal utføres i betong, og dette gjør at å velge lavkarbonbetong vil være med på å redusere det totale klimagassutslippet. I anbudsfasen av prosjektet utgjorde pris 40% og miljø-, energi- og bygningsprosjekt 15% av tildelingskriteriene, dette gjør at å finne sammenhengen mellom den økonomiske konsekvensen og miljøbesparelsen ved lavkarbonbetong er relevant. (Husby et al., 2020) (*2.Del 1 - Kvalifikasjonskrav, konkurransebetingelser og tildelingskriterier*, 2020)

## 1.2 Mål for oppgaven

Målet med oppgaven er å undersøke forholdet mellom den økonomiske konsekvensen ved bruk av ulike klasser lavkarbonbetong og den faktiske miljøbesparelsen det gir. Dette vil si å samle informasjon om utslipp og pris for ulike betong- og lavkarbonklasser, og sammenlikne disse med standard betong.

Dette skal gi Veidekke en oversikt som vil forenkle valget rundt betongklasser ikke bare i prosjektet Emblem skule, men også i andre framtidige prosjekt.

### 1.3 Avgrensninger

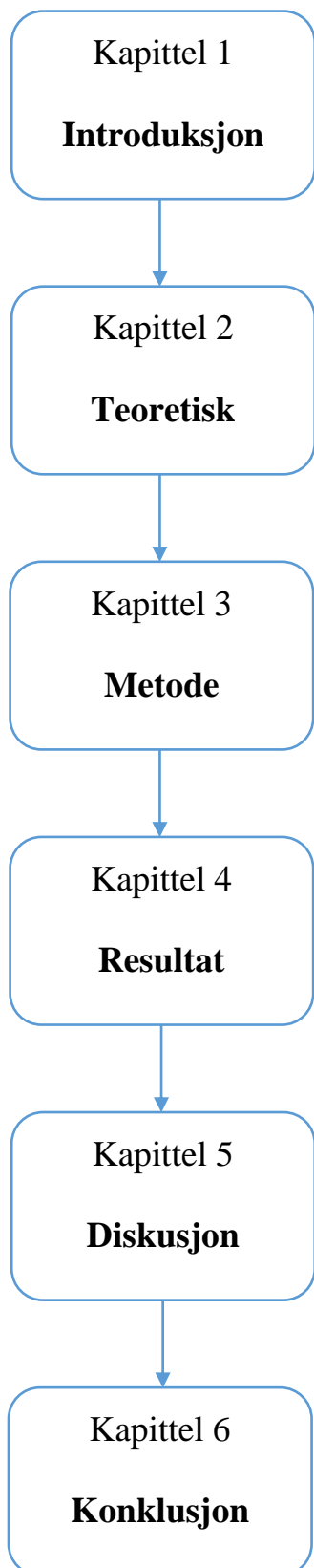
Oppgaven blir avgrenset av flere ulike faktorer. Den største avgrensningen til oppgaven og undersøkelsene som vil bli gjort ligger hos den lokale leverandøren oppgaven knyttes til. Oppgaven blir begrenset til hvilke betongtyper leverandør kan tilby og hvilke materiell rundt disse typene som er tilgjengelig. Dette gjør at oppgaven er avgrenset og avhengig av en tredjepart som ikke er en del av styringsgruppen.

Oppgavens betongklasser avgrenses også til klassene som vil brukes til det faktiske prosjektet. Disse er avgrenset av rådgivende ingeniør (RIB) og basert på de ulike forholdene rundt hvert av bygningselementene.

Systemgrensene i EPDene er satt til A1-A4, dette er avgrenset av den lokale leverandøren gjennom at de EPDer som er brukt er produktspesifikke EPDer og ikke prosjektspesifikke. Disse systemgrensene gjør at sammenlikningsgrunnlaget på karbonverdiene er over produktfase samt transport. Produktfasen inkluderer verdier for råmateriale, transport og tilvirkning.

Rundt temaet herding og tidligfasthet er også oppgaven begrenset. Både i forhold til den kvantitative undersøkelsen, da den lokale leverandøren bare kan fremskaffe fasthetsrapporter fra 7-, og 28-døgn, og den kvalitative undersøkelsen der oppgaven blir avgrenset av hvor mye forskning og dokumentasjon på herdetiden til lavkarbonbetong det finnes.

## 1.4 Rapportens oppbygging



Kapittel 1 innleder oppgaven ved å beskrive målene som skal nås og avgrensninger for oppgaven, samt bakgrunnen for problemstillingen.

Kapittel 2 går inn i det teoretiske grunnlaget oppgaven baseres på, og beskriver det arbeidet som hittil er gjort for de områdene oppgaven bygger på.

Kapittel 3 beskriver metoden som er gjennomført for å oppnå resultatene, og hvilke fremgangsmåter som er brukt. I tillegg er det gitt begrunnelse for valgene som har blitt tatt i forhold til dette.

Kapittel 4 presenterer resultatene objektivt, og greier ut om hva metoden har produsert. Resultatene består av data for klimagassavtrykk, fasthetsutvikling og kostnader, samt resultater av innholdsanalysen.

Kapittel 5 drøfter resultatene, og sammenligner disse for å svare på problemstillingen. Det blir også diskutert hva som kan være videre arbeid for disse temaene.

Kapittel 6 gjør rede for konklusjonen for diskusjonen, og oppsummerer de viktigste elementene i oppgaven.

Figur 1:2 Rapportens oppbygging



## Kapittel 2 Teoretisk grunnlag

### 2.1 Global Warming Potential (GWP)

Globalt oppvarmingspotensial (GWP, forkortelse for engelsk: Global Warming Potential) er en verdienhet som angir oppvarmende effekt i atmosfæren for forskjellige drivhusgasser sammenliknet med effekten av CO<sub>2</sub> over en periode på mellom 20 og 500 år. (Toldnæs, 2019)

#### 2.1.1 Karbondioksid

Karbondioksid (CO<sub>2</sub>) er en drivhusgass, og sammen med andre drivhusgasser som vanndamp (H<sub>2</sub>O), metan (CH<sub>4</sub>), lystgass (N<sub>2</sub>O) og bakkenært ozon (O<sub>3</sub>) bidrar den til temperaturøkning i atmosfæren (Institutt for biovitenskap, 2020). Jorden er avhengig av drivhusgasser som karbondioksid for å skape et beboelig klima, men en økende mengde karbondioksid i atmosfæren fører til en global gradvis temperaturøkning som forstyrrer klimaet (NESTA & UCAR, 2006).

Hovedkildene til karbondioksidgassen i atmosfæren er blant annet forbrenning av biomasse, vegetasjonsbrann, brenning av fossilt brensel (kull, olje eller gass) og sementproduksjon (Institutt for biovitenskap, 2020). Utslipp av CO<sub>2</sub> har blitt en trussel for miljøet ved at mengden utslipp har økt med 19% mellom 1990 og 2019, samtidig som avskoging og havforsurning reduserer jordens evne til å omdanne og lagre de økende mengdene (Miljødirektoratet, 2020; Ursin, 2020).

#### 2.1.2 Formålet

Indeksen ble først introdusert til det politiske samfunnet gjennom FNs første klimarapport i 1990. Her ble det også understreket at indeksen ikke var en metode som tok hensyn til alle relevante faktorer, men at den var en forenklet metode for å illustrere konseptet med oppvarmingseffekten av forskjellige drivhusgasser. Det hadde vært stor etterspørsel etter en slik metodikk, og konseptet ble derfor akseptert av det politiske samfunnet nesten umiddelbart (Skodvin, 1999; Stocker et al., 2013, s. 710).

Globalt oppvarmingspotensial-indeksen skulle være et verktøy for beslutningstakere, og skulle sammenlikne den direkte og indirekte effekten godt blandede drivhusgasser hadde på klimaet, hvor de indirekte effektene kan være kjemiske reaksjoner i atmosfæren som gir oppvarmende effekt. Indeksen beskriver effektpotensialet til hver drivhusgass over et gitt

tidsrom, sammenliknet med potensialet til karbondioksidgass, og resultatet er derfor CO<sub>2</sub>-ekvivalenter for hver av gassene (Skodvin, 1999).

Atmosfærisk levetid refererer til den tiden hver av drivhusgassene kan bli værende i atmosfæren. Atmosfærisk levetid for CO<sub>2</sub> er 50-200 år, men det finnes andre drivhusgasser som har både kortere og lengre levetid enn dette. For eksempel metan har en atmosfærisk levetid på 10-12 år, mens det også finnes andre gasser med levetid på 50 000 år. Levetid er også tatt med i GWP-indeksen for å kunne gi en fornuftig verdi for hver gass. Tidsrammene som blir tatt med i FNs klimarapport fra 2007 er 20, 100 og 200 år (Skodvin, 1999; Solomon et al., 2007, s. 212–213).

### 2.1.3 Styrker og svakheter

Selv om GWP-indeksen ble godt mottatt og fortsatt er i bruk, finnes det både styrker og svakheter ved metodikken. Den største fordelene med indeksen er at den er lett å forstå, og den har klart å forenkle et svært komplekst konsept: virkningen av de ulike drivhusgassene i atmosfæren. På grunn av forenklingen har indeksen derimot måttet utelate relevante faktorer som for eksempel temperatur og andre klimavariabler. Svakheterne i metodikken er hovedsakelig basert på usikkerheten ved de forskjellige faktorene som er med i indeksen. Blant disse faktorene er atmosfærisk levetid, kjemiske reaksjoner i atmosfæren som gir en indirekte effekt, den kjemiske oppbyggingen av atmosfæren, og at metodikken ikke kan vurdere alle gassene som har mulighet til å påvirke klimaet (Skodvin, 1999; Stocker et al., 2013, s. 710–714).

## 2.2 Environmental Product Declaration (EPD)

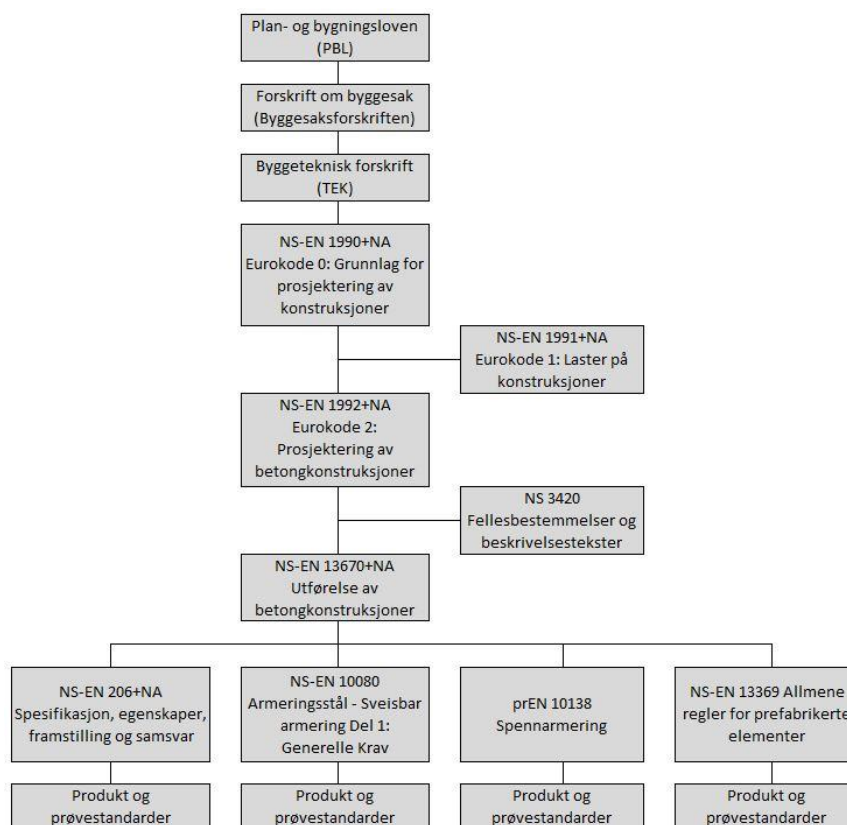
Environmental Product Declaration (EPD) er en miljødeklarasjon som kortfattet oppsummerer miljøprestasjonen til et produkt. Denne miljøprestasjonen er basert på et regnskap der ressursforbruk og potensielle miljøpåvirkninger er lagt til grunn. En EPD kartlegger hele livsløpet til et produkt; fra produksjon til bruksfase, til endt livsløp. (*Environmental product declaration - Miljødeklarasjon av produkter*, u.å.)

EPD er et verktøy som oppgir miljøprestasjonen til produktet på en objektiv, sammenliknbar og adderbar måte. Dette gir mulighet til å bruke EPDer til å sammenlikne ulike produkter med samme funksjon gjennom en standardisert metode. EPD er et redskap som gir innkjøpere innsyn i miljøbelastningen en vare vil gjøre og om de vil stille til kunders krav, og gir produsenter en oversikt til bruk i utvikling og forbedring. («Hva er EPD ?», u.å.)

EPDer kan deles i to; produktspesifikke og prosjektspesifikke. De produktspesifikke gir data for et spesifikt produkt fra en leverandør. Det er naturlig at disse bare ser på systemgrensene A1 til A3. Prosjektspesifikke EPDer utarbeidet til et spesifikt prosjekt og brukes da det ofte er forskjeller mellom betongen i ulike prosjekter. Her er ofte systemgrensen A1 til A5. (*Hvilke typer EPDer finnes og hvordan er de forskjellige?*, 2018)

## 2.3 Lover og regler

Byggearbeid i Norge styres gjennom offentlige lover og forskrifter. I tillegg benyttes det både norske og internasjonale standarder i forbindelse med arbeidet. EUs byggevareforordning (Construction Products Regulation – CPR) regulerer bygningslovgivingen i Europa, og gjennom EØS-avtalen er Norge forpliktet til å ha samme lovverk som EU på dette området. Norges Plan- og bygningslov (PBL) med tilhørende forskrifter er derfor skrevet innenfor rammene til EØS på samme område. PBL er kun generelle lover uten tekniske løsninger eller krav til utførelse, men inneholder ansvarsforhold og ansvarsområde, og regler for behandling av byggesaker. Figur 2:1 under er hentet fra læreboka «*Betong. Regelverk, teknologi og utførelse*», og illustrerer forenklet hierarkiet av lover, forskrifter og standarder som gjelder på betongområdet i Norge (Maage, 2018).



Figur 2:1 Forenklet hierarki av lover forskrifter og standarder

Betongstandardene er tekniske standarder og inneholder derfor ikke bestemmelser om rollefordeling i byggeprosessen, kontraktsforhold eller bestemmelser om økonomisk oppgjør. Standardene er innbyrdes avhengige, som betyr at dersom en prosjekterer etter Eurokode 2 er det forutsatt at materialvalg og utførelse er i tråd med NS-EN 206+NA og NS-EN 13670+NA. Reglene satt i nasjonalt tillegg (NA) til de respektive standardene overstyrer reglene i standardens hoveddel der det er gitt åpning for dette i standarden (Maage, 2018; *NB 37 Lavkarbonbetong*, 2020; Vogt & Elgen, 2018).

### 2.3.1 Bruksbetingelser etter standarder

Standarden NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2020 Betong – Spesifikasjon, egenskaper framstilling og samsvar (NS-EN 206+NA) gjelder for plasstøpte konstruksjoner, prefabrikerte konstruksjoner og lastbærende prefabrikerte produkter for bygg- og anleggskonstruksjoner. Standarden gir regler for bruk av delmaterialer som omfattes av europeiske standarder. Standarden angir retningslinjer for bruk av tilsetningsmaterialer som erstatter deler av sementen i betongblandingen. Standarden setter ingen øvrig grense for mengde tilsetningsmateriale som kan brukes i betongblandingen, men angir grenseverdier for andel tilsetningsmateriale som kan nyttes til den effektive bindemiddelmengden. Grenseverdiene er avhengige av sementtype og tilsetningsmateriale. I tillegg setter standarden krav til minste effektive bindemiddelmengde og største masseforhold for de ulike bestandighetsklassene og sementtypene. NS-EN 197-1 klassifiserer 34 typer sement, men det er ikke alle som er i bruk i Norge i dag, og vi mangler kunnskap og erfaring om flere av dem. De typene sement det er angitt bruksregler for i Norge står i det nasjonale tillegget til NS-EN 206+NA (Maage, 2018; *NB 37 Lavkarbonbetong*, 2020; Vogt & Elgen, 2018).

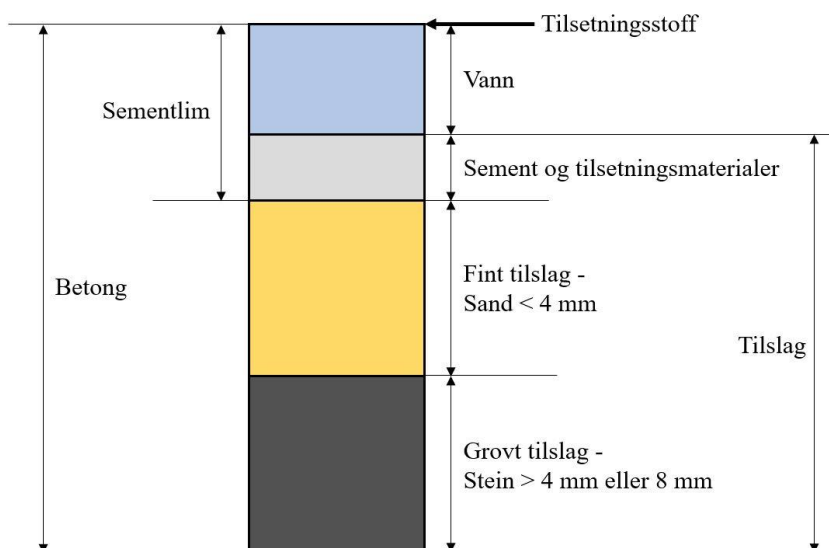
Det er i NS-EN 206+NA gitt mulighet for å utvide bruksbetingelsene for sementer og bindemidler. Dette er basert på prøving og dokumentasjon av betongens egenskaper som skal vurderes hos et sertifiseringsorgan for betongproduksjon. For eksempel kan det være hensiktsmessig å utvide bruksbetingelsene for bindemiddelkombinasjoner og sementer. Dette for å oppnå miljømessige gevinster ved å bruke en høyere dosering av tilsetningsmaterialer utover det som er anbefalt i standarden. Dersom det er benyttet utvidede bruksbetingelser, og egnethet, dokumentasjon og vurdering ikke er gjennomført skal kunden varsles og følgesedlene må merkes med at betongen ikke er i samsvar med NS-EN 206+NA (Maage, 2018; *NB 37 Lavkarbonbetong*, 2020; Vogt & Elgen, 2018).

## 2.4 Betong

### 2.4.1 Tradisjonell betong

Betong er sammen med stål og tre et av de viktigste byggematerialene som blir brukt i dag. Betong er formbar, kan støpes ut i alle former og dimensjoner, og kan ta opp store krefter. I tillegg er betong et materiale med god brannmotstand, og har god bestandighet mot nedbryting fra miljøet, forutsatt at den er riktig blandet og blir hensiktsmessig brukt.

Tradisjonell betong er et materiale sammensatt av vann, sement og tilslag. Forholdet mellom bestanddelene varierer for å oppnå ulike egenskaper for betongen. I tillegg blir det benyttet tilsetningsmaterialer og tilsetningsstoff for å påvirke betongens egenskaper ytterligere, eller for å oppnå spesielle egenskaper. Tilslaget i betongen består av stein, grus og sand, og utgjør omtrent 70 prosent av volumet til betongen. De resterende 30 prosentene av volumet består av vann, tilsetningsmaterialer og tilsetningsstoff. Andelen tilsetningsstoff er svært liten sammenlignet med de øvrige bestanddelene i betongen. Figur 2:2 under er hentet fra læreboka «Betong. Regelverk, teknologi og utførelse», og viser en skjematisk fremstilling av de enkelte delkomponentene i betongen basert på volum (Maage, 2018; NS-EN 206:2013+A2+NA, 2021; Vogt & Elgen, 2018).



Figur 2:2 Skjematisk fremstilling av delkomponenter i betong basert på volum

Hovedingrediensen i betong er sement. Den mest brukte sementen i bygningsindustrien i dag er portlandsement. Sammen med vann og eventuelle tilsetningsmaterialer dannes det sementlim. Egenskapene til sementlimet og betongblandingen bestemmes først og fremst av blandingsforholdet mellom vann og bindemiddel. I tillegg har type sement, eventuelle

tilsetningsstoff og tilsetningsmaterialer innvirkning på sementlimets egenskaper. Dersom bindemiddelet kun består av sement blir blandingsforholdet omtalt som v/c-tallet eller v/c-forholdet (vann/semment) på vektbasis. Dersom bindemiddelet består av sement og ett eller flere tilsetningsmaterialer blir blandingsforholdet omtalt som «masseforholdet» [ $\text{vann}/(\text{semment} + \sum k \cdot \text{tilsetningsmateriale})$ ]. I formelen er  $k$  en virkningsfaktor som uttrykker tilsetningsmaterialets effektivitet med tanke på bestandighet, sammenlignet med sement (Maage, 2018).

Sement produseres ved at kalkstein og mindre mengder oksider som jernoksid og aluminiumsoksid males sammen til et fint pulver som kalles råmel. Deretter går råmelet gjennom et sykklontårn. Her blir råmelet varmet opp til rundt 1000°C, og kalksteinen blir delvis spaltet ved at CO<sub>2</sub> blir drevet ut. Dette kalles «kalsinering». Råmelet går så videre til en roterovn som brenner råmelet med en temperatur på omtrent 1450°C. Dette fører til videre kalsinering, og delvis smelting av råmelet. Ved denne temperaturen dannes det ulike klinkerminerale, og det er denne klinkeren sementen består av. Klinkeren blir nedmalt til et fint pulver i en sementmølle. Sammen med klinkeren blir det malt inn gips, dette er for å hindre at sementen skal størkne umiddelbart etter kontakt med vann. Eventuelle tilsetningsmaterialer blir malt sammen med klinkeren og gipsen. Sementens egenskaper varierer med finheten på den oppmalte klinkeren, og ved å endre den kjemiske sammensetningen på råmelet (Maage, 2018; Vogt & Elgen, 2018).

## 2.4.2 Fasthetsklasser

Betong klassifiseres etter trykkfasthet. Trykkfasthetsklasser er definert i NS-EN 206+NA og blir angitt som karakteristisk sylinder- og terningfasthet. I Norge benyttes notasjonen med «B» som prefiks, etterfulgt av sylinderfastheten. Tabell 2:1 under viser sammenhengen mellom nasjonal trykkfasthetsklasse, europeisk betegnelse, sylinder-, og terningfasthet (Maage, 2018; NS-EN 206:2013+A2+NA, 2021).

Tabell 2:1 Nasjonal trykkfasthetsklasse

Nasjonal trykkfasthetsklasse	B10	B20	B25	B30	B35	B45	B55	B65	B75	B85	B95
Europeisk betegnelse		C20/ 25	C25/ 30	C30/ 37	C35/ 45	C45/ 55	C55/ 67				
Karakteristisk sylinderfasthet $f_{ck,cyl}$	10	20	25	30	35	45	55	65	75	85	95
Karakteristisk terningfasthet $f_{ck,cube} a)$	12	25	30	37	45	55	67	80	90	100	110
a) For trykkfasthetsklasse B55 og høyere kan andre verdier for karakteristisk terningfasthet benyttes hvis forholdet mellom disse og karakteristisk sylinderfasthet er etablert med tilstrekkelig nøyaktighet og dokumentert for den aktuelle betongsammensetningen.											

Til klassifisering testes ett prøvestykke med en alder på 28 døgn. Prøvestykket kan være en sylinder med diameter 150 mm og høyde 300 mm ( $f_{ck,cyl}$ ), eller en terning med sider 150 mm ( $f_{ck,cube}$ ). Prøvestykket skal testes etter NS-EN 12390-3 (Maage, 2018; NS-EN 206:2013+A2+NA, 2021).

### 2.4.3 Eksponeringsklasser

Miljøpåvirkninger fra omgivelsene rundt en konstruksjon blir uttrykt ved hjelp av eksponeringsklasser. Det er definert totalt 20 eksponeringsklasser for ulike nedbrytingsmekanismer og fuktinnhold i betongen. Valg av eksponeringsklasser avhenger av bestemmelsene som gjelder på betongens brukssted. Eksponeringsklassene er definert i NS-EN 1992-1-1+NA og NS-EN 206+NA. I de fleste tilfeller er betongkonstruksjonen utsatt for flere eksponeringsklasser samtidig. Utfordringen da er å finne den kombinasjonen av påkjenninger som fører til det strengeste kravet til betongsammensetning. Eksponeringsklassene er gjengitt i tabell 2:2 under, der en mer detaljert beskrivelse av hver klasse er gitt (Maage, 2018; NS-EN 206:2013+A2+NA, 2021).

Tabell 2:2a Eksponeringsklasser

Klasse- betegnelse	Beskrivelse av miljø	Eksempler der eksponeringsklasser kan forekomme
<b>1 - Ingen fare for korrosjon eller nedbryting</b>		
X0	For betong uten armering eller innstøpt metall: Alle miljøer untatt der det er frysing/tining, slitasje eller kjemisk angrep. For betong med armering eller innstøpt metall: Meget tørt	Betong innendørs med oppvarmede rom.
<b>2 - Korrosjon framkalt av karbonatisering</b>		
Der betong som inneholder armering eller annet innstøpt metall utsettes for luft og fuktighet, skal miljøeksponeringen klassifiseres som angitt nedenfor:		
XC1	Tørt eller permanent vått	Betong inne i bygninger med lav luftfuktighet. Betong som permanent er neddykket i vann.
XC2	Vått, sjelden tørt	Betongoverflater i kontakt med vann over lengre tid. Mange fundamenter.
XC3	Moderat fuktighet	Betong inne i bygninger med moderat eller høy luftfuktighet. Utvendig betong som er beskyttet mot regn.
XC4	Vekselsvis vått og tørt	Betongoverflater i kontakt med vann, som ikke er i eksponeringsklasse XC2.
<b>3 - Korrosjon framkalt av klorider som ikke stammer fra sjøvann</b>		
Der betong som inneholder armering eller annet innstøpt metall, er i kontakt med vann som inneholder klorider, herunder avisingssalter fra andre kilder enn fra sjøvann, skal miljøeksponeringen klassifiseres som angitt nedenfor:		
XD1	Moderat fuktighet	Betongoverflater utsatt for luftbårne klorider
XD2	Vått, sjelden tørt	Svømmebasseng. Betong utsatt for industrivann som inneholder klorider.
XD3	Vekselsvis vått og tørt	Brudeler utsatt for sprut som inneholder klorider. Vegdekker. Parkeringsdekker.
<b>4 - Korrosjon framkalt av klorider fra sjøvann</b>		
Der betong som inneholder armering eller annet innstøpt metall, er i kontakt med klorider fra sjøvann eller luftbåret salt fra sjøvann, skal miljøeksponeringen klassifiseres som angitt nedenfor:		
XS1	Utsatt for luftbårne klorider, men ikke i direkte kontakt med sjøvann	Konstruksjoner nær eller på kysten.
XS2	Permanent neddykket	Deler av marine konstruksjoner.
XS3	Tidevannssoner, skvalpesoner og sprutsoner	Deler av marine konstruksjoner.



Tabell 2:2b Eksponeringsklasser

5 - Fryse/tineangrep med eller uten avisingsmidler		
Der betong utsettes for betydelig angrep fra vekselvis frysing og tining, skal miljøeksponeringen klassifiseres som angitt nedenfor:		
XF1	Moderat vannmetning, uten avisingsmiddel	Vertikale betongoverflater utsatt for regn og frost.
XF2	Moderat vannmetning, med avisingsmiddel	Vertikale betongoverflater i veikonstruksjoner utsatt for frost og luftbårne avisingsmidler.
XF3	Høy vannmetning, uten avisingsmiddel	Horisontale betongoverflater utsatt for regn og frost.
XF4	Høy vannmetning, med avisingsmiddel eller sjøvann	Veg- og brudekker utsatt for avisingsmidler. Betongoverflater utsatt for frost og direkte sprut som inneholder avisingsmidler. Skvalpesoner i marine konstruksjoner utsatt for frost.
6 - Kjemisk angrep		
Der betongen utsettes for kjemisk angrep fra naturlig jord og grunnvann, skal miljøeksponeringen klassifiseres som angitt nedenfor:		
XA1	Lite kjemisk aggressivt miljø	Betong utsatt for naturlig jord og grunnvann med grenseverdier fra tabell 2 i NA-EN 206+A1:2016+NA:2020
XA2	Moderat kjemisk aggressivt miljø	
XA3	Meget kjemisk aggressivt miljø	
7 - Kjemisk angrep fra husdyrgjødsel		
Der betongen utsettes for kjemisk angrep fra husdyrgjødsel		
XA4	Konstruksjoner i kontakt med husdyrgjødsel. Eksponeringsklassen gjelder for situasjoner som angitt i 4.1.	Konstruksjoner som spalteplank, gjødselkjellere osv.
8 - Særlig aggressivt miljø		
XSA	Eksponeringsklassen gjelder for situasjoner som angitt i 4.1. Konstruksjoner utsatt for sterkt kjemisk angrep som ikke er dekket av de andre eksponeringsklassene, og som gjør særskilte beskyttelsestiltak påkrevd. Dette kan kreve spesialkomponert betong, membraner eller lignende.	Klassen omfatter blant annet konstruksjoner som er i kontakt med væsker med høyt saltinnhold og lav pH.

## 2.4.4 Bestandighetsklasser

Bestandighetsklasser er definert i det nasjonale tillegget til NS-EN 206+NA. Bestandighetsklassene betegnes med bokstaven M, eventuelt MF, etterfulgt av et tosifret tall. Bokstaven F angir at betongen skal være frostbestandig. Det tosifrede tallet angir betongens masseforhold. Det er masseforholdet som er den største parameteren for betongens bestandighet. I bestandighetsklasser er det krav til største masseforhold og minste bindemiddelmengde, i tillegg til minste luftinnhold i de to MF-klasse. Tabell NA.12 i NS-EN 206+NA viser disse kravene, og hvilke typer sement som kan brukes i hver enkelt bestandighetsklasse. Det nasjonale tillegget til NS-EN 206+NA angir regler for valg av bestandighetsklasse avhengig av eksponeringsklasse. Dette er gjengitt i tabell 2:3 under (Maage, 2018; NS-EN 206:2013+A2+NA, 2021).

Tabell 2:3 Bestandighetsklasser avhengig av eksponeringsklasser

Eksponeringsklasse	Bestandighetsklasse					
	M90	M60	M45	MF45	M40	MF40
X0	X	X	X	X	X	X
XC1, XC2, XC3, XC4, XF1		X	X	X	X	X
XD1, XS1, XA1, XA2, XA4			X	X	X	X
XF2, XF3, XF4				X		X
XD2, XD3, XS2, XS3, XA3					X	X
XSA	Betongsammensetning og beskyttelsestiltak fastsettes særskilt. Betongsammensetningen skal minst tilfredsstillende kravene til M40, eventuelt MF40.					



Kravene til de ulike bestandighetsklassene er satt for at man skal oppnå tilstrekkelig enhetlig motstand mot nedbrytning basert på de dominerende nedbrytningsmekanismene, kloridinntredning, frost og karbonatisering, i de ulike eksponeringsklassene. Dette gir klasser som kan benyttes på en hensiktsmessig måte ved prosjektering av betongkonstruksjoners bestandighet (Maage, 2018; *NS-EN 206:2013+A2+NA*, 2021).

### 2.4.5 Herdeteknologi

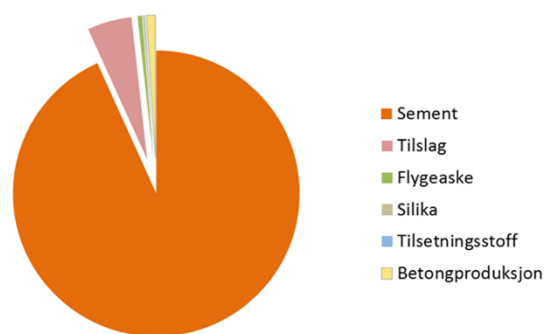
Herdeteknologi er kunnskapen om effekten de ulike faktorene samlet innvirker på betongens fasthetsutvikling og temperatur. Sement som hydratiserer, det vil si reagerer med vann, er en eksoterm prosess som utvikler en betydelig mengde varme. Hastigheten på sementhydratasjonen er svært temperaturavhengig. Lav temperatur gir en langsom hydratasjon, og høy varme gir en raskere hydratasjon og en raskere fasthetsutvikling. Dette betyr at herding av betong er en selvforsterkende prosess, dersom vi lar den frigitte varmen føre til videre temperaturøkning. For høye herdetemperaturer kan føre til opprissing, redusert bestandighet og redusert slutfasthet. Det er flere faktorer som påvirker temperaturøkningen og hydratiseringshastigheten, men det er først og fremst sementmengden og klinkersammensetningen som avgjør mengden varme som kan frigjøres (Maage, 2018; *NB 37 Lavkarbonbetong*, 2020; Vogt & Elgen, 2018).

Ved økende bruk av pozzolane tilsetningsstoffer vil varmeutviklingen gå ned, som igjen fører til redusert hydratisering og tregere fasthetsutvikling. Dette kan påvirke produksjonsprosesser negativt, og det kan derfor være aktuelt å bruke herdeakseleratorer. Herdeakselererende stoff bidrar til at betongen får en raskere fasthetsutvikling. På grunn av krav til kloridinnhold i betongen kan ikke stoff basert på kalsiumklorid brukes. Akseleratorer uten klorid er derimot regnet som relativt lite effektive på betonger med lav klinkerandel og høyt innhold av pozzolane tilsetningsstoffer. For å oppnå raskere herdeutvikling kan man derfor bruke andre alternativ, som oppvarmet betong, økt sementmengde, isolering av former, og finmalt sement. Ved ønske om økt tidligfasthet i betong med høyt innhold av flygeaske, og i betong med krav om lav varmeutvikling eller lavt karbonavtrykk, er ikke mer sement eller finmalt sement et godt alternativ (Maage, 2018; *NB 37 Lavkarbonbetong*, 2020; Vogt & Elgen, 2018).

## 2.4.6 Karbonavtrykk

Ferdig betong er et kjemisk stabilt materiale som ikke avgir skadelige væsker eller gasser. I denne sammenhengen blir nærmiljøet lite påvirket av betongkonstruksjoner. Betong har likevel en effekt på miljøet, og i særlig grad sementen som brukes i betongen. Sement produseres ved å brenne kalkstein, og i denne prosessen blir det frigitt store mengder CO<sub>2</sub>. I tillegg bidrar brenselet til roterovnen og den energikrevende nedmalingen av sementklinkeren til karbonregnskapet. Det totale klimagassutslippet målsettes og defineres som CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, der bidraget fra andre gasser enn CO<sub>2</sub> er vektet i henhold til Global Warming Potential. Figur 2:3 under er hentet fra Norsk Betongforenings rapport nr 37 «Lavkarbonbetong», og viser et eksempel på et mulig karbonregnskap for en konstruksjonsbetong. Figuren viser karbonavtrykket til betongen fordelt på de ulike delmaterialene. Bidrag fra transport av materialer fram til blandeverk, og blandeprosessen er regnet med for hvert delmateriale.

En kan tydelig se fra figuren at sementen gir det største bidraget til karbonavtrykket. Ren portlandsement produsert i Norge er regnet med å ha et totalt klimagassutslipp på omtrent 750 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per tonn sement som blir levert fra fabrikk. I andre deler av verden er det ikke uvanlig å operere med et klimagassutslipp på opp mot 1000 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per tonn sement. På



Figur 2:3 Mulig karbonregnskap for en konstruksjonsbetong

verdensbasis er det regnet med at sementproduksjon står for 5-8% av de samlede menneskeskapte klimagassutslippene. Bidraget fra tilslaget i karbonregneskapet stammer fra energiforbruket ved knusing og oppredning av berg eller naturgrus til grovt tilslag, fra sikting av materialene og fra transport (Maage, 2018; NB 37 Lavkarbonbetong, 2020).

## 2.5 Lavkarbonbetong

Lavkarbonbetong er definert som konstruksjonsbetong der det er gjort tiltak for å begrense klimagassutslippet. Lavkarbonbetong er produsert i samsvar med reglene i NS-EN 206+NA. Klimagassutslippet målsettes og defineres som CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, der bidraget fra andre gasser enn CO<sub>2</sub> er vektet i henhold til Global Warming Potential. Norsk betongforenings publikasjon nr. 37 (NB37) definerer fire lavkarbonklasser avhengig av fasthetsklasse og grenseverdier for klimagassutslipp (*NB 37 Lavkarbonbetong*, 2020).

### 2.5.1 Lavkarbonbetongklasser

Lavkarbonklassene er definert med grenseverdier for deklarererte klimagassutslipp for fasthetsklasser B20-B65. Grenseverdier for lavkarbonklassene er gjengitt i tabell 2:4 under. Klimagassutslippet oppgis som [kg CO<sub>2</sub>-ekvivalent per m<sup>3</sup> betong] og dekker livsløpet fra uttak av råvaren til den ferdigblandede betongen forlater blandeverkets fabrikkport. Bransjereferansen som er oppgitt i tabellen er norske generiske verdier, basert på tall innhentet i 2019. Bransjereferansen kan brukes til å anslå reduksjon i klimagassutslipp ved bruk av lavkarbonbetong (*NB 37 Lavkarbonbetong*, 2020).

Tabell 2:4 Grenseverdier for lavkarbonklasser

Fasthetsklasse	B20	B25	B30	B35	B45	B55	B65
<b>Lavkarbonklasse</b>	<b>Maksimalt tillatt klimautslipp [kg CO<sub>2</sub>-ekv.pr m<sup>3</sup> betong]</b>						
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 <sup>1)</sup>			150	160	170	180	190
Lavkarbon ekstrem <sup>1)</sup>			110	120	130	140	150

<sup>1)</sup> Mulig nivå for enkelte prosjekt, men med flere begrensninger i standardverket, og begrenset tilgjengelighet. Gjennomførbarhet må avklares i hvert enkelt prosjekt.

**Lavkarbon B** – Kan vanligvis oppnås med ordinære resepttekniske tiltak

**Lavkarbon A** – Kan kreve bruk av spesielle resepttekniske tiltak

**Lavkarbon Pluss** – Krever bruk av spesielle bindemiddelsammensetninger. Det kan ikke forventes at sammensetningene er allment tilgjengelige, ei heller godkjent for bruk i alle bestandighetsklasser.

**Lavkarbon Ekstrem** – Krever bruk av spesielle bindemiddelsammensetninger. Det kan ikke forventes at sammensetningene er allment tilgjengelige, ei heller godkjent for bruk i alle bestandighetsklasser.

De kombinasjonene som er oppgitt i tabell 2:4 er ikke nødvendigvis mulige å oppnå fra alle leverandører i Norge. Lokal og regional tilgjengelighet av lavkarbonbetong, og hvilke klimagassutslipp som kan oppnås er avhengig av parametere som:

- Tilgjengelighet av aktuelle bindemiddeltyper
- Transport av råvarer til betongfabrikk
- Kompetanse og erfaring hos betongleverandør
- Bindemiddelmengde ved bruk av lokale tilslag

## 2.6 Type II tilsetningsmaterialer

Det mest effektive tiltaket for å redusere klimagassutslipp i betong er å erstatte deler av sementen med alternative bindemiddel som har «sementlignende» egenskaper når de blandes med sement og vann. Tilsetningsmaterialer med gode bindemiddelegenskaper og betydelig lavere klimagassutslipp erstatter en del av sementklinkeren i den ferdige sementen. De aktuelle bindemidlene kalles type II-tilsetningsmaterialer og blir definert i to grupper; pozzolaner og latent hydrauliske bindemidler. Type II-tilsetningsmaterialer kan være innblandet i sementen eller som tilsetningsmateriale i betongen. Pozzolaner er et fellesbegrep for materialer med evne til å reagere kjemisk med alkalier og kalsiumhydroksid som er reaksjonsproduktet etter reaksjonen mellom vann og sement. Latent hydrauliske materialer reagerer uten kombinasjon med sement, men krever høy pH-verdi for å aktivere den kjemiske prosessen. NS-EN 206+NA angir bruksregler for hvordan de aktuelle tilsetningsmaterialene kan brukes enkeltvis, eller i kombinasjon med andre tilsetningsmaterialer (Maage, 2018; *NB 37 Lavkarbonbetong*, 2020; Vogt & Elgen, 2018).

### ***Pozzolaner:***

- Flygeaske, et restprodukt fra kullfyrte kraftverk
- Silikastøv, kondensert røykgass fra produksjon av ferrosilisium- eller silisiummetall

### ***Latent hydrauliske bindemiddel:***

- Slagg, normalt masovnslag fra råjernproduksjon

Begge disse gruppene tilsetningsmaterialer vil i praksis bare fungere som bindemiddel i kombinasjon med portlandsement. Sementen må dermed alltid ha en viss mengde sementklinker. Tilsetningsmaterialene her er restprodukter fra industri, og klimagassutslipp fra disse materialene er knyttet til hovedproduktet. Dette er grunnen til at tilsetningsmaterialene regnes som energi- og karbonnøytrale, og gir dermed ikke bidrag til sementens karbonregnskap (Maage, 2018; *NB 37 Lavkarbonbetong*, 2020; Vogt & Elgen, 2018).

### 2.6.1 Silikastøv

Bruksbetingelser for silikastøv er gitt i NS-EN 206+NA. Silikastøv er et restprodukt ved produksjon av silisium- og ferrosilisiummetall. Støvet blir rensset fra røykgassene i spesielle filter, og er svært finkornet. Rensing av røykgassene ble nødvendig på 1970-tallet som følge av miljøkrav, og silikastøv har siden da blitt allmenn brukt som tilsetningsmateriale i betong. Tilsatt silikastøv kan tas med i beregning av masseforhold og effektivt bindemiddel for alle sementer det er gitt regler for i NS-EN 206+NA tabell NA.12. Den totale mengden silikastøv som kan regnes med som effektivt bindemiddel kan ikke overstige 11% av den totale bindemiddelmengden. Det er lov å bruke mer silikastøv, men ikke i utregning av masseforhold og effektiv bindemiddelmengde. Silikastøv har positiv innvirkning på betongens mekaniske egenskaper som fasthet og heft som følge av homogenitet, og betongens bestandighet på grunn av høyere tetthet. Betong med silikastøv er i tillegg mindre påvirket av høye herdetemperaturer (Maage, 2018; *NB 37 Lavkarbonbetong*, 2020).

### 2.6.2 Flygeaske

Bruksbetingelser for flygeaske er gitt i NS-EN 206+NA. Flygeaske er et restprodukt etter rensing av røykgasser i kullfyrte kraftverk. I sementstandarden NS-EN 197-1 er to typer flygeaske omtalt, en silikatholdig og en kalsiumholdig. Det er kun den silikatholdige typen som er i bruk i Norge i dag. Flygeaske blir importert, og har vært brukt i betong i Norge siden 1982. Tilsatt flygeaske kan tas med i beregning av masseforhold og effektivt bindemiddel for alle sementer det er gitt regler for i NS-EN 206+NA tabell NA.9. Den totale mengden flygeaske som kan regnes med som effektivt bindemiddel kan ikke overstige 35% av den totale bindemiddelmengden. For noen sementtyper er denne grenseverdien lavere. Det er lov å bruke mer flygeaske, men ikke i utregning av masseforhold og effektiv bindemiddelmengde. Ved utregning av prosentandel av flygeaske skal flygeasken som er malt inn i sementen tas med i regnestykket. Flygeaske har positiv innvirkning på bestandigheten til betongen, med unntak av raskere karbonatisering. Dette er det tatt hensyn til ved å sette høyere krav til massetettheten til bestandighetsklasse M60 for sementtyper med flygeaske. Flygeaske reagerer langsommere enn sement, som fører til redusert tidligfasthet. På lang sikt har flygeasken en positiv innvirkning på fastheten, da pozzolanreaksjonen bidrar til at betongen får høyere fasthet enn betong med samme masseforhold og bare sement (Maage, 2018; *NB 37 Lavkarbonbetong*, 2020).

### 2.6.3 Slagg

Bruksbetingelser for slagg er gitt i NS-EN 206+NA. Slagg er et restprodukt etter råjernsproduksjon, og må knuses og males til et fint pulver før det kan tilsettes sementen. Slagg er et «latent hydraulisk» materiale, som betyr at ved høyt pH-nivå har det evnen til å reagere kjemisk uten kombinasjon med sement. Slagg er per mai 2020 kun tilgjengelig i ferdige sementer i Norge, og brukes ikke som tilsetningsmateriale i betongblandingen. Tilsatt slagg kan tas med i beregning av masseforhold og effektivt bindemiddel for alle sementer det er gitt regler for i NS-EN 206+NA tabell NA.11. Den totale mengden slagg som kan regnes med som effektivt bindemiddel er avhengig av sementtypen. Slaggsement har vist seg å ha spesielt gode egenskaper mot klorinntrenging og alkalireaksjoner, men dårlig frostmotstand, og mindre motstand mot karbonatisering i bestandighetsklasse M60. Slagg reagerer langsommere enn portlandsement. Tidligfastheten vil være lavere i slaggbetong enn i betong med kun portlandsement, men betong med slagg vil etter hvert oppnå høyere fasthet over tid. I tillegg er betong med slaggsement mer robust mot høye temperaturer på samme måte som betong med silikastøv og flygeaske (Maage, 2018; NB 37 Lavkarbonbetong, 2020).

### 2.6.4 K-verdi metoden

NS-EN 206+NA stiller krav til masseforholdet for betonger i de ulike bestandighetsklassene, avhengig av bindemiddelsammensetning. Masseforholdet defineres som følger:

$$m = \frac{v}{c + \sum(k \times p)}$$

$m$  – Masseforhold vann/bindemiddel

$v$  – Totalt fritt vanninnhold

$c$  – Sementinnhold

$k$  – Virkningsfaktor

$p$  – Innhold tilsetningsmateriale

$\Sigma$  – Sum av komponenter

Virkningsfaktoren  $k$  reflekterer effekten de ulike tilsetningsmaterialene har på betongens bestandighetsegenskaper. Type II-materialer har ulike virkningsfaktorer, og kan i tillegg ha ulike verdi for det samme materialet i ulike bestandighetsklasser.  $k$ -verdier for de ulike type II-materialene er oppgitt i egne tabeller, avhengig av bestandighetsklasse og sementtype i det nasjonale tillegget til NS-EN 206+NA. Ved kombinasjon av type II-materialer må kravene til hver enkelt type II-materialene tilfredsstilles. Dette betyr i praksis at en kan ha 35% flygeaske og 11% silikastøv i den totale bindemiddelmengden, selv om dette kan gi uhensiktsmessige bruksegenskaper. For en del sementer er det ytterligere begrensinger på kombinasjon av type II-materialer, og betongens bruksegenskaper bør alltid prøves ut før nye materialkombinasjoner settes i produksjon (Maage, 2018; *NB 37 Lavkarbonbetong*, 2020).

## 2.7 Økonomi

Ved anskaffelse av varer og tjenester som viker fra standard teller det ikke som innkjøp, og det inngås som regel en kontrakt. Før en kontrakt inngås er det normalt å undersøke med flere mulige kontraktører gjennom innhenting av anbud eller tilbud. Kontrakten består av definisjon av leveranse og pris, samt flere juridiske forhold. I både et anbud og et tilbud spesifiseres prisen, samt at leverandøren forplikter seg til å levere som angitt. (Rolstadås et al., 2020)

## Kapittel 3 Metode

### 3.1 Litteraturstudie

I arbeidet med oppgaven er det gjennomført innsamling av relevant informasjon gjennom flere litteratursøk. Informasjonen er i hovedsak hentet gjennom søking i ulike søketjenester, for så å bli kategorisert og sortert i referansehåndteringsprogrammet Zotero.

Noen av de viktigste søketjenestene som er brukt i denne oppgaven er:

- Oria – for å søke etter relevante bøker, pensumlitteratur, publikasjoner og bachelor- og masteroppgaver.
- Standard.no – for å finne relevante standarder til oppgaven.
- Google/Google Scholar – for å søke etter publikasjoner relevant til oppgaven.

Ved å bruke flere søketjenester som er uavhengige av hverandre er det mulig å finne litteratur på området en ellers ikke hadde funnet ved bruk av bare en søketjeneste.

I tillegg til søk i søketjeneste er det brukt lærebøker fra pensum i studiet:

- Betong. Regelverk, teknologi og utførelse. (Maage, 2018)
- Betongkonstruksjoner. (Svein Ivar Sørensen, 2017)
- Praktisk prosjektledelse. (Rolstadås, Johansen, Olsson og Langlo, 2020)

### 3.2 Kildekritikk

I arbeidet med denne oppgaven er det lagt stor vekt på kildekritikk og valg av kilder. Informasjon hentet via søkemotorer og lærebøker er vurdert og sammenlignet med relevant informasjon fra andre kilder. Kildene brukt i denne oppgaven er plukket ut etter en vurdering på følgende kriterier:

- Relevans til oppgaven
- Troverdighet til forfatter og publikasjon
- Objektivitet
- Årstall for publikasjon

Materiell skaffet direkte fra produsent som EPDer, priser, resepter og herdeforløp er spesifikt til den gitte produsent. Materialet kan sammenlignes med andre produsenter for å gi et helhetlig bilde, men til Veidekkets prosjekter i området blir det brukt lokal betongleverandør.



### 3.3 Forskningsmetode

I arbeidet med denne oppgaven er valg av metode sentralt for fremgangsmåten og gjennomføringen av oppgaven. Undersøkelsen av pris, klimagassutslipp og herdeforløpet til de betongtypene som kan leveres til oppdragsgivers prosjekter i området skal baseres på systematiske og metodiske fremgangsmåter. Til denne oppgaven er det valgt empirisk undersøkelse, med elementer fra både kvantitativ og kvalitativ metode.

#### 3.3.1 Empirisk undersøkelse

En empirisk undersøkelse er en forskningsmetode som baserer seg på innsamling og analyse av data (Grønmo, 2021). For denne oppgaven er innsamling og analyse av data sentralt, samt tolking av analyseresultater. Avhengig av type data en undersøkelse baseres på er det vanlig å skille mellom kvantitativ og kvalitativ metode. Undersøkelsen i denne oppgaven er i hovedsak basert på kvantitativ metode, men inneholder i tillegg elementer fra den kvalitative metoden. Det er viktig å understreke at data presentert i denne oppgaven er hentet fra lokal produsent og at data hentet fra andre produsenter kan, og vil høyst sannsynlig, gi andre resultater.

Kvantitativ metode brukes ved innsamling og analyse av data i form av tall eller andre målbare verdier eller termer. En kvantitativ studie baseres på en begrenset mengde data om enkelte enheter, og brukes til å utvikle en representativ oversikt over forholdene mellom enhetene (Grønmo, 2020a). Hver informasjonstype om den enkelte enhet spesifiseres som en variabel. I denne oppgaven er det flere variabler per enhet. Betongtype, for eksempel B30 M60, er en enhet som det skal samles informasjon om, og variablene er pris, klimautslipp og tidligfasthet. I arbeidet med denne oppgaven er det ventet å se en målbar sammenheng mellom variablene, dette kalles en korrelasjonsanalyse. For eksempel er det for de ulike enhetene ventet en økning i pris per kubikk ferdigbetong og lavere tidligfasthet, som følge av klimareduerte tiltak for betongtypen. Kvaliteten til de kvalitative data som er hentet inn i undersøkelsen uttrykkes ved reliabilitet og validitet. Reliabiliteten angir hvor pålitelige dataene som er samlet inn er, og hvor nøyaktig datainnsamlingen er foretatt. Validiteten viser i hvilken grad dataene er relevante for problemstillingene som skal belyses (Grønmo, 2020a). Reliabiliteten i denne oppgaven er anslått som god basert på lite til ingen endring i produsentens resept. Pris per kubikk ferdigbetong, deklarerert klimagassutslipp, og testet tidligfasthet vil variere ved eventuell endring av resept. Validiteten til data samlet inn i denne undersøkelsen er anslått som svært god da dataene er hentet direkte fra lokal leverandør til oppdragsgivers prosjekter i området.

Kvalitativ metode brukes ved innsamling og analyse av data som vanligvis foreligger i form av tekst (Grønmo, 2020b). Metoder for innsamling av kvalitative data er oftest intervjuer, observasjoner eller innholdsanalyser. I denne oppgaven blir det brukt innholdsanalyser for å tolke skriftlige publikasjoner som omtaler erfaringer og påvirkninger knyttet til bruk av lavkarbonbetong. Det har etter hvert blitt en «anerkjent sannhet» at lavkarbon- og lavvarmebetong har økte kostnader knyttet til den økte herdetiden. Flere publikasjoner legger vekt på at type II-tilsetningsmaterialer gir lavere tidligfasthet og økte kostnader på byggeplass, men det har vært vanskelig å oppdrive konkrete statistikk som støtter den siste påstanden. Hensikten med en kvalitativ studie er å oppnå dybdekunnskap og helhetlig forståelse av spesifikke kontekster (SNL/kvalitativ). I denne oppgaven er hensikten med den kvalitative studien å finne effekten på byggeplassen ved bruk av lavkarbonbetong, og se denne i sammenheng med resultater fra den kvantitative studien.

### **3.4 Fremgangsmåte**

I dette underkapittelet presenteres fremgangsmåten som har ledet frem til resultatene i oppgaven, og for analysen av resultatene som fører til konklusjonen. Fremgangen i oppgaven er basert på tre faser, der fasene kan overlape i tid og arbeid.

#### **3.4.1 Fase 1 – Research og teorigrunnlag**

I fase 1 består arbeidet av å tilegne seg kunnskap om lavkarbonbetong som er relevant for oppgaven. Lavkarbonbetong har vært et lite diskutert tema under studiet, og arbeidsgruppen har i fase 1 fokusert på å fordype seg i temaet. For å tilegne seg kunnskap om lavkarbonbetong er det brukt lærebøker som «Betong – Regelverk, teknologi og utførelse», Norsk Betongforenings publikasjon nr 37 «Lavkarbonbetong», standarden NS-EN 206+NA og tidligere bachelor- og masteroppgaver om samme tema.

Det teoretiske materiell som er regnet som relevant for oppgaven er forankret i Kapittel 2 Teoretisk grunnlag. Dette er valgt basert på kilder som ble brukt under arbeidet med å tilegne seg kunnskap om lavkarbonbetong.

### 3.4.2 Fase 2 – Avgrensning og innsamling av materiell

I fase 2 består arbeidet av å avgrense og samle materiell som er relevant for resultatet i oppgaven. Avgrensning av oppgaven er gjort i samarbeid med veiledere fra Veidekke og NTNU, og legger føring for hvilket materiell som skal samles inn til resultat- og drøftingsdelen.

Avgrensning av oppgaven handlet i stor grad om å bestemme betongtypene som skal brukes i oppgaven. Til dette ble NS-EN 206+NA brukt sammen med Veidekke sin plan for betongkonstruksjoner til Emblem skule. Tabell 3:1 under er hentet fra NS-EN 206+NA tillegg F og viser anbefalte grenseverdier for sammensetning og egenskaper for betong. Minste sementinnhold og minste luftinnhold er ikke tatt med i tabellen.

Tabell 3:1 Anbefalte minste fasthetsklasse avhengig av eksponeringsklasse

Korrosjon										
Korrosjon framkalt av:	Karbonatisering				Klorider			Klorider fra sjøvann		
Eksponeringsklasse:	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Forventet minste fasthetsklasse:	C20/25	C25/30	C30/37		C30/37		C35/45	C30/37	C35/45	
Skade på betongen										
Korrosjon framkalt av:	Ingen risiko		Fryse/tineangrep			Kjemisk angrep				
Eksponeringsklasse:	X0		XF1	XF2	XF3	XA1	XA2	XA3		
Forventet minste fasthetsklasse:	C12/15		C30/37	C25/30	C30/37	C30/37		C35/45		

Tabell 3:2 under viser kombinasjonen av betongtyper Veidekke ønsker å bruke til Emblem skule, sett i sammenheng med grenseverdier fra NS-EN 206+NA. I arbeidet med oppgaven er det i hovedsak valgt ut betongtyper fra tabellen med tallreferanse «1», «2» og «3».

Tabell 3:2 Kombinasjoner av betongtyper til oppgaven

	B25						B30						B35						B45					
	M90	M60	M45	MF45	M40	MF40	M90	M60	M45	MF45	M40	MF40	M90	M60	M45	MF45	M40	MF40	M90	M60	M45	MF45	M40	MF40
X0																								
XC1							2								2									
XC2								1						1										
XC3								3	3						3									
XC4																								
XD1																								
XD2																								
XD3																								
XS1																								
XS2																								
XS3																								
XF1								4	4					4										
XF2																								
XF3																				5				
XF4																								

- 1 Fundament
- 2 Innvendig betong
- 3 Utvendige vegger
- 4 Utvendige søyler
- 5 Utvendige dekker
- Ikke anbefalte kombinasjoner

Innsamling av materiell til innholdsanalysen er i hovedsak gjennomført ved bruk av søketjenester. Innsamling av materiell fra produsent er gjennomført ved fysiske møter og epostutveksling. I tillegg er det hentet materiell fra Veidekke sin egen forskning. Det innsamlede materialet er presentert i Kapittel 4 Resultat, og analysert, drøftet og sammenlignet i Kapittel 5 Diskusjon. Lavkarbonbetong er bare ett av flere tiltak for å redusere betongkonstruksjoners totale klimagassutslipp. Det er derfor samlet materiell om øvrige tiltak som bidrar til å redusere det totale klimagassutslippet, slik at dette kan sammenlignes og sees i sammenheng med bruk av lavkarbonbetong.

### 3.4.3 Fase 3 – Analyse, drøfting og sammenligning

I fase 3 er resultatene analysert, drøftet og sammenlignet. Her er det lagt fokus på en total sammenligning fra både produsent, innholdsanalyse og forskningsdata fra Veidekke. Dataene fra både innholdsanalyse og produsent er analysert hver for seg, sammenlignet på tvers av kilder, og deretter sammenlignet mot hverandre i den grad det har vært mulig. Basert på drøftingen, sammenligningene og kunnskapen som er tilegnet i arbeidet med oppgaven er det avslutningsvis oppsummert og konkludert. I tillegg blir det anbefalt videre arbeid på området, samt oppsummert usikkerheter knyttet til arbeidet med oppgaven.

## Kapittel 4 Resultater

I dette kapittelet presenteres resultater fra kvalitativ og kvantitativ studie. Resultater fra kvantitativ studie baseres på materiell innhentet fra Dyrøy Betong. Det er i alt hentet inn materiell for 11 ulike betongtyper med karbonklasser. Resultater fra kvalitativ studie baseres på publisert materiell om erfaringer ved bruk av lavkarbonklasser på byggeplass, rapporter og andre publikasjoner som omhandler bruk av lavkarbonbetong.

### 4.1 Klimagassavtrykk

#### 4.1.1 Klimagassavtrykk fra produsent

Klimagassavtrykket til de aktuelle betongtypene med karbonklasser er dokumentert i form av miljødeklarasjoner. I denne oppgaven er det brukt EPDer fra produsent for å dokumentere klimagassavtrykket. Det er i alt bedt om 11 EPDer for betongtyper med karbonklassene presentert i tabell 4:1 under. En EPD kan være produkt- eller prosjektspesifikk, og det kan derfor være vanskelig å skaffe ferdige EPDer på alle betongtyper og karbonklasser. I tabellen under er det tydelig at bare et fåtall EPDer var tilgjengelig til denne oppgaven.

Tabell 4:1 GWP for betongtyper med tilhørende lavkarbonklasse

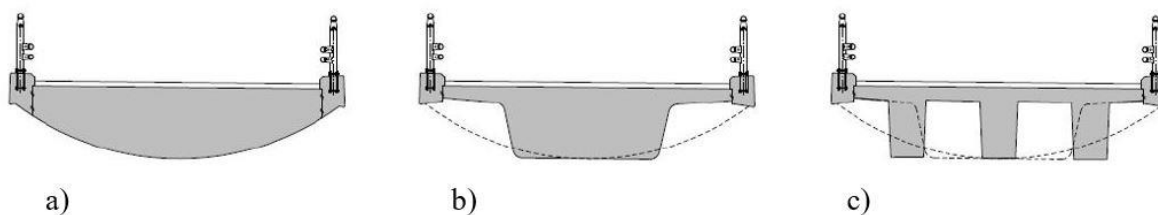
Fasthets klasse	Bestandighets klasse	Karbonklasse	GWP [kg CO <sub>2</sub> -ekv]					Sum	Grenseverdi
			A1	A2	A3	A4			
B30	M60	Standard/B	211,00	13,30	2,14	2,42	228,86	230	
B30	M60	Lavkarbon A	177,00	14,00	0,25	2,42	193,67	200	
B30	M45	Standard							
B30	M45	Lavkarbon A							
B35	M45	Standard/B	228,00	13,80	2,14	2,42	246,36	280	
B35	M45	Lavkarbon A	182,00	15,90	2,14	2,42	202,46	210	
B45	M40	Standard							
B45	M40	Lavkarbon A							
B45	MF40	Standard							
B45	MF40	Lavkarbon A							
B45	MF45	Lavvarme							

Tabell 4:1 over viser summen av klimagassutslippet for hver systemgrense fra A1 til A4. Det totale klimagassavtrykket må være lavere enn grenseverdien for den respektive karbonklassen. Standardbetongen Dyrøy Betong leverer i dag er deklart med klimagassutslipp som plasserer betongtypen i lavkarbonklasse B. I tillegg har ikke Dyrøy Betong de spesielle resepttekniske tiltakene som gjør de i stand til å produsere lavkarbonklassene «Pluss» og «Ekstrem». Det er derfor kun brukt EPDer for standard/lavkarbonklasse B og lavkarbonklasse A i denne oppgaven.

## 4.1.2 Klimagassavtrykk fra innholdsanalyse

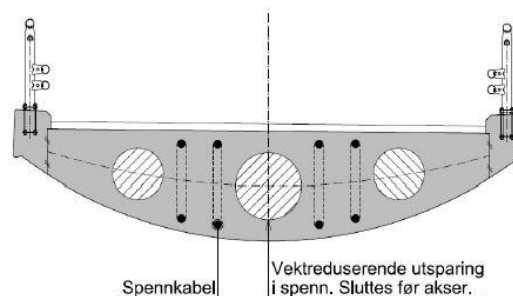
### Bærekraftige betongkonstruksjoner

Norconsult AS har på oppdrag fra Statens vegvesen og Vegdirektoratet utarbeidet en rapport med tittelen «*Bærekraftige betongkonstruksjoner*». Rapporten omhandler reduksjon av klimagassutslipp ved bygging av betongkonstruksjoner for Statens vegvesen. Målet med rapporten er å se effekten konstruksjonsvalg har på klimagassutslipp, og vurderingene ser spesifikt på klimagassutslipp som en del av miljø- og bærekraftsbegrepet (Søyland, 2017). Det er i denne rapporten tatt utgangspunkt i Håndbok N400 *Bruprosjektering*, men store deler av innholdet i rapporten vil være gyldig for en rekke prosjektering både i og utenfor Statens vegvesens regi. I rapporten er det konkludert med at det er mulig å påvirke klimautslippet i alle planfaser av prosjektet, men at den største effekten oppnås dersom prosjektet har en tydelig målsetning om at klimagassutslipp og energiforbruk skal vektes ved valg av løsninger gjennom hele prosjektet. Lavkarbonbetong og aspekter knyttet til dette er viet mye oppmerksomhet i rapporten. I tillegg er utforming og mengde material i en konstruksjon brukt til sammenligning. Klimagassutslippet fra en konstruksjon korrelerer med materialbruken i konstruksjonen, som betyr at mengden material og type material påvirker klimagassutslippet. Det kan derfor gi like stor gevinst å dimensjonere for mindre materialbruk, eller ved å velge prefabrikkerte løsninger, som ved å endre kravet til lavkarbonklasse. Rapporten konkluderer også med at en mengde material kan reduseres for en del konstruksjoner. Dette kommer av at tverrsnittsdimensjoner og armeringsmengder kan optimaliseres ved at mer avanserte beregningsmetoder blir tatt i bruk, og det blir viet mer tid til dimensjoneringsarbeidet. I tillegg vil ofte estetiske virkemiddel ha en innvirkning på materialbruken, selv om det fra et dimensjoneringsperspektiv er unødvendig. Dette er forsøkt vist i figur 4:1 og 4:2 under. Her er det et krav om estetisk utforming slik figur 4:1a) viser, og der figur 4:1b) og 4:1c) begge viser en besparelse i materialbruk. For de tre tverrsnittene i figur 4:1 er det a) som er regnet som estetisk tiltrekkende, og samtidig har en minimal overflate i forhold til volum. Dette er mer fordelaktig med hensyn på bestandighet enn alternativ b) og c).



Figur 4:1 a) Sirkulært Tverrsnitt b) Bjelketverrsnitt c) Bjelketverrsnitt

En ulempe med avrundede tverrsnitt er at de har større volum, og dermed blir mindre økonomiske, har høyere egenvekt og større klimagassutslipp. Figur 4:2 viser en kombinasjon av krav til estetisk utforming med materialbesparende utsparinger, som bygger på samme prinsipp som hulldekkeelementer. Her er den estetiske utformingen og overflaten utsatt for miljøbelastning bevart, samtidig som egenvekten og klimagassutslippet er redusert. Figur 4:1 og 4:2 er hentet fra rapporten «Bærekraftige betongkonstruksjoner».



Figur 4:2 Brutverrsnitt med utsparing og spennkabel

Avslutningsvis i rapporten «Bærekraftige betongkonstruksjoner» blir det gitt en rekke generelle anbefalinger som bør vurderes i forbindelse med prosjektering og bygging av betongkonstruksjoner. Anbefalingene vil ikke være gyldige for alle prosjekter, men hovedpoengene som blir fremhevet kan være viktige for arbeidet med å redusere klimagassutslipp i mange prosjekter. Noen av hovedpoengene som er gyldige for betongkonstruksjoner uavhengig av prosjekterende selskap er gjengitt her:

- Uten en klar målsetning vil andre evalueringskriterier som fremdrift, kostnad, sikkerhet og miljø bli vektet som viktigere enn reduksjon av klimagassutslipp i forbindelse med valg av løsninger. Det må derfor utarbeides en målsetning om hensyn til bærekraft og klimagassutslipp som må vurderes på lik linje med kostnad og fremdrift.
- Effekten av valg som gjøres tidlig i prosjekteringsfasen vil kunne ha større effekt enn valg som blir tatt senere i byggefasen. Målet er å optimalisere konstruksjonen med hensyn på kostnader, fremdrift, materialbruk og klimagassutslipp.
- Ved ekstra innsats i prosjekteringsfasen vil løsningene normalt gi lavere materialforbruk sett opp mot kvalitet og levetid. Særlig viktig er avanserte beregningsprogrammer og tidsplanlegging. Bærekraft og klimagassutslipp må derfor inkluderes i prosjekteringsforutsetningene.
- Vurdering av konstruksjonens helhetlige funksjon, samt vurdering av prefabrikkerte og industrialiserte produkter.
- Vurdering av forskjellige betongkvaliteter i forskjellige bygningselementer. Et bevisst forhold til behovet for fasthet, støpelighet og fremdrift kan gi redusert klimagassutslipp.

## Miljøbrosjyre om betong

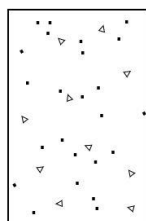
Norsk Betongforening har utarbeidet en kortfattet miljøbrosjyre med tittelen «*Visste du dette om betong og miljø?*». Brosjyren belyser et utvalg emner på en lettfattelig måte, og sikter på å opplyse og engasjere både byggherrer og rådgivende ingeniører (Sandvik, 2016). Et av emnene som blir nevnt i brosjyren er faren for å gå i «Lavkarbonfella». Selv om det er mulig å produsere lavkarbonbetong med vesentlig lavere utslipp enn det som er gitt grenseverdier for i publikasjon nr 37 «*Lavkarbonbetong*», er det advart mot å ensidig fokusere på laves mulig utslipp per kubikk betong. Det er nevnt andre forhold som kan ha like stor betydning for det totale utslippet knyttet til en konstruksjon. Noen av forholdene er gjengitt her:

1. Velg en betong med god bestandighet. En konstruksjon som står uten vedlikehold i 100 år vil kunne være mer miljøvennlig enn en tilsvarende konstruksjon med lavere utslipp per kubikk, men som kun er beregnet for en levetid på 50 år.
2. En betong med høyere fasthet og styrke vil ha høyere utslipp per kubikk, men vil gi mulighet til å ha en slankere konstruksjon med større spenn. Optimaliserte tverrsnitt og spenn kan gi reduserte volum som veier opp mot de økte utslippene per kubikk.
3. Moderne blandingssementer med mindre sement, men økt innhold av andre pozzolane materialer kan gi betongen høyere fasthet, men kan virke negativt på herdeprosessen som er viktig på byggeplassen.

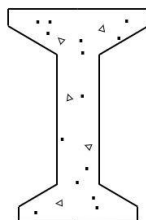
Figur 4:3 til høyre er det gjengitt et eksempel på punkt 2.

*Eksempel: 22 like bjelker i et gitt bygg:*

Selv om EPDen for det rektangulære tverrsnittet angir et lavere CO<sub>2</sub>-utslipp per kubikk enn for I-tverrsnittet blir den totale mengden CO<sub>2</sub> for bjelkene mindre for I-tverrsnittet som følge av den reduserte betongmengden.



Total mende betong = 282 tonn  
 EPD CO<sub>2</sub> = 213,8 kg  
 Total mengde CO<sub>2</sub> = **60,3 tonn**



Total mende betong = 218 tonn  
 EPD CO<sub>2</sub> = 229,3 kg  
 Total mengde CO<sub>2</sub> = **50,0 tonn**

Figur 4:3 Eksempel fra miljøbrosjyre



## Endinger i Norsk Standard

Prosjektutvikler Sigbjørn Faanes i Veidekke oppdaget gjennom sin forskning at det generelt ble brukt høyere kvalitet på betong enn nødvendig på grunn av utydelig formulering i betongstandarden NS-EN 206, knyttet til eksponeringsklasse. Faanes jobbet derfor for å få endret teksten i det nasjonale tillegget til denne standarden. Han sier at å bruke bestandighetsklasse M90 innvendig i bygg reduserer klimagassavtrykket betydelig. Videre uttrykker han at et annet tiltak for å redusere utslipp er å unngå å bestille betong med økt synk eller redusert tilslag for å gjøre støping lettere. Faanes mener også at det er viktig at man dimensjonerer for de laveste eksponeringsklassene, slik som X0, der dette er mulig, for å kunne ta i bruk en så lav fasthetsklasse og bestandighetsklasse som mulig og dermed kunne redusere sementmengden. (*Veidekkes nye betongstandard*, 2021)

I det nyeste nasjonale tillegget til NS-EN 206 har forklaringen for bruk av eksponeringsklassene X0 og XC1 blitt endret. I den opprinnelige standarden forklares det at det «meget tørre» miljøet som kreves for bruk av eksponeringsklasse X0 forekommer «inne i bygninger med meget lav luftfuktighet». Denne forklaringen er nå endret til «innendørs i tørre, oppvarmede rom». For eksponeringsklasse XC1 skal miljøet være «tørt eller permanent vått», dette ble endret til «innendørs i uoppvarmede, tørre rom» fra «inne i bygninger med lav luftfuktighet» i den opprinnelige standarden. Norsk Standard sier også at for å kunne bruke betong av de laveste fasthets- og bestandighetsklassene er man avhengig av en eksponeringsklasse som tilsvarer svært lav til ingen sannsynlighet for skader som korrosjon eller frost. (*NS-EN 206:2013+A2+NA*, 2021)

Denne nye forståelsen av eksponeringsklassene ble benyttet i praksis gjennom prosjektet Øvre Steinaunet 1 i Trondheim, gjennomført av Veidekke. Det gjort en karbonoptimalisering som viser utslippsreduksjonen som er mulig å gjøre ved å bruke lavere bestandighetsklasse på betongelementene. I dokumentet for karbonoptimaliseringen ble utslipp for «normal» fasthetsklasse sammenliknet med utslipp for en justert fasthetsklasse og lavest mulig fasthetsklasse, samt laveste fasthetsklasse ved bruk av de lavkarbonklassene som var tilgjengelig for prosjektet. (*Veidekkes nye betongstandard*, 2021)

### Øvre Steinaunet 1

I forbindelse med et boligblokkprosjekt på Øvre Steinaunet 1 i Trondheim gjorde Veidekke en karbonoptimalisering for betongkonstruksjonen. klimagasstallene for hver betongtype brukt i prosjektet er hentet fra leverandør av Veidekke. (Faanes, 2020)

Tabell 4:2 Alle betongtyper vurdert i karbonoptimalisering for Øvre Steinaunet 1

Eksponeringsklasse	Fasthetsklasse	Bestandighetsklasse	Karbonklasse	GWP (kg CO <sub>2</sub> ekv/m <sup>3</sup> )	Notater
XC1	B20	M90	Standard	178	
XC1	B20	M90	B	230	
XC1	B20	M90	A	200	
XC1	B20	M90	Pluss (i fund)	170	
XC1	B25	M90	Standard	190	
XC1	B25	M90	B	230	Beam
XC1	B25	M90	B	210	Slab
XC1	B25	M90	A	200	
XC1	B25	M90	Pluss (i fund)	180	
XC1	B25	M60	Pluss (i fund)	180	
XC1/2/3	B30	M60	Standard	215	
XC1/2/3	B30	M60	B	230	
XC1/2/3	B30	M60	A	200	
XC2	B30	M60	Pluss (i fund)	150	
XC3	B30	M60	Pluss (i fund)	200	
XC3/XF3	B35	M60	Standard	225	
XD3	B35	M45	Standard	243	
XD3	B35	M40	Standard	275	
XD3	B35	M40	B	280	
XD3	B35	M45	A	210	
XD3	B35	M40	A	280	
XD3	B35	M45	Pluss (i fund)	210	
XD3	B35	M40	Pluss (i fund)	280	

Beregningene for karbonoptimaliseringen er presentert i flere ulike tabeller, og består av tall hentet fra leverandør, Norsk Betongforening og Norsk Standard. Dokumentet fra Veidekke tar for seg karbonoptimaliseringen for hvert enkelt betongelement. Tallene summeres opp til en detaljert og en samlet vurdering av utslipp fra betong i prosjektet. GWP for de ulike karbonklassene sammenlignes for de ulike elementene og presenteres i tabeller sammen med eksponerings- og fasthetsklasser. Dette arbeidet er gjort for å optimalisere utslippene gjennom vurdering og valg av karbonklasser og fasthetsklasser. Det første steget i optimaliseringen var

å justere fasthetsklassene, for å finne de laveste klassene det var mulig å bruke i de forskjellige tilfellene. Alle betongtyper brukt i vurderingen er gjengitt i tabell 4:2. (Faanes, 2020; *Veidekkes nye betongstandard*, 2021)

Etter justeringen hadde de flere sammenlikningspunkter for å finne de mest optimale kombinasjonene. I sammenlikningen har standardbetongen blitt representert gjennom tre forskjellige fasthetsklasser: den opprinnelige, den justerte og den laveste fasthetsklassen. For lavkarbonklasse B, A og Pluss er det kun den laveste karbonklassen som er med i sammenlikningen. (Faanes, 2020)

## 4.2 Fasthetsutvikling

### 4.2.1 Fasthetstutvikling fra produsent

Fasthetsutviklingen til de aktuelle betongtypene med karbonklasser er dokumentert i form av fasthetsrapporter. I denne oppgaven er det brukt fasthetsrapporter fra produsent for å dokumentere fasthetsutviklingen. Det er i alt bedt om 11 fasthetsrapporter for betongtyper med karbonklassene presentert i tabell 4:3 under. Det er i utgangspunktet bedt om fasthetsrapporter som viser 2-døgns, 7-døgns og 28-døgns fasthets, men i oppgavens tidsrom var det kun 7-døgns og 28-døgns fasthetsrapporter som var tilgjengelig.

Tabell 4:3 Gjennomsnittlige verdier fra fasthetsrapporter

Fasthets klasse	Bestandighets klasse	Karbonklasse	Fasthet etter 7 døgn [MPa]	Fasthet etter 28 døgn [MPa]
B30	M60	Standard/B	36,12	47,5
B30	M60	Lavkarbon A	35,12	48,5
B30	M45	Standard		
B30	M45	Lavkarbon A		
B35	M45	Standard/B	43,6	54,1
B35	M45	Lavkarbon A	39,54	54,7
B45	M40	Standard		
B45	M40	Lavkarbon A		
B45	MF40	Standard	50,9	63,6
B45	MF40	Lavkarbon A	45,6	63,6
B45	MF45	Lavvarme	45,58	63,92

Fastheter presentert i tabell 4:3 er avhengig av materiell som er tilgjengelig fra produsent. Det har derfor ikke vært mulig å utfylle hele tabellen innenfor oppgavens tidsrom. Verdiene for fastheter i tabellen er gjennomsnittlige verdier fra fasthetsrapportene.

## 4.2.2 Fasthetsutvikling fra innholdsanalyse

### **Brosjyre om herdeteknologi**

Norcem A.S Forsknings- og Utviklingsavdeling -FoU har utviklet en brosjyre med tittelen «Herdeteknologi». Brosjyren retter fokus mot enkelte parametere som påvirker betongens herding, samt virker som et styringsverktøy for materialvalg, isolering og beskyttelse av de ulike konstruksjoner under ulike værforhold (*Herdeteknologi*, 2016). Ut fra betongens sammensetning kan en på forhånd forutsi hvilke egenskaper betongen får. Egenskaper som varmeutvikling, fasthetsutvikling, og størkning er igjen alle avhengige av temperaturen. Temperaturen er avhengig av betongens sementinnhold og fordeling av ulike tilsetningsmaterialer og tilsetningsstoffer, men også av parametere på byggeplassen som lufttemperatur og vindforhold, forskalingstype, konstruksjonstype og dimensjoner på konstruksjonen. Basert på disse parametere og kan en gjøre valg på når forskalingen skal rives, hvilken sementtype og hvilke tilsetningsmaterialer eller stoffer er best egnet, om betongen må dekkes til, og hvordan støpingen blir i forhold til fremdriftsplanen.

I brosjyren er det også lagt vekt på etterbehandling av betongen. Dette er for at betongens egenskaper skal bli sikret under herdeprosessen. Etterbehandlingen skal sikre tilstrekkelig fuktighet slik at sementen hydratiserer, en tilstrekkelig tidligfasthet med tanke på fremdrift, og at betongen unngår frysing eller får riss som følge av temperaturforskjeller. Betong som ikke blir dekket til står i fare for å få økt vanntap og varmetap til omgivelsene. Dette påvirker igjen herdingen. Effekten av manglende fuktlagring det første døgnet etter støping er avhengig av blant annet konstruksjonstype og dimensjoner, masseforhold, temperaturer, sementtype og sementmengde. De to sistnevnte er viktige parametere for å oppnå lavkarbonbetong. Lavkarbonbetong har lavere naturlig herdetemperatur som følge av at deler av sementen er erstattet med silikastøv og flygeaske. De øvrige parametere er dermed viktigere å ta hensyn til ved prosjektering og bruk av lavkarbonbetong på byggeplass.

### **Krav til temperaturer ved tidligfasthet**

I NS-EN 13670+NA er det stilt krav til temperaturer ved tidligfasthet. Standarden stiller krav til at betongen ikke skal fryse før den har oppnådd en fasthet på minimum 5 MPa. Dette er fordi vannet i betongen fryser og utvider seg med omtrent 9%, som kan føre til varige skader på betongen. Samtidig vil frosset vann ikke bidra til hydratisering av sementen, og herdeprosessen blir da redusert. I tillegg setter standarden krav til en øvre temperatur på 70 grader Celsius i herdeprosessen. Dette er for å unngå at betongen blir for porøs, som fører til lavere sluttfasthet og en mindre bestandig betong.

## Erfaringer fra bedrifter

Bedrifter og organisasjoner kan fortelle om sine erfaringer med lavkarbonbetong. Skanska Anlegg forteller i forbindelse med prosjektet Fornebu S at lavkarbonbetong krever mer oppfølging enn standard betong, knyttet til behov for herdingsakseleratorer. Utstyr har også større behov for vedlikehold som følger av at betongen setter seg lett fast. De har også erfaring med at gjennomføring av støp er mer tidkrevende. Veidekke forteller om at deres erfaringer med den mest klimagassbesparende lavkarbonklassen er at den er mer temperaturavhengig, og krever lengre herdetid enn standard betong. På grunn av dette ser de et økt behov for tildekking og tilført varme under støping. Veidekke avslutter med å si at de ikke har opplevd noen praktiske utfordringer såfremt man planlegger godt og har kompetente håndverkere. Greenbuilt sier også i forbindelse med samme prosjekt at god planlegging alltid er viktig, men spesielt viktig for nye løsninger som er ukjent for bestiller og utførende ledd. Klimahuset i Oslo er et forbildeprosjekt i FutureBuilt, bygget av Seby AS, hvor det ble brukt lavkarbonbetong i gulvstøpen. Erfaringene fra dette prosjektet er at betongen fikk lengre herdetid, men var god nok til at forskalingen kunne rives i tide ved hjelp av herdingsakseleratorer. Betongen var noe mer arbeidskrevende, men responderte positivt ved god planlegging. (Borvik, 2013; Greenbuilt, 2020; Martinsen & Nilsen, 2020; *Månedens prosjekt september 2020: Klimahuset*, 2020)

## 4.3 Kostnader

### 4.3.1 Kostnader fra produsent

Kostnader ved bestilling av betong fra produsent er presentert i tabell 4:4 under. Det er i alt bedt om priser på 11 betongtyper med karbonklasser. Prisene er oppgitt i NOK per kubikk ferdigbetong, og er ekskludert transportkostnader. I likhet med EPDer og fasthetsrapporter er dokumentasjonen av kostnadene avhengig av materiell fra produsent, og tabellen under er utfylt deretter.

Tabell 4:4 Pris per kubikk betong fra produsent

Fasthets klasse	Bestandighets klasse	Karbonklasse	Pris NOK per M <sup>3</sup>
B30	M60	Standard/B	1289
B30	M60	Lavkarbon A	1389
B30	M45	Standard	
B30	M45	Lavkarbon A	
B35	M45	Standard/B	1475
B35	M45	Lavkarbon A	1575
B45	M40	Standard	
B45	M40	Lavkarbon A	
B45	MF40	Standard	
B45	MF40	Lavkarbon A	1600
B45	MF45	Lavvarme	1600

### 4.3.2 Kostnader fra innholdsanalyse

For å drive utviklingen fremover innen klimagassreduksjon i byggebransjen er det avhengig av krav til gode løsninger. Nye løsninger er kostbart å prøve ut, og kostnadene er knyttet opp til ukjente herdeprosesser, nye måter å jobbe på og utbredningen av tilbydere. Lavkarbonbetong har en mer langsom fasthetsutvikling enn standard betong, som kan gi økonomiske konsekvenser for prosjektet. Den forsinkede fasthetsutviklingen kan i lavkarbonklassene A, Pluss og Ekstrem påvirke tiden fra støping til riving av forskaling, og dermed det videre arbeidet i prosjektet. Dette vil påvirke kostnadene til prosjektet gjennom lengre byggetid. De samme lavkarbonklassene har som en erstatning for sement et høyt innhold flygeaske. Denne økningen i mengde flygeaske gir en redusert varmeutvikling, og det oppstår dermed et behov for hedetiltak som økt bruk av isolasjonsmaterialer, tildekking, fyring og varmekabler. Kostnader knyttet til nye løsninger er ofte større for første prosjekt, men for hvert prosjekt som tar i bruk løsningene senere vil kostnadene reduseres. (Greenbuilt, 2020; NB 37 Lavkarbonbetong, 2020; Smeplass, 2018)

## Kapittel 5 Diskusjon

### 5.1 Analyse av resultat

Det er ulike faktorer som spiller inn på kostnader og klimagassutslipp i forbindelse med prosjektering av en konstruksjon i betong. Kostnadene øker ikke proporsjonalt med nedgangen i klimagassutslipp, og det er heller ikke nødvendigvis valg av karbonklasse som gir lavest klimagassutslipp. Pris per kubikk betong fra produsent har liten variasjon mellom karbonklassene, men større klimagassbesparelser. Kapittel 5.1.1 analyserer og sammenligner klimagassutslipp og pris fra produsent. Kapittel 5.1.2 analyserer og sammenligner klimagassutslipp fra innholdsanalysen.

#### 5.1.1 Klimagassutslipp og pris fra produsent

Til å vurdere klimagassavtrykk opp mot kostnader er det laget en sammenligning mellom priser og miljødeklarasjoner fra produsent. Dette skal i den grad det er mulig sammenlignes og vurderes mot resultatet fra innholdsanalysen. Verdiene i tabeller 5:1 og 5:2 er hentet fra tabell 2:4 og tabell 4:1. Tabellene viser en prosentvis sammenligning av GWP mellom bransjeverdien, grenseverdiene oppgitt i Norsk Betongforenings publikasjon 37, og resultat fra miljødeklarasjoner fra Dyrøy Betong.

Tabell 5:1 GWP reduksjon for B30 M60

B30 M60					
Sammenligning	Bransjereferanse	Grenseverdi Lavkarbon B	Grenseverdi Lavkarbon A	Dyrøy Betong	
				Standard/B	Lavkarbon A
GWP [ kg CO <sub>2</sub> -ekv /m <sup>3</sup> ]	280	230	200	228,86	193,67
Prosentvis reduksjon fra bransjereferanse	0,00 %	-17,86 %	-28,57 %	-18,26 %	-30,83 %
Prosentvis reduksjon fra grenseverdi				-0,50 %	-3,17 %
Prosentvis reduksjon fra standardbetong til leverandør					-15,38 %

Betongtypen B30 M60 leveres i to lavkarbonklasser av Dyrøy Betong. Standardbetongen har et deklart GWP som er 18,26% under bransjereferansen, og 0,5% under grenseverdien for lavkarbonklasse B. Lavkarbonklasse A har for denne betongtypen en reduksjon på 15,38% GWP sammenlignet med standardbetongen. Til sammenligning er prisforskjellen 100 kr per kubikk, som utgjør en prosentvis økning i pris per kubikk på 7,76%.

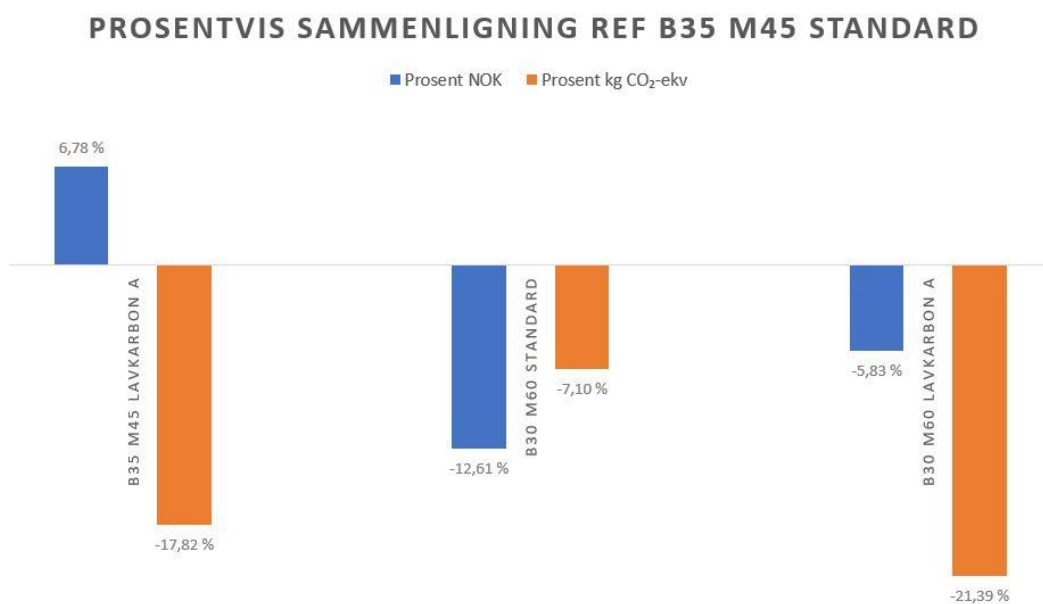
Tabell 5:2 GWP reduksjon for B35 M45

Sammenligning	B35 M45				
	Bransjereferanse	Grenseverdi Lavkarbon B	Grenseverdi Lavkarbon A	Dyrøy Betong	
				Standard/B	Lavkarbon A
GWP [ kg CO <sub>2</sub> -ekv /m <sup>3</sup> ]	330	280	210	246,36	202,46
Prosentvis reduksjon fra bransjereferanse	0,00 %	-15,15 %	-36,36 %	-25,35 %	-38,65 %
Prosentvis reduksjon fra grenseverdi				-12,01 %	-3,59 %
Prosentvis reduksjon fra standardbetong til leverandør					-17,82 %

Betongtypen B35 M45 leveres også i to lavkarbonklasser av Dyrøy Betong. Standardbetongen har et deklart GWP som er 25,35% under bransjereferansen, og 12,01% under grenseverdien for lavkarbonklasse B. Lavkarbonklasse A har for denne betongtypen en reduksjon på 17,82% GWP sammenlignet med standardbetongen. Til sammenligning er prisforskjellen 100 kr per kubikk, som utgjør en prosentvis økning i pris per kubikk på 6,78%.

Prisforskjellen mellom en betongtype uten klimagassreducerende tiltak og tilsvarende betongtype i lavkarbonklasse A er liten. Prisforskjellen per kubikk for standard og lavkarbonklasse A ligger mellom 6-8% avhengig av betongtype. Det er derimot en større prisforskjell mellom betongtypene. Figur 5:1 under viser to betongtyper med karbonklasse sammenlignet med B35 M45 standard betong fra Dyrøy Betong. En kan se at å endre fra B35 M45 standard til B35 M45 lavkarbonklasse A blir det en prisøkning på 6,8%, men en betydelig reduksjon i klimagassutslipp på 17,8%. Til sammenligning vil en endring til B30 M60 lavkarbonklasse A bety en prisreduksjon på 5,8% og en enda større reduksjon i klimagassutslipp på hele 21,4%. Den største prisforskjellen er derimot å endre betongtypen til B30 M60 standard. Pris- og klimagassreduksjonen ved å velge B30 M60 standard må da vurderes opp mot endring i fasthet og bestandighet. Det kan vise seg at det økte volumet av betong, for å oppnå samme styrke i konstruksjonen, vil utligne forskjellen i pris og klimagassavtrykk. I tillegg er det begrenset hvilke konstruksjonsdeler der bestandigheten kan reduseres fra M45 til M60, av hensyn til miljøeksponeringen konstruksjonen blir utsatt for.





Figur 5:1 Forskjell i pris- og klimagassutslipp for betongtyper

## 5.1.2 Klimagassutslipp fra innholdsanalysen

### Justering av bestandighetsklasse

Resultatene fra karbonoptimaliseringen for Øvre Steinaunet 1 kan brukes for å demonstrere forskjellen av å velge lavest mulig eksponerings- og bestandighetsklasse i dimensjoneringen. Det blir tatt utgangspunkt i betongtyper vurdert for samtlige betongvegger i etasje 4, 5 og 6, og sammenlikningen av utslippene for betongalternativene er satt opp i tabell 5:3. Sammenlikningen viser at ved å redusere bestandighets- og fasthetsklasse for disse elementene fra «normal» til lavest mulig blir utslippene redusert med over 17 %. Det er noe reduksjon av GWP ved å justere bestandigheten til betongen, og også noe reduksjon av å justere fastheten. Det største utslaget i denne sammenlikningen skjer allikevel ved å justere både fasthet og bestandighet. Denne reduksjonen i fasthets- og bestandighetsklasse er blitt gjort på samtlige elementer i prosjektet hvor dette er tillatt av eksponeringsklasse og påkjenning, og får liknende resultater. For elementer i prosjektet som ikke tillot å redusere fasthetsklasse eller bestandighetsklasse i like stor grad, ble disse allikevel redusert til de lavest mulige klassene der det var mulig. For enkelte elementer betød dette en reduksjon på opp mot 12 % ved å kun benytte standard betong. (Faanes, 2020; Veidekkes nye betongstandard, 2021)

Tabell 5:3 Standard betong, justert fasthets- og bestandighetsklasse

<b>Eksponeringsklasse</b>	<b>Fasthetsklasse</b>	<b>Bestandighetsklasse</b>	<b>Karbonklasse</b>	<b>GWP (kg CO<sub>2</sub>-ekv/m<sup>3</sup>)</b>
XC1	B30	M60	Standard	215
XC1	B25	M90	Standard	190
XC1	B20	M90	Standard	178

### Utslipp fra lavkarbonbetong

Betongkombinasjoner av lav fasthetsklasse bidrar til lite utslipp sammenliknet med betong av høyere fasthetsklasser. Dersom man i et slikt tilfelle sammenligner utslipp ved bruk av lavkarbonbetong klasse A med standard betong ser man at det ikke er like stor miljømessig fordel å velge lavkarbonbetong som å justere fasthetsklassen. På grunn av det lave innholdet av sement i standard betong med lav fasthet (B20/B25) må denne sammenlignes med en strengere lavkarbonklasse for å kunne spare utslipp. I tabell 5:4 vises utslippene for standard betong, lavkarbonklasse A og Pluss i fundamentet, og utslippene disse produserer per kubikk.

Tabell 5:4 B25 M90 Sammenlikning av karbonklasser

<b>Eksponeringsklasse</b>	<b>Fasthetsklasse</b>	<b>Bestandighetsklasse</b>	<b>Karbonklasse</b>	<b>GWP (kg CO<sub>2</sub>-ekv/m<sup>3</sup>)</b>
XC1	B25	M90	Standard	190
XC1	B25	M90	A	200
XC1	B25	M90	Pluss (i fund)	180

For et element med større fysisk påkjenning eller større sannsynlighet for frost eller fuktinntrengning, er det nødvendig med en høyere fasthetsklasse. Betongtyper av høyere fasthetsklasse har behov for mer tilsetning av sement og andre tilsetningsstoffer, og vil naturlig føre til større utslipp, og dette gjelder også for lavkarbonbetong. I tabell 5:3 ser vi standard betong sammenliknet med lavkarbonklasse A og Pluss, og utslippene disse produserer. Alle har fasthetsklasse B35 og eksponeringsklasse XD3 (vekselvis vått og tørt, ikke sjøvann). Bestandighetsklassene brukt er M40 og M45.

Tabell 5:5 B35, Sammenlikning av karbonklasser for flere bestandighetsklasser

Eksponeeringsklasse	Fasthetsklasse	Bestandighetsklasse	Karbonklasse	GWP (kg CO <sub>2</sub> -ekv/m <sup>3</sup> )
XD3	B35	M45	Standard	243
XD3	B35	M45	A	210
XD3	B35	M45	Pluss (i fund)	210

XD3	B35	M40	Standard	275
XD3	B35	M40	A	280
XD3	B35	M40	Pluss (i fund)	280

For betongtypene av fasthetsklasse B35 er det større variasjon i hvilken karbonklasse som bidrar til mindre utslipp. Betong av lavere bestandighet har generelt lavere utslipp enn betong av høy bestandighet. I tabell 5:3 er det tydelig at B35 M45 betong av lavkarbonklasse A har betydelig mindre utslipp enn tilsvarende standard betong. For betong av høyere bestandighet, slik som B35 M40, er det tydelig at utslippene er generelt høyere, og at differansen av utslipp mellom karbonklassene er mindre. I denne beregningen av B35 M40 er det standard betong som gir minst utslipp, og det gir derfor størst miljømessig gevinst å velge standard fremfor lavkarbonklasse A og Pluss.

## 5.2 Drøfting

De reelle kostnadene og miljøpåvirkningene ved valg av lavkarbonklasse blir ikke tydelig før ved byggeplassen, der valg av lavkarbonklasse og andre løsninger kan spille inn på fremdriften. Valg av lavkarbonklasse er en av flere løsninger som stadig er i utvikling for å redusere klimagassutslippet i en betongkonstruksjon. Kapittel 5.2.1 drøfter resultater fra innholdsanalysen rundt fremdrift og kostnader på byggeplass ved bruk av nyere løsninger for redusert klimagassutslipp. Kapittel 5.2.2 drøfter miljøpåvirkninger ved valg av løsninger, basert på resultater fra analysen.

### 5.2.1 Fremdrift og kostnader på byggeplass

God planlegging er viktig ved prosjektering, men særskilt viktig ved bruk av nye løsninger. Dette fordi de nye løsningene byr på ukjente utfordringer, både for bestiller og utførende ledd. Det å teste nye løsninger fører ofte til økte kostnader, men disse kostnadene avtar etter hvert som det opparbeides erfaring og videre justering av de nye løsningene. Risikoen for økte kostnader på byggeplass ved bruk av nye løsninger kan reduseres ved økt planlegging.

I arbeidet med oppgaven er det funnet lite som tilsier at klimagassutslippet på byggeplassen øker som følge av lenger herdetid eller herdeakselererende metoder. Det er derimot flere kilder som oppsummerer sine erfaringer med at det er høyere utgifter på byggeplass ved bruk av de strengere lavkarbonklassene A, pluss og ekstrem. Utgiftene kommer fra tiltak som oppvarmet betong, bedre isolasjon i forskalingene, og lenger planlegging og ventetid i forbindelse med støping og avskalling. Det er lite konkrete tallverdier til sammenligning på dette, men en generell konsensus at det må planlegges nøyere ved støping av lavkarbonbetong. Kostnadene ved bruk av lavkarbonbetong er også høyere lenger nord enn sør i landet. Dette skyldes i stor grad temperaturen i omgivelsene, men også tilgangen på type II-tilsetningsmaterialer til betongsammensetningen for å oppnå kravene til lavkarbonklassene.

Herdeforløpet til betong har stor innvirkning på fremdriften på byggeplass, men også på rissutviklingen. Ved lavvarme og lavkarbonbetong kan den reduserte herdetemperaturen ha en positiv effekt som redusert rissdannelse under herding. I massive konstruksjoner er det ofte vanskelig å lede bort den utviklede varmen i tilstrekkelig grad. Det vil da oppstå temperaturforskjeller som fører til at betongen sprekker opp. Det samme kan inntreffe når forskalingen rives, eller isolasjonen fjernes for tidlig ved høy varmeherdning ved vinterstøp. Ved å bruke lavkarbonbetong eller lavvarmebetong fås det en naturlig reduksjon i herdetemperaturen, som gir redusert fare for rissdannelse. Ved vinterstøp kan den reduserte

herdetemperaturen føre til treg tidligfasthet, spesielt for lavkarbonbetong. Det vil her kunne brukes ekstra isolasjon, eller oppvarmet betong for å få en raskere herdeprosess. Det er da viktig å bruke miljøvennlige oppvarmingskilder, eller fornybar energi for at klimaavtrykket skal holdes lavest mulig.

Det er forventet at med dagens materialkunnskaper skal det kunne sikres nødvendig fremdrift på byggeplass samtidig som betongens egenskaper blir ivaretatt. I dag blir det i hovedsak prioritert kostnader, fremdrift og betongens egenskaper ved prosjektering. Dette kan føre til at kostnader og tidsbruk knyttet til redusert klimaavtrykk blir vurdert som for høye, og klimareduserende tiltak blir ikke prioritert.

I utgangspunktet vil det alltid tilstrebes å optimalisere en konstruksjon med hensyn på pris. Kostnader blir derfor vektlagt ved prosjektering, men det viser seg likevel at konstruksjoner ikke er så optimaliserte som de kunne vært. I rapporten «*Bærekraftige betongkonstruksjoner*» utarbeidet av Norconsult for Statens vegvesen og Vegdirektoratet er det listet opp noen ulike årsaker til dette (Søyland, 2017):

- Valg av etablerte løsninger
- Kort tid avsatt til prosjektering
- Mangel på kompetanse hos prosjekterende i bruk av avanserte verktøy
- Konservante antagelser i form av generalisering av laster og geometri.
- Uklart og upresist regelverk, eller tolking av regelverk, som fører til konservative antagelser i prosjekteringen.

## 5.2.2 Miljø og valg

### **Begrenset utvalg av karbonklasse**

I tilknytning til prosjektet Emblem skule er det begrensninger rundt valg av lavkarbonklasser. Dyrøy Betong som leverandør produserer kun betong i to karbonklasser som de kaller *standard* og *lavkarbon A*. EPDene viser at GWP-verdiene til standardbetongen er innenfor det som klassifiseres som lavkarbonklasse B. På grunn av dette har prosjektgruppen, i samarbeid med Veidekke, færre verdier å sammenlikne enn forventet. Veidekke har derfor få alternativer å se på i en vurdering av karbonklasse til prosjektet. Resultatene i oppgaven gir mindre diskuterbare tall og en ufullstendig vurdering. Det er fortsatt mulig å se sammenhenger mellom resultatene fra produsent og resultatene fra innholdsanalysen. Man kan se fra karbonoptimaliseringen til Veidekke på Øvre Steinaunet at flere karbonklasser vil gi et større sammenlikningsgrunnlag. Dette vil gi klarere resultater som er lettere å vurdere. Dersom det hadde vært flere betongtyper å sammenlikne i sammenheng med prosjektet Emblem skule, ville dette kunne gitt et klarere svar på hvilke besparelser og konsekvenser de ulike lavkarbonklassene gir.

### **Karbonoptimalisering**

Ved en karbonoptimalisering for en betongkonstruksjon må det gjøres en rekke vurderinger for å finne den kombinasjonen av betongtyper som til sammen gir lavest utslipp for hele prosjektet. Hvert valg som tas for en betongkonstruksjon vil påvirke klimagassutslippene, og det er samtidig viktig at betongen som blir brukt oppfyller de krav som er satt til fasthet, eksponering og bestandighet. Valg av betong må derfor vurderes for hvert enkelt element for å få en optimalisering, og det må tas hensyn til mange faktorer i vurderingen. Ut fra arbeidet med denne oppgaven er det tydelig at det ikke finnes en universell fasit på hvordan oppnå karbonoptimalisering for enhver betongkonstruksjon. For hvert prosjekt må det gjøres egne vurderinger angående karbonoptimalisering sammen med andre vurderingskriterier som pris og fremdrift. Hvert prosjekt er ulikt, og dette medfører at prosjekterende og byggherre må vurdere vektingen av klimabesparende tiltak. I denne oppgaven kan man se at tiltak som mindre mengde betong, redusert fasthetsklasse og bestandighetsklasse, og valg av lavkarbonklasse alle bidrar til et redusert klimagassutslipp. Tiltakene har alle en innvirkning på prosjektet enten i form av endrede kostnader, økt planlegging, endrede krav til estetisk utforming, eller endring i fremdrift. Det vil derfor være opp til byggherre og utførende ledd å sammen finne ut hvordan klimagassebesparelser skal oppnås og hvilke klimagassbesparende tiltak skal anvendes.

### **Eksponeringsklasse og lavkarbonbetong**

Valg av eksponeringsklasse for et betongelement setter en avgrensning for hvilken bestandighet og fasthet som kan brukes, og er derfor avgjørende for den videre vurderingen. Som fremvist i 5.1.1 har både bestandighets- og fasthetsklassen til betongen en tilknytning til utslipp av klimagasser gjennom produksjonen. Et prosjekt bestående av flere betongelementer, vil være eksponert for flere ulike miljøer. Påkjenningene disse miljøene bidrar med gjør at det må tas en individuell vurdering for hvert element for å sikre den beste optimaliseringen.

Lavkarbonbetong er den nye teknologien for å redusere klimagassutslipp i bygg, men er ikke det eneste og ikke nødvendigvis det beste tiltaket for å få til dette. Resultatene analysert i 5.1.1 viser at lavkarbonbetong klasse A fører til mindre utslipp enn produsentens standard betong i tilsvarende fasthets- og bestandighetsklasser. På grunn av at produsentens resept for standard betong oppfyller krav til lavkarbonbetong klasse B var dette det forventede utfallet av analysen. På den annen side viser analysen fra 5.1.2 at det i enkelte tilfeller er det mer klimabesparende å velge standard betong fremfor lavkarbonbetong. I slike tilfeller må vurderingen av karbonklasse også ta hensyn til pris, basert på at den strengeste lavkarbonklassen Dyrøy Betong tilbyr også er dyrere enn tilsvarende standard betong. Grunnen til at de to analysene gir to forskjellige utfall kan være at tallene for karbonoptimaliseringen ble hentet fra en annen leverandør, og det er derfor muligheter for det er variasjoner mellom reseptene til de to leverandørene. De to leverandørene opererer i ulike områder, og dette kan påvirke tilgang på materialer og etterspørsel av betongtyper. Dette kan videre påvirke både GWP for de forskjellige systemgrensene i EPDen, og hvilke produkter produsenten tilbyr. Analysen viser også til at det gir større utslag på det totale klimagassutslippet å velge den mest optimale bestandigheten og fastheten, enn det utslaget lavkarbonbetong har. Utslippsbesparelse ved bruk av lavkarbonbetong er derfor kun ett av mange tiltak.

Denne oppgaven tar utgangspunkt i dagens tilgang og bruk av tilsetningsmaterialer i betong. Type II-tilsetningsmaterialer som flygeaske og silikastøv er begge restprodukter etter industri som har store klimagassutslipp. Disse tilsetningsmaterialene blir regnet som klimanøytrale, da klimagassutslipp knyttes til hovedproduktet. Dersom en andel av klimagassutslippet overføres fra hoved- til restproduktet vil dette gi en betydelig konsekvens for betongens totale klimaregnskap. I tillegg er det ventet en reduksjon i tilgjengelig flygeaske av god nok kvalitet i nær fremtid, som følge av at forbruket av flygeaske i betong øker. Dårligere kvalitet på flygeasken, samt at noe av klimagassutslippet fra forbrenningsprosessen blir knyttet til restproduktet vil påvirke betongens EPD i fremtiden. Dersom dette blir en realitet, vil

forskjellen i GWP mellom standard betong og lavkarbonbetong bli mindre. Det betyr at valg av lavkarbonklasse får mindre betydning for betongkonstruksjonens totale klimagassutslipp.

### **Planlegging og valg**

Under planleggingen av et prosjekt tas det mange valg som vil avgjøre prosjektets totale klimagassutslipp. Ved å aktivt velge alternativer med lavere utslipp gjennom denne prosessen setter man standarden for klimabesparelse gjennom hele prosjektet. Ved vurdering av betong bestemmes de fleste aspektene av denne under planleggingsfasen, likevel er valg rundt bruk av lavkarbon og økt synk ofte opp til byggeleder på byggeplass dersom ikke annet er spesifisert. Valgene byggeleder tar rundt dette, har et stort innspill på klimagassutslippene i prosjektet og bør derfor avgjøres like tidlig og nøye som valgene som alltid tas i planleggingsfasen. Valg av økt synk skjer på byggeplass, og skjer ofte på bakgrunn av at utførende ledd vil gjøre støpeprosessen enklere. Utslipet dette medfører blir ikke dokumentert i prosjektets klimaregnskap. Disse utslippene kan unngås gjennom god planlegging og en økt miljøbevissthet, da disse valgene utelukkende tas med tanke på bekvemmelighet. Å velge lavkarbonbetong i tilfeller hvor dette fører til lavere utslipp og samtidig legge til rette for at gjennomføring ikke går på bekostning av fremdriften til prosjektet må gjøres i planleggingsfasen.

Enkelte aspekter av byggeprosessen krever mer planlegging enn andre. Et aspekt som vil kreve mer planlegging er herdetiltak ved bruk av lavkarbonbetong fremfor standard betong. En fellesnevner for resultatene av innholdsanalysen i 4.2.2 er at det å støpe lavkarbonbetong er mer krevende og må tilrettelegges for både med tanke på tid og vedlikehold. Enkelte prosjekterende forteller om at det å støpe lavkarbonbetong ikke er mer krevende enn det er å støpe standard betong. Dette kan komme av at etter hvert som bruk av lavkarbonbetong blir mer kjent for utførende blir det lettere å gjennomføre og kostnadene reduseres. En annen potensiell komplikasjon ved støp av lavkarbonbetong er den lave tidligfastheten. Dette medfører vanligvis at det tar lengre tid før forskaling kan rives og overflatebehandling annet arbeid kan påbegynne. Utsettelsen av disse oppgavene kan bli en utfordring for fremgangen til prosjektet, men ved god planlegging kan dette unngås. For eksempel kan det planlegges at en støp skal utføres før en helg eller et annet naturlig opphold, slik at tilstrekkelig fasthet kan oppnås før det videre arbeidet. Dette gjør at den lave tidligfastheten ikke går utover fremgangen i prosjektet.



## Miljø i bransjen

Byggebransjen står for store deler av verdens klimagassutslipp og må ta ansvar for å redusere dette. Ved at hver enkelt entreprenør og tiltakshaver setter krav, men også at bransjen setter generelle bransjevide tiltak kan man redusere utslipp knyttet til hele byggets livsløp. I karbonoptimaliseringen på Øvre Steinaunet kan man se at de innhentede verdiene fra Betong Øst sier at deres *standard* betong er bedre enn kravene til lavkarbonklasse B, slik det også viste seg i resultatene fra Dyrøy Betong. Etter undersøkelsene som ble gjort kan det altså virke som at man kan se bort fra lavkarbonklasse B, ettersom at betongleverandørenes standard betong er innenfor grensen til denne. Dette er et godt tegn på at betongbransjen allerede jobber mot å være mer miljøvennlige. Betongprodusentene hever miljøbesparelsene både gjennom sine standard betonger og gjennom mer produksjon og bruk av lavkarbonbetong. Disse stegene som betongbransjen har tatt ser man også igjen gjennom flere ulike endinger i standarder og publikasjoner.

I 2019 reviderte Norsk Betongforening sin veiledende publikasjon nr.37 Lavkarbonbetong, slik at det ble nye lavkarbonklasser og nye grenseverdier for de eksisterende klassene. Endringen åpner for og kan motivere til å utvikle enda mer karbonreduert betong. Dette viser at betongbransjen ønsker å jobbe mot mer klimabesparelse. Trenden ser man også hos de utførende aktørene og hos byggherrer. Dette vises blant annet gjennom hvilke krav byggherre setter i konkurransegrunnlag og interessen i slike prosjekt fra entreprenører.

Byggebransjen har allerede begynt å legge mer vekt på miljø i både konkurranseutlysning, tildeling av anbud og i gjennomføring, men dette er fortsatt et tema som stort sett ikke blir vektlagt tungt nok. Uten en klar målsetning vil andre evalueringskriterier som fremdrift, kostnad og sikkerhet bli vektet som viktigere enn reduksjon av klimagassutslipp i forbindelse med valg av løsninger. Det må derfor utarbeides en målsetning med hensyn til bærekraft og klimagassutslipp som må vurderes på lik linje med kostnad og fremdrift. Flere og flere tiltakshavere velger å vektlegge miljø mer som et av tildelingskriteriene, og setter strengere krav til de utførende for prosjektet. Det er stort sett det offentlige som har begynt å sette strengere miljøkrav, eller krav til ulike miljøsertifiseringer. Blant de private aktørene er det varierende hvilken grad de setter krav til miljø. Det er også en del forskjeller geografisk, da det er mer utbredt å ha miljø og klimabesparelse i fokus i de sentrale områdene på Østlandet, og de store byene. Det er byggebransjen selv som må ta ansvar for å redusere de 10% av verdens totale klimagassutslipp som kommer direkte fra konstruksjonsprosessen, og dette gjennom å sette strengere krav til seg selv og andre. (Hamilton & Kennard, 2020)

### 5.3 Usikkerhet

Usikkerhet i forbindelse med denne oppgaven vil bety å være kritisk til de kilder og data som blir brukt, samt å være bevist på hvilke data som er nødvendig for å svare på oppgaven. Informasjonen er gitt av eksterne kilder, som betyr at disse er like pålitelige som kilden selv, som har blitt vurdert av prosjektgruppen som ganske pålitelige. Her er det allikevel rom for usikkerhet ved at metoden til enkelte kilder er ukjente og ikke etterprøvbare for prosjektgruppen.

For kildene som beskriver erfaringer ved bruk er det også en viss usikkerhet ved at disse er gjengitt fra forfatterens perspektiv. Dette kan påvirke kilden til å speile forfatterens egne analyser og meninger om temaene beskrevet. Kildekritikk i denne delen av studiet er derfor viktig for å unngå å basere konklusjoner på en enkelt ekstern forfatters personlige refleksjoner.

Det er også en del usikkerhet knyttet til herdetid for lavkarbonbetong, og hvilke konsekvenser dette vil ha på et prosjekt. Kildene er også delvis motsigende på dette tema, hvor noen hevder å ikke ha opplevd noen forskjell fra standard betong, mens andre rapporterer om tregere fasthetsutvikling. Det er blitt gjort forsøk på fasthetsutvikling for lavkarbonbetong sammenliknet med standard betong under kontrollerte forhold, men det er fortsatt mye usikkerhet knyttet til herdetid for lavkarbonbetong i praksis, og konsekvensen av dette, både med tanke på økonomi og planlegging.

Det er viktig for oppgaven at metoden som har blitt gjennomført og resultatene som har blitt samlet inn er relevante for å klare å svare godt på problemstillingen, og kunne komme til en reflektert konklusjon.

Til slutt er det en usikkerhet knyttet til hva den faktiske miljøbesparelsen og økonomiske konsekvensen vil være for hvert enkelt prosjekt. Med utgangspunkt i at hvert prosjekt er unikt er man avhengig av å gjøre nye beregninger og vurderinger for hvert av elementene i hvert prosjekt, som fører til at man ikke kan si bestemt hva miljøbesparelse og økonomisk konsekvens ved bruk av lavkarbonbetong vil være før disse beregningene er gjort, og det er dermed ikke gitt at disse verdiene vil være like for hvert prosjekt.

## 5.4 Forslag til videre arbeid

For videre arbeid innenfor tema lavkarbonbetong foreslås det først og fremst å gjøre en dypere studie, både for utslipp og økonomi for forskjellige klasser av lavkarbonbetong, og for ulike bedrifters erfaring med bruk av lavkarbonbetong sammenliknet med standard betong i byggeprosjekter.

Det vil også være relevant å gjøre en liknende studie basert på andre leverandører og andre landsdeler enn i dette prosjektet. Pris og utslipp for lavkarbonbetong er svært avhengig av områdene materialene og betongen produseres i, og vil derfor kunne variere med hvor produsenten og byggeprosjektet befinner seg. Dette betyr også at hvilke lavkarbonklasser som kan tilbys av hver produsent avhenger av området, som også kan være et relevant tema å se nærmere på.

Videre vil det være mulig å undersøke mer spesifikke aspekter hos forskjellige typer betong. Herdeprosessen vil være relevant å undersøke, da dette er et aspekt ved lavkarbonbetong som har vist seg å være en større utfordring enn ved standard betong. Innenfor herdeprosessen er det også muligheter for å se nærmere på herdig av betong under forskjellige omstendigheter og klimaer. Endring i omstendigheter kan være for eksempel temperatur, mengde av tilsetningsstoffer, resept, fasthets- og bestandighetsklasse, tildekning og mengde vedlikehold underveis.

Til slutt kan det være relevant å undersøke hvilken effekt flygeaske kommer til å ha på betong i fremtiden. Flygeaske har en positiv effekt på betongens egenskaper, og flere av de mest brukte sementtypene i Norge i dag er tilsatt flygeaske. Produksjonen som flygeaske er et restprodukt av blir brukt mindre og mindre i verden, som igjen fører til minkende mengder flygeaske. Det kan derfor være relevant å gjennomføre en studie basert på effekten av denne utviklingen, både praktisk og økonomisk, og finne eventuelle erstatninger til tilsetningsmaterialet.

## Kapittel 6 Konklusjon

Det er mange måter en kan redusere utslipp fra betongkonstruksjoner på, og det finnes ikke en etablert fasit for hva som er mest effektivt. Dette er fordi hvert prosjekt er unikt og krever en ny vurdering av hva som bidrar til minst mulig utslipp. For å spare klimagassutslipp og kostnader i et prosjekt må man se hele prosjektet i sammenheng, og finne de tiltakene som gir den største gevinsten i hvert enkelt tilfelle. Dersom bærekraft skal brukes som en del av dimensjoneringsgrunnlaget er det viktig å poengtere at isolerte klimabesparende tiltak ikke er tilstrekkelig, men det er den totale klimabesparelsen av alle samlede tiltak som må legges til grunn.

Sammenhengen mellom kostnader og reduksjon i klimagassutslipp blir påvirket av flere faktorer. Kostnad og reduksjon i utslipp er ikke proporsjonale, og resultatene er ulike for hvert prosjekt. De reelle kostnadene blir ikke tydelige før på byggeplass etter at betongen er støpt. Resultatene fra Dyrøy Betong gir ikke et tilstrekkelig grunnlag til å vurdere karbonklasser i en nytte-kostnadsanalyse. Dette gir mindre rom for sammenligning og diskusjon. For å komme til en konklusjon knyttet til betongtyper til Emblem skule prosjektet må flere betongtyper og karbonklasser vurderes.

Ved valg av betong er det mange av avgjørelsene som kan hjelpe til å redusere det totale utslippet på et byggeprosjekt. Bestandighets- og fasthetsklassen på betongen gir mye utslag på klimagassutslippet, og da disse bestemmes av eksponeringsklassen er bestemmelse av eksponering viktig for potensiell miljøbesparelse. På bakgrunn av at hvert prosjekt og hvert element i en betongkonstruksjon er unikt og utsatt for forskjellige miljøer er man derfor avhengig av å gjøre en individuell vurdering av disse for å optimalisere klimabesparelsen. Siden det kan være forskjeller i pris avhengig av produsent, karbonklasse og fasthet og bestandighet, bør også dette være et aspekt som vurderes i valg av betongtype. Man må ta høyde for at det kan bli forandringer i resepter, GWP og pris på lavkarbonbetong i fremtiden, som følger av at tilgangen på type II tilsetningsmaterialer blir redusert, og en del av klimaregnskapet blir overført til restproduktet fra produksjonen av hovedproduktet. Å velge den mest optimale bestandigheten og fastheten, i kombinasjon med den mest klimabesparende karbonklassen vil til sammen gi den største utslippsbesparelsen.

Gjennom hele prosjektet vil hvert enkelt valg og tiltak gi konsekvenser, både kostnadmessige og miljøbesparende. Det er derfor viktig at miljø, bærekraft og utslipp er sentralt helt fra start i planleggingen. Effekten av valg som gjøres tidlig i prosjekteringsfasen vil kunne ha større effekt enn valg som blir tatt senere i byggefasen. Ved hjelp av god planlegging vil man skape flere muligheter til å aktivt velge klimabesparende gjennom alle deler av prosjektet. Planleggingen gjør at man kan unngå de konsekvensene for eksempel bruk av lavkarbonbetong skaper ved å unngå unødige opphold i fremdriften. På denne måten er planlegging og krav til utslipp helt fra starten av prosjektet den største bidragsyteren til å oppnå lavere klimagassutslipp uten en større økning i totale kostnader.

Det er byggebransjen selv som må ta ansvar for å redusere de 10% av verdens totale klimagassutslipp som kommer direkte fra konstruksjonsprosessen, ved å sette strengere krav til seg selv og andre. Byggebransjen har allerede begynt å legge mer vekt på miljø, likevel trenger man videre en klar målsetning om å prioritere miljø og klimareduksjon i alle deler i bransjen, helt fra konkurranseutlysning til valg av løsninger og materialer. Dersom man setter gode bransjevide tiltak, samtidig som entreprenører og tiltakshavere setter krav, og at prosjekter generelt blir mer miljøfokuserte vil man kunne redusere deler av bransjens utslipp. Miljø, bærekraft og utslippsbesparelse må stå mer i fokus for alle i byggebransjen, og må vurderes på lik linje med andre vurderingskriterier og vektlegges mer gjennom hele byggeprosessen.

Det er altså mange måter å bidra til reduksjon av utslipp og det finnes ikke en konkret løsning, ettersom alle prosjekter og betongkonstruksjoner er unike. Alle valg i alle faser i et prosjekt påvirker klimagassutslippet i prosjektet, og gjennom god planlegging vil man legge til rette for at miljøvennlige valg ikke vil gi prosjektet noen store negative konsekvenser. Ved bruk av lavkarbonbetong må man se på utslippene som fasthets-, bestandighets- og karbonklassene sammen bidrar med. Hver enkelt entreprenør og tiltakshaver må sette strengere krav til seg selv og andre rundt, og byggebransjen må sammen jobbe aktivt mot gode, klimabesparende løsninger. For å spare klimagassutslipp og kostnader i et prosjekt må man altså se hele prosjektet i sammenheng, og finne de tiltakene som gir den største gevinsten i hvert enkelt tilfelle. Det er alle disse enkeltinnsparingene som sammen bidrar til reduksjonen av det totale klimagassutslippet.

## Bibliografi

- Andrew, R. (2019). *Global CO2 emissions from cement production* [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.831454>
- Faanes, S. (2020). *Karbonoptimalisering av betongkonstruksjon Boligblokk Trondheim*.
- Greenbuilt. (2020, november 5). *Ekstrem lavkarbonbetong – erfaringer, resultater og innovative løsninger* [Nettstedskort]. Greenbuilt. <https://www.greenbuilt.no/2020/11/05/ekstrem-lavkarbonbetong-erfaringer-resultater-og-innovative-losninger/>
- Grønmo, S. (2020a). Kvantitativ metode. I *Store norske leksikon*. [http://snl.no/kvantitativ\\_metode](http://snl.no/kvantitativ_metode)
- Grønmo, S. (2020b). Kvalitativ metode. I *Store norske leksikon*. [http://snl.no/kvalitativ\\_metode](http://snl.no/kvalitativ_metode)
- Grønmo, S. (2021). forskningsmetode—Samfunnsvitenskap. I *Store norske leksikon*. [http://snl.no/forskningsmetode\\_-\\_samfunnsvitenskap](http://snl.no/forskningsmetode_-_samfunnsvitenskap)
- Hamilton, I., & Kennard, H. (2020). *2020 Global status report for buildings and construction*. United Nations Environment Programme. [https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR\\_FULL%20REPORT.pdf](https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR_FULL%20REPORT.pdf)
- Herdeteknologi*. (2016). Norcem.
- Husby, B. H., Wanvik, J., & Fagervoll, S. S. (2020). *Teknisk program for Emblem skule med volleyballhall* (Nr. 1; s. 93). Ålesund kommunale eigedom KF.
- Institutt for biovitenskap. (2020, november 24). *Karbondioksid*. Universitetet i Oslo. <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/k/karbondioksid.html>
- Miljødirektoratet. (2020, november 13). *Karbondioksid (CO2)*. Miljøstatus. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/co2/>
- Maage, M. (2018). *Betong: Regelverk, teknologi og utførelse*. Fagbokforlaget.
- NESTA & UCAR. (2006). *Carbon Dioxide*. UCAR Center for Science Education. <https://scied.ucar.edu/learning-zone/how-climate-works/carbon-dioxide>
- NS-EN 206:2013+A2:2021+NA:2021*. (2021). Standard Norge.

*Publikasjon nr 37. Lavkarbonbetong.* (2020). Norsk Betongforening.

Sandvik, C. K. (2016). *Visste du dette om betong og miljø.* Norsk Betongforening Miljøkomite.

Skodvin, T. (1999). *Making climate change negotiable: The development of the Global Warming Potential index* [Working paper]. CICERO Center for International Climate and Environmental Research - Oslo. <https://pub.cicero.oslo.no/cicero-xmlui/handle/11250/192428>

Smeplass, S. (2018, april 19). *Herdeteknologi.* Åpent faglig møte, Grimstad. [https://betong.net/wp-content/uploads/%C3%85pent-faglig-m%C3%B8te-19.04.\\_Herdeteknologi.pdf](https://betong.net/wp-content/uploads/%C3%85pent-faglig-m%C3%B8te-19.04._Herdeteknologi.pdf)

Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M. M. B., Miller (eds.), H. L., & Chen, Z. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis* (Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, s. 996). IPCC, FNs Klimapanel. <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/>

Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M. M. B., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., & Midgley, P. M. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* (Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, s. 1535). IPCC, FNs Klimapanel. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

Søyland, K. (2017). *Bærekraftige betongkonstruksjoner* (NO-RAPP-001; s. 74). Norconsult. [https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/miljo+og+omgivelser/klima/klimagassreduksjoner-i-anlegg-og-drift/\\_attachment/2458416?\\_ts=16653a1f170&fast\\_title=B%C3%A6rekraftige+betongkonstruksjoner](https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/miljo+og+omgivelser/klima/klimagassreduksjoner-i-anlegg-og-drift/_attachment/2458416?_ts=16653a1f170&fast_title=B%C3%A6rekraftige+betongkonstruksjoner)

Toldnæs, J. P. (2019). Globale Oppvarmingspotensialer. I *Store norske leksikon*. [http://snl.no/globale\\_oppvarmingspotensialer](http://snl.no/globale_oppvarmingspotensialer)

Ursin, L. (2020, mars 31). *Slik gjør CO2 havet surere.* Energi og Klima. <https://energiogklima.no/to-grader/innsikt/slik-gjor-co2-havet-surere/>

Veidekke Norge. (2021). *Slik jobber vi med miljø:* <http://veidekke.no/om-oss/kompetanse/article7660.ece>

*Veidekkes nye betongstandard.* (2021).

[https://players.brightcove.net/3723496235001/experience\\_604fb293de49340022c67d17/share.html](https://players.brightcove.net/3723496235001/experience_604fb293de49340022c67d17/share.html)

Vogt, J. H. A., & Elgen, A. R. (2018). *Betong med redusert klimagassutslipp til Gullhaug Torg 2A-prosjektet* [Masteroppgave]. NTNU.

"Tabeller fra NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2020 er gjengitt av Kaisa Englund Espe, Håkon Kvamme og Eilin Dahlen Tøftum til bruk i oppgaven *Betongkonstruksjoner - Valg og konsekvenser for klimabesparende tiltak i prosjekter* med tillatelse fra Standard Online AS mai 2021. Standard Online er ikke ansvarlig for eventuelle feil i gjengitt materiale. Se [www.standard.no](http://www.standard.no)."



## Vedlegg

Vedlegg nr.	Tittel	Antall sider
Vedlegg 1	Emblem skule: 2.Del 1 Kvalifikasjonskrav, konkurransebetingelser og tildelingskriterier	20
Vedlegg 2	Øvre Steinaunet: Karbonoptimalisering	3
Vedlegg 3	Forprosjektsrapport	10
Vedlegg 4	Logg	9
Vedlegg 5	Logg – grafisk fremstilling	2
Vedlegg 6	Møtereferat	7

## Invitasjon

25.05.2020


### Oppdragsgivervirksomhet

Ålesund kommunale eiendom KF  
Ann-Iren Sperre


### Anskaffelse

Anskaffelse - Samspillsentreprise Emblem skule, ÅKE, 2020  
20/10136  
Siste søknadsdag: 24.06.2020 12:00


### Symbolforklaring

 Teksten er med i kunngjøringen

 Teksten inngår i kvalifiseringen


 Teksten vil være med i avtalen

 Teksten vil bli publisert i avtalekatalogen

 Teksten/spørsmålet inneholder krav som må oppfylles

 Teksten/spørsmålet inneholder ESPD-krav

 Spørsmålet er vektet og inngår i evalueringen

 Spørsmålet er stilt kun til informasjon

 Spørsmålet besvares av oppdragsgiveren

 Spørsmålet er markert for spesiell oppfølging

## 2. Del 1 - Kvalifikasjonskrav, konkurransebetingelser og tildelingskriterier

### 2.1 Informasjon om anskaffelsen

#### 2.1.1 Oppdragsgiver

Oppdragsgiver og byggherre for denne konkurransen er: Ålesund kommunale eignedom KF (ÅKE).

ÅKE er Ålesund kommunes eiendomsforetak og står som eier av Ålesund kommunes totale eiendomsmasse. Ålesund kommune ligger i Møre og Romsdal fylke. Kommunen er et tjeneste- og kommunikasjonsknutepunkt i regionen. Kommunen har et stort og eksportrettet næringsliv.

#### Konkurransgjennomføring:

Utlysning av konkurranse, samt mottak av tilbud og tildeling av oppdraget gjennomføres av avdelingen for konsernin kjøp i Ålesund kommune.

WSP Norge AS har avtale med Ålesund kommunale Eignedom (ÅKE) for å bistå i programmering, utarbeidelse av kravspesifikasjon/teknisk beskrivelse og gjennomføring av prosjektet "Samspillsentreprise, Emblem skule". WSP vil også være ansvarlig for evaluering av de innkomne tilbudene sammen med ÅKE og konsernin kjøp i Ålesund kommune.

#### 2.1.2 Formålet med anskaffelsen

Ålesund kommune inviterer med dette til konkurranse om prosjektet "Samspillsentreprise, Emblem skule" i Ålesund.

Formålet med konkurransen er å anskaffe en (1) totalentreprenør med sine kontraktmedhjelpere for

prosjektering, bygging og prøvedrift av ny barneskole med tilhørende uteområder. Skolen skal inneha alle primære skolefunksjoner. Eksisterende barneskole skal rives.

Det er valgt samspillsentreprise som gjennomføringsmodell for prosjektet, noe som medfører at prosjektets karakter og utførelse kan endres underveis. Se vedlagte avtaledokumenter og <https://www.anskaffelser.no/verktoy/veiledere/veileder-om-samspillsentreprise> for nærmere beskrivelse.

Prosjektet er besluttet med bystyrevedtak 028/18 og 131/18 og kommunestyrevedtak 85/19 (12.12.19). Det skal bygges ny barneskole for to paralleller.

Totalentreprenør planlegges kontrahert høsten 2020, med direkte oppstart av samspill. Ferdigstilling av prosjektet og oppstart av prøvedriftsperiode er planlagt i løpet av 2022.

Prosjektet omfatter prosjektering, planlegging og gjennomføring av:

1. Ny barneskole
2. Volleyballhall i tilknytning til den nye barneskolen
3. Utomhus område for barneskolen med nødvendige anlegg
4. Rivning av eksisterende barneskole

Oppdragsgiver ønsker at følgende opsjoner skal prises ved tilbudsinnlevering:

1. Fastpris indeksregulering
2. Håndballhall
3. Interiørarkitekt
4. Elbillading
5. Bergvarmepumpe
6. Solceller
7. Human centric lightning
8. Kortlåser – nøkkelfritt bygg
9. Fossilfri byggeplass

<b>Samlet arealoversikt</b>	
	<b>NTA</b>
Skolefunksjoner	3000
Volleyball (16x24)	600
<b>Samlet areal</b>	<b>3600</b>

Fullstendig beskrivelse av leveransen, herunder periode for prosjektgjennomføring, rom- og funksjonsprogram, reguleringsstatus og miljø- og energistrategi, følger av konkurransegrunnlagets Del 2.

**Entrepriseform:**

Kontrakten er delt inn i en samspillsfase (fase 1) basert på NS 8401:2010 "Prosjekteringsoppdrag", og en gjennomføringsfase (fase 2) basert på NS 8407:2011 "Totalentreprise".

I samspillsfasen legges det opp til stor grad av samhandling, og i gjennomføringsfasen gjelder det en plikt til utvidet samarbeid. Siktemålet i begge faser er å sikre at byggherren knytter til seg aktører som kan og vil påvirke prosjektforløp- og resultat.

**Merknader:**

Oppdraget går i første omgang frem til ferdig fase 1. Oppdragsgiver tar forbehold om at dersom kostnadskalkylen viser at kostnadene totalt sett blir for store, eller om det f.eks. blir fattet politiske vedtak om stopp i prosjektet, eller at videre samarbeid med entreprenør ikke er mulig kan oppdragsgiver måtte avslutte oppdraget etter fase 1. I konkurransen beskriver vi oppdraget med utgangspunkt i at fase 1 og 2 skal gjennomføres. Valgt leverandør vil til enhver tid ha krav på betaling for den delen av oppdraget som er utført. Leverandør vil ikke kunne kreve kompensasjon for evt. avslutning av prosjektet etter fase 1.

Oppdragsgiver tar forbehold om at dersom det blir fattet politiske vedtak som endrer eller stopper prosjektet vil dette medføre at konkurransen kan måtte avlyses i sin helhet. Dette kan skje før tilbudsfrist eller mellom tilbudsfrist og før kontraktsinngåelse.

Leverandør vil ikke kunne kreve kompensasjon ved en evt. avlysning av konkurransen.

**2.1.3 Regler og prosedyre for konkurransen**

Anskaffelsen gjennomføres i henhold til lov om offentlige anskaffelser av 17. juni 2016 (LOA) og forskrift om offentlige anskaffelser (FOA) FOR 2016-08-12-974. del I og del III. Kontraktstildeling vil bli foretatt etter prosedyren konkurranse med forhandling etter forutgående kunngjøring, jfr. FOA § 13-2 bokstav b) og c).

**Utvelgelseskriterier**

Anskaffelsen innledes med denne kvalifiseringen. Oppdragsgiver vil begrense antall leverandører som blir invitert til å gi tilbud, jf. FOA § 16-12. Såfremt det foreligger et tilstrekkelig antall kvalifiserte leverandører som oppfyller kvalifikasjonskravene vil antall deltakere som blir invitert til å gi tilbud bli begrenset til 3 leverandører.

Utvelgelsen vil skje på grunnlag av hvor stor grad de beskrevne referanseprosjektene i konkurransegrunnlagets punkt 2.2.6.4 kvalifikasjonskravet "Erfaring" er relevante for dette prosjektet. En innkjøpsfaglig samlet vurdering vil bli lagt til grunn, og det vil legges vekt på erfaring ifra:

- Undervisningsbygg, idrettshaller, flerbruksbygg
- Bygg med miljøambisjoner
- Bygg med ambisjoner for energieffektivitet
- Samspill og samarbeid

**Forhandlinger og endelig tilbud**

Etter tilbudsinnlevering fra de 3 utvalgte leverandørene, forhandlinger og eventuelle reviderte tilbud vil det bli gitt en siste felles frist for innlevering av endelig tilbud. Det er ikke adgang til å forhandle om det endelige tilbudet. Etter innlevering av endelig tilbud vil det foretas en evaluering av tilbudene og kontrakt vil bli tildelt. Forhandlingene kan innebære dialog både i form av rettinger og avklaringer, samt reelle forhandlinger. Viser til konkurransegrunnlagets punkt 2.6 "Gjennomføring av forhandlinger" for mer

informasjon.

Oppdragsgiver forbeholder seg retten til å tildele kontrakt uten å gjennomføre forhandlinger, jfr. FOA § 23-7 (5).

Det gjøres oppmerksom på at tilbud som inneholder vesentlige avvik fra anskaffelsesdokumentene skal avvises etter forskrift om offentlige anskaffelser § 24-8 (1) b. En slik avvisning vil utelukke muligheten for leverandør til å forhandle om sitt tilbud.

## 2.1.6 Kunngjøring

Kvalifikasjonsgrunnlaget er kunngjort i DOFFIN- og TED-databasen - se [www.doffin.no](http://www.doffin.no)

## 2.1.7 Fremdriftsplan

Kunngjøring i Doffin/ TED:	20.05.2020
Søknadsfrist for å levere forespørsel om deltagelse i konkurransen:	24.06.2020 12:00
Utsendelse av invitasjon med komplett konkurransegrunnlag til kvalifiserte leverandører:	06.07.2020
Tilbudsbefaring/konferanse (for de kvalifiserte leverandørene som skal gi tilbud):	Tidspunkt oppgis etter kvalifiseringsrunden.
Referat fra tilbudsbefaring/konferanse:	Utarbeides etter tilbudsbefaring og publiseres i Tendsign.
**Frist for å stille spørsmål til konkurransen via Tendsign:	14.09.2020
Tilbudsfrist:	28.09.2020 12:00
Tilbudets vedståelsesfrist	27.12.2020
***Evaluering og evt. Forhandlinger	Uke 40 - 44 (2020)
Meddelelse om valg av leverandør:	30.10.2020

\*\*Grunnet ferieavvikling i juli/august kan leverandør oppleve noe lenger svartid på sine spørsmål i denne perioden.

\*\*\*Det legges opp til evt. forhandlingsmøter i Ålesund kommune. Det er ønskelig med stedlig oppmøte, men det kan også tilrettelegges for Skype, med tanke på dagens nasjonale smittevernregler, jfr. COVID-19.

Ved søknadsfrist stenges Tendsign (Konkurransegjennomføringssystemet) slik at det ikke lenger vil være mulig å levere søknad.

Kontraktsinngåelse snarest etter utløp av karenstid.

Det gjøres oppmerksom på at tidspunktene etter tilbudsfristen er foreløpige.

Det er ingen frist for å stille tekniske spørsmål om KGV-systemet. Tekniske spørsmål kan stilles til Visma support på epost: [support.tendsign@visma.no](mailto:support.tendsign@visma.no) eller til kontaktperson for konkurransen.

### **2.1.8 Tilbudsbefaring/konferanse**

Oppdragsgiver vil invitere de 3 utvalgte leverandørene til tilbudskonferanse. Tidspunkt oppgis etter kvalifiseringsrunden. Formålet med konferansen er å gi leverandørene informasjon om anskaffelsen, og gi leverandørene anledning til å stille spørsmål.

Det er ønskelig med stedlig oppmøte i Ålesund men det kan også tilrettelegges for Skype, med tanke på dagens nasjonale smittevernregler, jfr. COVID-19.

Det vil bli utarbeidet et referat fra tilbudskonferansen som vil bli lagt ut i Tendsign (KGV). Referatet vil være en del av konkurransegrunnlaget.

### **2.1.9 Avtalevilkår**

Som alminnelige kontraktsbestemmelser for samspillsfasen (fase 1) gjelder:

- a. Kontraktvilkår fase 1 "Samspillsfasen" (Se konkurransegrunnlagets Del 2, Vedlegg B.1)
- b. Referat fra kontraktsmøter xx.xx.xxxx
- c. Totalentreprenørens tilbud datert xx.xx.xxxx
- d. Spørsmål og svar angående konkurransegrunnlaget (fra konkurransefasen)
- e. Konkurransegrunnlaget
- f. NS 8401:2011 "Alminnelige kontraktsbestemmelser for prosjektering"

Som alminnelige kontraktsbestemmelser for gjennomføringsfasen (fase 2) gjelder:

- a. Kontraktvilkår fase 2 "Gjennomføringsfasen", med Ålesund kommune sine seriositetsbestemmelser (Se konkurransegrunnlagets Del 2, Vedlegg B.2)
- b. Referater og annet materiale fra forhandlinger og oppklarende drøftelser, som er godkjent av begge parter
- c. Godkjent forprosjekt
- d. Avtale for utviklingsfasen (fase 1)
- e. Totalentreprenørens tilbud
- f. Referat fra tilbudsbefaring/konferanse
- g. Konkurransegrunnlaget
- h. NS 8407:2011 "Alminnelige kontraktsbestemmelser for totalentrepriser"

### **2.1.10 Rettelser, suppleringer eller endringer i konkurransegrunnlaget**

Innen tilbudsfristens utløp har oppdragsgiver rett til å foreta rettelsler, suppleringer og endringer av kvalifikasjonsgrunnlaget som ikke er av vesentlig karakter.

Rettelser, suppleringer eller endringer vil umiddelbart bli sendt alle som har lastet ned konkurransegrunnlaget. Opplysninger om rettelsler, suppleringer og endringer formidles via meldingssystemet i KGV (Visma Tendsign). Opplysningene som oppdragsgiver gir på forespørsel fra en leverandør, blir umiddelbart også gitt til alle de øvrige.

### 2.1.11 Tilleggsopplysninger

Dersom leverandør finner at kvalifikasjonsgrunnlaget ikke gir tilstrekkelig veiledning, inneholder uklarheter eller feil, skal leverandør avklare dette gjennom spørsmål- og svarfunksjonen i Tendsign.

### 2.1.12 Oppdragsgivers kontaktinformasjon

Navn: Ann-Iren Sperre

Telefon: +47 930 88 955

Epost: ann-iren.sperre@alesund.kommune.no

(Minner om at alle tilbudsrelaterte spørsmål **skal** stilles i den elektroniske tilbudsinnleveringsportalen TendSign)

## 2.2 Krav til leverandør - Kvalifikasjonskrav

### 2.2.1 Kvalifikasjonskrav

Oppdragsgiver stiller krav til leverandørenes kvalifikasjoner. Kvalifikasjonskrav er minimumskrav til leverandør. Leverandørens kvalifikasjoner vil bli vurdert ut fra innlevert dokumentasjon. Kravene til dokumentasjon angis nedenfor i tilknytning til det enkelte kvalifikasjonskrav. Se konkurransegrunnlag Del 1 vedlegg 1.5 for dokumentoversikt i forbindelse med kvalifikasjonskrav. Denne oversikten er for ordens skyld i tillegg til den elektroniske/automatiske oversikten i Tendsign.

Leverandøren må oppfylle kvalifikasjonskravene nedenfor for å kunne være kvalifisert for deltakelse i konkurransen. Det er kun kvalifiserte leverandører som eventuelt inviteres til å levere tilbud.

### 2.2.2 Dokumentasjonskrav – ESPD



Som en foreløpig dokumentasjon på oppfyllelse av kvalifikasjonskrav, at det ikke foreligger avvsningsgrunner og eventuelt oppfyllelse av utvelgelseskriterier skal leverandør fylle ut «vedlegg 4 - ESPD egenklæring». Utfylt skjema skal leveres sammen med kvalifikasjonssøknaden.

Oppdragsgiver kan på ethvert tidspunkt i konkurransen be leverandør levere alle eller deler av dokumentasjonsbevisene dersom det er nødvendig for å sikre at konkurransen gjennomføres på riktig måte.

For å kunne få sin kvalifikasjonssøknad vurdert må leverandør levere utfylt ESPD-egenerklæring om at leverandør oppfylder samtlige av de kvalifikasjonskravene som er oppgitt nedenfor. Den leverandøren som blir innstilt til kontraktsinngåelse må før kontrakt inngås dokumentere oppfyllelse av kvalifikasjonskravene i henhold til de opplyste dokumentasjonskrav. Innholdet av kravene, samt hva som er gyldig dokumentasjon er beskrevet videre i dette dokumentet (kvalifikasjonskrav), samt angitt i kunngjøringen.

Om ESPD-egenerklæringsskjema:

«Vedlegg 4 – ESPD-egenerklæringsskjema» er et midlertidig bevis for at leverandør oppfyller

kvalifikasjonskravene, og at det ikke foreligger avvisningsgrunner.

Dersom leverandør mener at kvalifikasjonskravene angitt i kvalifikasjonsgrunnlaget er oppfylt, kan dette angis ved å huke av for a: "samlet angivelse for alle kvalifikasjonskravene" under Del IV: Kvalifikasjonskrav i ESPD-skjema.

#### Bruk av underleverandør:

Leverandør må i opprettelse av tilbudet i Tendsign oppgi om leverandør skal benytte underleverandører til å utføre oppdraget. Dersom underleverandører benyttes skal en ESPD-egenerklæring fylles ut, signeres og vedlegges tilbudet for hver underleverandør som benyttes.

#### a. Legg ved utfylt og signert ESPD-skjema.

Vedlagt fil

Obligatoriske krav - Del 1



#### b. Oppdragsgivers vurdering

Ja/Nei. Ja kreves

Obligatoriske krav - Del 1



## 2.2.3 Nasjonale avvisningsgrunner



I henhold til ESPD del III: Avvisningsgrunner, seksjon D: «Andre avvisningsgrunner som er fastsatt i den nasjonale lovgivingen i oppdragsgiverens medlemsstat» De norske anskaffelsesreglene går lenger enn hva som følger av avvisningsgrunnene angitt i EUs direktiv om offentlige anskaffelser og i standardkjemaet for ESPD. Det presiseres at i denne konkurransen er også alle avvisningsgrunnene i anskaffelsesforskriftens § 24-2 gjeldende, inkludert de rent nasjonale avvisningsgrunnene.

Følgende avvisningsgrunner i anskaffelsesforskriften § 24-2 er rent nasjonale avvisningsgrunner:

- §24-2(2). I denne bestemmelsen er det angitt at oppdragsgiver skal avvise en leverandør når han er kjent med at leverandøren er rettskraftig dømt eller har vedtatt et forelegg for de angitte straffbare forholdene. Kravet til at oppdragsgiver skal avvise leverandører som har vedtatt forelegg for de angitte straffbare forholdene er et særnorsk krav.

- §24-2(3) bokstav i. Avvisningsgrunnen i ESPD skjemaet gjelder kun alvorlige feil i yrkesutøvelsen, mens den norske avvisningsgrunnen også omfatter andre alvorlige feil som kan medføre tvil om leverandørens yrkesmessige integritet.

## 2.2.4 Økonomisk og finansiell kapasitet

### 2.2.4.1 Attest for skatt og merverdiavgift



**Krav (skal dokumenteres oppfylt av totalentreprenør, arkitekt og landskapsarkitekt):**

Leverandør må ha ordnede forhold med hensyn til betaling av skatt, arbeidsgiveravgift og merverdiavgift i henhold til lovbestemmelsene.

**Dokumentasjonskrav:**



For norske leverandører: Leverandør må i tilbudsinnleveringen gi samtykke til at Tendsign innhenter og at oppdragsgiver får opplysninger om ovennevnte via Tendsign.

Dersom leverandør ikke samtykker til dette, må leverandør fremlegge attest for skatt og merverdiavgift. Attesten skal ikke være eldre enn 6 måneder regnet fra tilbudfristens utløp. Eventuelle restanser eller andre misligheter må begrunnes. (Leverandør kan selv hente ut [elektronisk skatte- og MVA-attest](#), og umiddelbart få den tilsendt på e-post.)

For utenlandske leverandører: Leverandør som ikke er etablert i Norge skal levere tilsvarende dokumentasjon utstedt av myndighetene i det landet leverandør er etablert. Attest skal fortrinnsvis være oversatt til norsk, men det aksepteres også svensk, dansk og engelsk språk.

### 2.2.4.2 Kredittvurdering



#### **Krav (skal dokumenteres oppfylt av totalentreprenør, arkitekt og landskapsarkitekt):**

Det kreves økonomisk kapasitet til å gjennomføre kontrakten. Det kreves minimum at leverandør er kredittverdig, A i henhold til Bisnode AS med tjenesten CreditPro, eller har økonomisk kapasitet til å gjennomføre kontrakten basert på oppdragsgivers skjønn i henhold til vedlagt dokumentasjon fra leverandør.

Nyetablerte selskap: Nyetablerte selskap må ha økonomisk kapasitet til å gjennomføre avtalen.

#### **Dokumentasjonskrav:**

Oppdragsgiver vil selv gjennomføre en vurdering av økonomien til leverandør gjennom firma- og regnskapsinformasjonssystemet Bisnode AS ([www.soliditet.no/creditcontrol](http://www.soliditet.no/creditcontrol)) med tjenesten CreditPro.

Oppdragsgiver godtar ikke kredittvurderinger fra andre firma- og regnskapsinformasjonssystem enn Bisnode AS med tjenesten CreditPro på grunn av likebehandling av leverandørene.

Leverandør kan i tilbudet vedlegge annen nødvendig informasjon dersom leverandør mener at Bisnode/CreditPro ikke gir riktig bilde av den økonomiske situasjonen.

Nyetablerte selskap: Nyetablerte selskap som ikke har opparbeidet seg grunnlag for kredittvurdering må vedlegge erklæring fra bank eller lignende finansieringsinstitusjoner vedrørende firmaets finansielle og økonomiske stilling.

Dette gjelder også utenlandske leverandører.

## 2.2.6 Teknisk og faglige kvalifikasjoner

### 2.2.6.1 Kvalitetsstyringssystem



#### **Krav (skal dokumenteres oppfylt av totalentreprenør, arkitekt og landskapsarkitekt):**

Det kreves et godt og velfungerende kvalitetsstyringssystem for ytelsene som skal leveres.

#### **Dokumentasjonskrav:**

Det skal vedlegges en kortfattet beskrivelse av det helhetlige kvalitetsstyringssystemet leverandør vil legge til grunn for gjennomføringen av avtalen, i tillegg til kopi av innholdsfortegnelse. Redegjørelsen skal være på maks 2 A4-side.

Dersom leverandøren er sertifisert etter ISO 9001 eller tilsvarende sertifiseringsordninger er det tilstrekkelig å legge ved kopi av systemsertifikat utstedt av akkrediterte sertifiseringsorganer.

**a. Legg ved dokumentasjon iht. krav**

Vedlagt fil

Obligatoriske krav

**b. Oppdragsgivers vurdering**

Ja/Nei. Ja kreves

Obligatoriske krav



### 2.2.6.2 Miljøkompetanse

**Krav (skal dokumenteres oppfylt av totalentreprenør, arkitekt og landskapsarkitekt):**

Leverandøren skal ha tilstrekkelig relevant miljøkompetanse, styringssystemer og rutiner for kvalitetssikring for å sikre at ytelsen blir utført på en miljømessig riktig måte.

**Dokumentasjonskrav:**

Det skal vedlegges en redegjørelse for leverandørens miljøpolicy og retningslinjer for miljøoppfølging, i tillegg til kopi av innholdsfortegnelsen. Redegjørelsen skal være på maks. 2 A4-sider.

Dersom leverandøren er sertifisert etter EMAS, ISO 14001, Miljøfyrtårn eller tilsvarende sertifiseringsordninger er det tilstrekkelig å legge ved kopi av systemsertifikat utstedt av akkrediterte sertifiseringsorganer.

**a. Legg ved dokumentasjon iht. krav**

Vedlagt fil

Obligatoriske krav

**b. Oppdragsgivers vurdering**

Ja/Nei. Ja kreves

Obligatoriske krav



### 2.2.6.3 System for ivaretagelse av SHA og HMS

**Krav (skal dokumenteres oppfylt av totalentreprenør, arkitekt og landskapsarkitekt):**

Leverandøren skal ha et godt og velfungerende system for ivaretagelse av krav til HMS og implementering av SHA.

**Dokumentasjonskrav:**

Det skal vedlegges en redegjørelse for leverandørens helse, miljø og sikkerhetspolicy, i tillegg til kopi av innholdsfortegnelsen. Redegjørelsen skal være på maks. 2 A4-sider.

Det gjøres oppmerksom på at HMS-egenerklæring ikke er tilstrekkelig dokumentasjon for å bevise at kravet er oppfylt.

**a. Legg ved dokumentasjon iht. krav**

Obligatoriske krav



Vedlagt fil

**b. Oppdragsgivers vurdering**

Obligatoriske krav



Ja/Nei. Ja kreves

**2.2.6.4 Erfaring (referanseprosjekter)**

Dette kvalifikasjonskravet skal dokumenteres oppfylt *separat* av hvert av de tre fagfeltene:

- Totalentreprenør
- Arkitekt
- Landskapsarkitekt

**Krav:**

Det kreves at totalentreprenør, arkitekt og landskapsarkitekt har erfaring fra tilsvarende oppdrag. Med tilsvarende oppdrag menes oppdrag av samme art, kompleksitet og omfang, jfr. beskrivelse av oppdraget i konkurransegrunnlagets Del 2.

**Dokumentasjonskrav:**

Totalentreprenør/arkitekt/landskapsarkitekt skal fylle ut vedlegg 1.6 "Mal for referanseprosjekter", og oppgi de 3 mest relevante oppdragene i løpet av de 10 siste årene. For hvert referanseoppdrag skal det opplyses om oppdragets innhold og omfang, verdi, periode for gjennomføring, oppdragsgiver og navn og kontaktinformasjon for referanseperson.

Det er leverandørens ansvar gjennom beskrivelsen å dokumentere at oppdraget har relevans for det oppdraget som skal utføres i denne konkurransen. Oppdragsgiver forbeholder seg retten til å kontakte referansene for å få disse verifisert.

**a. Legg ved dokumentasjon iht. krav**

Obligatoriske krav



Vedlagt fil

**b. Oppdragsgivers vurdering**

Obligatoriske krav



Ja/Nei. Ja kreves

**2.3 Krav til tilbudet****2.3.1 Kvalifikasjonssøknad**

Bemyndiget person hos leverandør skal fylle ut kvalifikasjonssøknad (vedlegg 1.1), og vedlegge dette som PDF- dokument i søknaden. Pga. koronaviruset Covid-19 fravikes kravet om signering av dokumentet.

Leverandør er bundet av sitt tilbud i henhold til vedståelsesfristen som er fastsatt for denne konkurransen.

**a. Legg ved dokumentasjon i henhold til krav.**

Vedlagt fil

Obligatoriske krav - Del...

**b. Oppdragsgivers vurdering**

Ja/Nei. Ja kreves

Obligatoriske krav - Del...



### 2.3.2 Underleverandører



Dersom leverandøren planlegger å overlate en vesentlig del av kontrakten til underleverandør(er) skal det gis en kort beskrivelse av underleverandør(ene) og hvilken del/ deler av oppdraget underleverandør skal utføre. Det stilles samme krav til underleverandør som til hovedleverandør. Leverandør skal kunne fremlegge dokumentasjon på skatteattest, skatteattest mva, osv. på forespørsel fra oppdragsgiver.

Leverandør som benytter seg av underleverandør i henhold til overnevnte **MÅ** i tilbudet vedlegge en forpliktende erklæring med en kort beskrivelse av underleverandør og hvilken del/deler av oppdraget underleverandør skal utføre.

Oppdragsgiver viser ellers til punkt 10.1 i NS 8407 "Valg av kontraktsmedhjelpere".

**Dokumenteres ved:**

Egenerklærings skjema - forpliktelseserklæring (Vedlegg 1.2) eller tilsvarende.

Totalentreprenør skal levere forpliktelseserklæring i forbindelse med at de underretter byggherre om bruk av kontraktsmedhjelpere iht. punkt 10.1 i NS 8407. Det skal leveres en forpliktelseserklæring pr. underleverandør som benyttes.

**a. Oppdragsgivers vurdering**

Ja/Nei. Ja kreves

Obligatoriske krav - Del...

**b. Beskriv bruk av underleverandør**

Fritekst

Obligatoriske krav - Del...



### 2.3.3 Søknad fra leverandørgruppe - solidaransvar



Leverandører som inngir søknad i fellesskap skal vedlegge søknaden en avtale om forpliktende samarbeid og solidarisk ansvar som er undertegnet av samtlige deltakere i gruppen. Leverandørgruppen skal levere en felles søknad. Det skal fremkomme av søknaden hvem som skal representere gruppen i kontakt med oppdragsgiver.

Oppdragsgiver forutsetter at leverandører som inngir forespørsel i fellesskap selv forsikrer seg om at samarbeidet ikke er i strid med reglene i lov om konkurranse mellom foretak og kontroll med

foretakssammenslutninger (konkurranseloven) av 5. mars 2004 nr.12.

Vi gjør oppmerksom på at samtlige deltakere i leverandørgruppen, skal levere separate og signerte egenerklærings skjema (ESPD).

### 2.3.4 Kostnader ved utarbeidelse av tilbud



Oppdragsgiver viser til punkt 2.5.3 " Godtgjørelse til utvalgte leverandører". Utover det som er hensyntatt i dette punktet, vil leverandør selv bære alle kostnader relatert til tilbudet og deltakelsen i konkurransen.

### 2.3.5 Alternative tilbud

Det er ikke anledning til å levere alternative tilbud.

### 2.3.6 Deltilbud

Det er ikke anledning til å gi tilbud på deler av oppdraget.

### 2.3.7 Avvik og forbehold



Det er ikke anledning til å ta vesentlige forbehold mot krav og spesifikasjoner i konkurransegrunnlaget.

Eventuelle andre forbehold skal være presise og entydige, og beskrives med en henvisning til konkrete punkter i dokumentene/spørsmålene. Det skal i tilbudsbekreftelsesbrevet (vedlegg 1) redegjøres presist og entydig for ethvert forbehold mot kontraktsvilkårene eller avvik fra kravspesifikasjonene, slik at oppdragsgiver kan vurdere disse uten kontakt med leverandør.

Oppdragsgiver skal kunne vurdere forbehold uten kontakt med leverandør.

*Vesentlige forbehold, og forbehold/avvik som kan medføre tvil om hvordan tilbudet skal bedømmes i forhold til de øvrige tilbudene, vil føre til at tilbudet avvises.*

#### Oppdragsgivers vurdering

Ja/Nei. Ja kreves

Obligatoriske krav - Del...



### 2.3.8 Innlevering av kvalifikasjonssøknad

Kvalifikasjonssøknad kan kun leveres via KGV (Visma Tendsign). Eventuelle vedlegg skal lastes inn i KGV (Visma Tendsign) før innlevering.

Samtlige dokumenter, og annen kommunikasjon tilknyttet kvalifikasjonsgrunnlaget skal være på norsk.

Søknad om kvalifikasjon som blir levert eller sendt per post/e-post vil bli avvist.

Det anbefales at kvalifikasjonsgrunnlaget leveres i god tid før søknadsfristens utløp. Skulle det komme tilleggsinformasjon fra oppdragsgiver som fører til at leverandør ønsker å endre søknaden før søknadsfristen utgår, kan leverandør gå inn og åpne søknaden, gjøre eventuelle endringer og levere ny søknad helt til søknadsfristen utgår. Den siste leverte søknaden regnes som den endelige søknaden.

### 2.3.9 Behandling av personopplysninger (GDPR)

#### Om behandlingsansvarlig og det rettslige grunnlaget for behandlingen:

Ålesund kommune er behandlingsansvarlig for kommunens behandling av personopplysninger.

Hensikten med dette avsnittet er å gi informasjon om hvordan og hvorfor Ålesund kommune behandler personopplysninger, samt hvilke rettigheter den enkelte har i forbindelse med anskaffelsesprosesser som gjennomføres av Ålesund kommune.

Personopplysninger er all informasjon som direkte eller indirekte kan identifisere en enkeltperson. Det omfatter både faktaopplysninger om en person, vurderinger som er gjort om personen og andre opplysninger som kan knyttes til en person.

Behandling av personopplysninger er bare lovlig dersom det har hjemmel i personvernlovgivningen. Den mest aktuelle hjemmelen er i vårt tilfelle artikkel 6, bokstav f) i personvernforordningen som fastsetter at behandling er lovlig der «*behandlingen er nødvendig for formål knyttet til de berettigede interessene som forfølges av den behandlingsansvarlige eller en tredjepart, med mindre den registrertes interesser eller grunnleggende rettigheter og friheter går foran og krever vern av personopplysninger, særlig dersom den registrerte er et barn*»

Ålesund kommune vil sørge for forsvarlig og lovlig behandling av personopplysninger, og vil kun benytte personopplysningene til uttrykkelig angitte og legitime formål, i samsvar med relevant lovgivning.

#### Hvor hentes opplysningene fra:

I forbindelse med anskaffelser legger leverandørene inn dokumenter i vårt digitale konkurransegjennomføringsverktøy (KGV) som inneholder personopplysninger. Dette vil typisk være navn og stilling til personer som har fullmakt til å inngi tilbud på vegne av leverandøren og CV(er) til tilbudt personell.

#### Hvem har tilgang til personopplysningene:

Oppdragsiver vil begrense personopplysninger til det som strengt tatt er nødvendig for å kunne evaluere innkomne tilbud.

Tilbudene lastes ned til lokal mappe og er tilgjengelig for de som har tilgang til dette området.

Avtale med valgt(e) leverandør(er) vil bli lagt på deltakende kommuner/selskap sin avtaleleser, og vil være tilgjengelig for ansatte.

Arkivverdig dokumentasjon lagres i kommunens arkivsystem, Websak Fokus. Arkivet er opprettet i henhold til reglene i arkivloven og følger arkivlovens regler for arkivering.

I noen tilfeller vil kommunen måtte dele oppgitte personopplysninger med andre databehandlere. I anskaffelser vil dette typisk være leverandør av digitalt KGV. I vårt tilfelle er dette Visma Tendsign. Kommunen inngår databehandleravtaler i samsvar med kravene i personopplysningsloven.

Vi gjør oppmerksom på at offentlige myndigheter også kan pålegge oss å utgi dine opplysninger med skatteetaten og NAV eller andre tilsynsmyndigheter.

#### Hva bør ikke leveres som en del av tilbudet:

Leverandør må forholde seg til å levere etterspurt informasjon. Eksempelvis der CV'er etterspurt i konkurransegrunnlaget: benytt mal i konkurransegrunnlaget og slett informasjon som ikke er relevant for det oppdraget som skal utføres.

[Les mer om personopplysningsloven og GDPR:](https://www.datatilsynet.no/regelverk-og-verktoy/lover-og-regler/personvernregelverket/hva-er-nytt/)

<https://www.datatilsynet.no/regelverk-og-verktoy/lover-og-regler/personvernregelverket/hva-er-nytt/>

Spørsmål:

Dersom leverandør har spørsmål til behandlingen av personopplysninger kan leverandør ta kontakt med Ålesund kommune eller avtaleansvarlig.

## 2.4 Diverse bestemmelser

### 2.4.1 Ethiske og sosiale krav - Egenerklæring

Totalentreprenør, arkitekt og landskapsarkitekt er iht. avtalevilkårene forpliktet til å etterleve etiske og sosiale krav i egen virksomhet i henhold til vedlegg 1.3, samt bidra til etterlevelse hos den eller de underleverandører som medvirker til oppfyllelse av denne kontrakt.

**Leverandør, arkitekt og landskapsarkitekt skal fylle ut "egenerklærings skjema - etiske og sosiale krav" (Vedlegg 1.3).**

#### a. Legg ved dokumentasjon i henhold til krav

Vedlagt fil

Obligatoriske krav - Del 1



#### b. Oppdragsgivers vurdering

Ja/Nei. Ja kreves

Obligatoriske krav - Del 1



### 2.4.2 Meddelelse om valg av kvalifiserte leverandører

Oppdragsgiver informerer alle leverandører skriftlig dersom deres kvalifikasjonssøknad blir avvist eller ikke blir funnet god nok til at leverandør får anledning til å levere tilbud i konkurransen.

Meddelelsen vil inneholde en begrunnelse for hvorfor leverandørene ikke anses som kvalifiserte, evt. hvorfor leverandørene ikke nådde opp i kvalifikasjonsrunden.

### 2.4.3 Forbud mot at oppdragsgiverens ansatte deltar i konkurransen

En ansatt hos oppdragsgiver kan ikke delta i konkurranse eller inngå kontrakt med den administrasjonen hvor han gjør tjeneste. Det samme gjelder firma som helt eller i overveiende grad eies av en eller flere av oppdragsgiverens ansatte.

### 2.4.4 Frist for begjæring om midlertidig forføyning

I medhold av FOA § 20-7 settes frist for fremsettelse av midlertidig forføyning mot oppdragsgiver til 15 dager fra dagen etter at oppdragsgiver har sendt meddelelse etter FOA § 24-10 tredje ledd eller § 16-12 fjerde ledd.

## 2.5 Tilbud og tilbudsutforming

Kapittel 2.5 (dette) til og med punkt 2.6.2 er kun aktuelt for de leverandørene som har blitt kvalifisert og utvalgt til å få levere tilbud etter kvalifikasjonsrunden. Bestemmelsene nedenfor gjelder derfor kun for de 3 utvalgte leverandørene.

### 2.5.1 Innlevering av tilbud



Tilbud kan kun leveres via KGV (Visma Tendsign). Eventuelle vedlegg skal lastes inn i KGV (Visma Tendsign) før innlevering.

Samtlige dokumenter, og annen kommunikasjon tilknyttet tilbudet skal være på norsk.

Tilbud levert eller sendt per post/e-post vil bli avvist.

Det anbefales at tilbudet leveres i god tid før tilbudsfristens utløp. Skulle det komme tilleggsinformasjon fra oppdragsgiver som fører til at leverandør ønsker å endre tilbudet før tilbudsfristen utgår, kan leverandør gå inn og åpne tilbudet, gjøre eventuelle endringer og levere nytt tilbud helt til søknadsfristen utgår. Det siste leverte tilbudet regnes som den endelige tilbudet.

### 2.5.2 Levering av fysiske dokumenter (i tillegg til elektronisk)



Leverandørene skal, i tillegg til å levere tilbudet elektronisk i henhold til punkt 2.5.1, innen tilbudsfristens utløp levere følgende til oppdragsgiver:

- 15 stk. sett A3-mapper med tegninger og beskrivelsesdel, jf. tildelingskriteriene.
- 1 stk. sett tegninger montert på 8 stk. A1 plater

#### Levering/besøksadresse:

Ålesund kommunale Eigedom KF  
PB. 1521/ Korsegata  
6025 Ålesund / 6002 Ålesund

Tegninger og mapper skal leveres i nøytral utgave, dvs. at det ikke skal fremkomme opplysninger, logoer eller lignende som kan identifisere leverandør eller leverandørens eventuelle underentreprenører/-leverandører. Leverandørens prosjektforslag skal identifiseres ved at forslaget gis et eget motto (anonymt prosjektnavn). Alle dokumenter skal være merket med dette mottoet (også i det elektroniske tilbudet). Dette for at den første evalueringen av evalueringskomiteen skal være anonym. Det skal ikke fremkomme informasjon på fysiske dokumenter som ikke er likt/identisk med det som fremkommer i det elektroniske tilbudet.

### 2.5.3 Godtgjørelse til utvalgte leverandører



De leverandørene som velges ut til å levere tilbud, og som leverer i henhold til krav og føringer i konkurransegrunnlaget blir honorert med NOK 500.000 ekskl. mva. Honoraret vil bli utbetalt etter endelig kontraktstildeling. Dersom det er forhold ved en leverandør og/eller tilbudet som medfører avvisning, utbetales ikke godtgjørelse til denne leverandøren.

### 2.5.4 Evalueringskomite

Det vil bli satt sammen en evalueringskomité med kompetanse innenfor de tildelingskriterier som er valgt. For å vurdere løsningsforslagene vil Ålesund kommunale Eigedom gjøre en nøytral arkitektfaglig



vurdering av løsningsforslagene. Navn på medlemmer i evalueringskomité vil bli ettersendt. Det vil i tillegg bli engasjert andre eksterne rådgivere for å bistå evalueringskomiteen i sitt arbeid. Materiale utarbeidet av rådgiverne vil bli benyttet av evalueringskomiteen i forbindelse med evaluering av tildelingskriteriene.

Evalueringskomiteen sitt mandat er å utpeke vinneren av konkurransen. Det vil bli utarbeidet en felles evalueringsrapport som vil bli sendt til samtlige som har fått godkjent innlevert tilbud og som er blitt evaluert. Hver deltaker vil i tillegg få tilsendt en mer detaljert beskrivelse av evalueringen av sitt tilbud og løsningsforslag.

### 2.5.5 Tildelingskriterier

Tildelingen skjer på grunnlag av hvilket tilbud som har det beste forholdet mellom kostnad og kvalitet, basert på følgende kriterier:

- Pris 40 % (+/- 5 %)
- Arkitektonisk helhet og løsninger 35 % (+/- 5 %)
- Miljø-, energi- og bygningskonsept 15 % (+/- 5 %)
- Oppgaveforståelse 10 % (+/- 5 %)

I forbindelse med evaluering kan vektning for det enkelte tildelingskriterium justeres med utslag iht. FOA §18-1 (6). Tildelingskriterienes rangering vil ikke endres.

#### 2.5.5.1 Pris

##### Vekting:

Tildelingskriteriet "Pris" vektet 40 % (+/- 5 %)

##### Orientering:

Formålet med dette tildelingskriteriet er å evaluere prisen på komplett leveranse for begge faser i prosjektet. Det inngis bindende pristilbud for leveranse iht. konkurransegrunnlaget.

Ut ifra bevilgningen vil entreprisekost ligge rundt 115 000 000 kr. ekskl. mva.

Leverandør skal fylle ut vedlegg 1.8 "Prisskjema", og levere som vedlegg til tilbudet. Det fremgår av prisskjemaet hvilke elementer som inngår i prisevalueringen. Manglende utfylling av prisledd vil kunne medføre vanskeligheter med å kunne vurdere tilbudet, og tilbudet vil da kunne bli avvist.

Alle priser skal være oppgitt i NOK, ekskl. mva. inkludert alle kostnader dersom ikke annet fremgår i konkurransegrunnlaget.

##### Evaluering:

Tilbudte priser vil først bli justert for åpenbare regnefeil. Deretter kan prisene i evalueringssøyemed bli justert for avvik og forbehold som ikke er å anse som *vesentlige*.

Ved vurdering av pris benyttes "basis lineær modell":

$$poeng = maxpoeng \cdot \left( 1 - \frac{pris - laveste\ pris}{laveste\ pris} \right)$$

### 2.5.5.2 Arkitektonisk helhet og løsninger

**Vekting:**

Tildelingskriteriet "Arkitektonisk helhet og løsninger" vektet 35 % (+/- 5 %)

**Orientering:**

I dette tildelingskriteriet vil oppdragsgiver evaluere den arkitektoniske helheten og løsning for krav og anbefalinger i rom- og funksjonsprogrammet. Arkitektonisk helhet evalueres både når det gjelder bygninger og landskap. Det vil også bli evaluert hvorvidt løsningsforslaget er basert på et tydelig og robust konsept, basert på følgende hovedkategorier:

- Generelle arkitektoniske kvaliteter
- Innvendig estetiske og romlige kvaliteter
- Tomtedisponering og utomhusplan
- Situasjonsplan

Ved evaluering av krav og anbefalinger som er stilt i rom- og funksjonsprogrammet vil det bli lagt særlig vekt på:

- Generelle læringsarealer (elevenes trinnarealer)
- Spesialiserte læringsarealer (spesialrom)
- Samlingsarenaen (skolen hjerte)
- Personal- og voksenarealer
- Volleyballhall
- Integrering av tekniske arealer/rom, sjakter og føringsveier i bygningen

Arealeffektivitet vil også bli evaluert. Arealer skal beregnes etter NS 3940. Det skal ikke beregnes doble arealer der hvor romhøyden overstiger 3,0 meter i henhold til kapittel 5.3.1 i NS 3940 og veileder T-1459. B/N-faktor skal ikke overstige 1,4.

**Leverandør skal levere inn følgende dokumentasjon:**

- Situasjonsplan 1:1000 som viser konseptforslaget med opparbeidet utomhusområde
- Utomhusplan 1:500
- Beskrivelse av innholdet til skole og skoleområde som også viser funksjonalitet
- Planer-, snitt (med koter)- og fasadetegninger 1:200
- Utvendig perspektiv
- Digital modell i ifc-format og native-format etter MMI (Modell-Modenhets-Indeks) nivå 100
- Utfylt arealskjema, se vedlegg 1.9 "Areal skjema"

**Evaluerings:**

Dette tildelingskriteriet vurderes ut fra leverandørs beskrivelse av tildelingskriteriet. Ved evaluering vil det bli gjort en samlet innkjøpsfaglig vurdering av beskrevet løsning. Beste løsning tildeles høyeste poengscore (10 score). Øvrige løsninger tildeles poengscore forholdsmessig ut fra beste løsning.

Poengskalaen går fra 1-10.

### 2.5.5.3 Miljø-, energi- og bygningskonsept

**Vekting:**

Tildelingskriteriet "Miljø-, energi- og bygningskonsept" vektet 15 % (+/- 5 %)

**Orientering:**

I dette tildelingskriteriet vil oppdragsgiver evaluere løsningsforslagets energi- og miljøkvaliteter, prosess for ivaretagelse av disse gjennom prosjektgjennomføringen og oppfyllelse av teknisk program. Det vil bli lagt særlig vekt på:

- Størst mulig klimagassreduksjon fra nye materialer og gjenbruk av materialer
- Lavest mulig energibehov dokumentert med energiberegninger
- Beskrivelse av tiltak for lavest mulig driftskostnader
- Beskrivelse av løsningsforslaget ivaretagelse av godt inneklima, akustikk og arbeidsmiljø.
- Robuste løsninger og materialvalg
- Strategi for integrert energi- og miljødesign (IED) gjennom prosjektets faser

Det er beskrevet minstekrav for flere av punktene over i vedlegg C.2.1 "Teknisk program\_Emblem".

**Leverandør skal levere inn følgende dokumentasjon:**

- Beskrivelse av løsningsforslagets energi- og miljøkvaliteter
- Materialplaner som viser materialvalg på gulv, innvendige vegger og himlinger
- Opplisting av lekeapparater, installasjoner, kanter og materialbruk som realiseres i uteområdet
- Energiberegninger for netto energibehov etter NS 3031 og levert energi etter energimerkeordningen

**Evaluerings:**

Dette tildelingskriteriet vurderes ut fra leverandørs beskrivelse av tildelingskriteriet. Ved evaluering vil det bli gjort en samlet innkjøpsfaglig vurdering av beskrevet løsning. Beste løsning tildeles høyeste poengscore (10 score). Øvrige løsninger tildeles poengscore forholdsmessig ut fra beste løsning. Poengskalaen går fra 1-10.

### 2.5.5.4 Oppgaveforståelse

**Vekting:**

Tildelingskriteriet "Oppgaveforståelse" vektet 10 % (+/- 5 %)

**Orientering:**

I dette tildelingskriteriet skal leverandør redegjøre for hvordan man tenker å gjennomføre prosjektet, iht. kravspesifikasjon og oppdragsgivers konsept. Beskrivelsen skal inneholde følgende:

- Muligheter for optimalisering av byggeprosjektet
- Arbeidsmetodikk og kritiske suksessfaktorer
- Risikovurdering
- Kuttliste. Det bør være mulig å gjennomføre kutt i hele utviklingsfasen.
- Fremdriftsplan for utviklings- og gjennomføringsfasen. Byggetid som tar hensyn til skole i drift vil belønnes.
- Organisasjonsplan for utviklings- og gjennomføringsfasen
- Enkel riggplan

- Kompetanseskjema (se vedlegg 1.7 "Mal for kompetanseskjema")
  1. Totalentreprenørens prosjektleder
  2. Prosjekteringsleder
  3. Prosjekteringsleder tekniske fag
  4. Utførende arkitekt

Redegjørelsen skal være på maksimalt 4 stk. A4-sider i tillegg til organisasjonsplaner, riggplan og kompetanseskjema.

#### **Evaluering:**

Dette tildelingskriteriet vurderes ut fra leverandørs beskrivelse av tildelingskriteriet. Ved evaluering vil det bli gjort en samlet innkjøpsfaglig vurdering av beskrevet løsning. Beste løsning tildeles høyeste poengscore (10 score). Øvrige løsninger tildeles poengscore forholdsmessig ut fra beste løsning. Poengskalaen går fra 1-10.

## **2.6 Gjennomføring av forhandlinger**



Med mindre oppdragsgiver velger å tildele kontrakten uten å gjennomføre forhandlinger, jf. FOA § 23-7 (5), gjennomføres forhandlingene slik det er beskrevet nedenfor. Oppdragsgiver forbeholder seg retten til å gjøre mindre endringer, herunder antallet møter. Ved endringer vil de berørte parter bli informert.

Forhandlingene vil bli gjennomført i samsvar med de grunnleggende prinsippene, herunder også likebehandling, forutsigbarhet og likebehandling.

I utgangspunktet forventer oppdragsgiver at følgende forhold kan optimaliseres under forhandlingene:

- Forbehold og evt. uklarheter i tilbud og konkurransegrunnlag
- Løsningsforslag
- Pris
- Prosess, herunder fremdriftsplan

Oppdragsgiver planlegger å gjennomføre to forhandlingsmøter. Oppdragsgiver forbeholder seg retten til å bruke andre kommunikasjonsmidler for forhandlinger som f.eks. e-post, telefon og Skype. Eventuelle endringer fra tilbudet skal fremkomme av SBT, se pkt. 2.6.2.

### **2.6.1 Første forhandlingsmøte**

Oppdragsgiver vil informere om tidspunkt og varighet som settes av til forhandlinger etter tilbudsinnlevering.

Leverandørene vil i forkant av forhandlingsmøtet få tilsendt spørsmål og kommentarer til tilbudet som skal besvares. Dagsorden vil bestå av følgende punkter:

- Presentasjon av deltakerne
- Leverandørens evt. spørsmål til konkurransegrunnlaget
- Leverandørens svar på tilsendte spørsmål
- Oppdragsgivers spørsmål og kommentarer til tilbudet
- Drøftelse av optimaliseringsmuligheter
- Eventuelt

Fra oppdragsgiver vil følgende personer delta:

- Prosjekteier
- Prosjektleder
- Evalueringslederen (ARK)
- LARK
- Pedagog
- Representant for brukerne
- Representant fra Konserninnkjøp

Fra leverandør er det ønskelig at følgende personer deltar:

- Prosjektansvarlig
- Prosjektleder
- Arkitekt
- Prosjekteringsleder
- Representanter for tekniske fag

Etter møtet vil leverandøren motta utkast til referat om hva som ble drøftet under forhandlingene. Det vil bli gitt en kort frist til å kommentere referatet. Endelig referatet vil være en del av en evt. fremtidig kontrakt. Dersom oppdragsgiver finner å kalle inn til nytt forhandlingsmøte, vil dato og tidspunkt bli gitt samtidig som endelig referat sendes ut. Dersom oppdragsgiver vurderer at det ikke er nødvendig med møte, eller at forhandlinger kan skje f.eks. på e-post, vil dette bli angitt i oversendelsen.

### **2.6.2 Siste og beste tilbud (SBT)**

I henhold til FOA § 23-7 (4) skal konkurransen avsluttes ved at oppdragsgiver setter en siste felles frist for mottak av endelige tilbud med de leverandører som gjenstår. Det er ikke anledning til å forhandle om SBT.

SBT skal inneholde det samme som det opprinnelige tilbudet i den forstand at leverandøren skal henvise til det opprinnelige tilbudet og angi hvor og hvordan SBT adskiller seg fra det opprinnelige. Leverandørene skal generelt bestrebe seg på å forbedre de deler av deres tilbud som oppdragsgiver har pekt på enten dette er pris- og/eller kvalitetsmessige forhold.

SBT som inneholder avvik, herunder forbehold, fra anskaffelsesdokumentene risikerer å bli avvist i medhold av FOA § 24-8 og § 24-9.

Karbondall hentet fra leverandør

Øvre Steinauget B81	
BTA	6476
BRRA	4192
BRAS	3493
Antall leiligheter	52

Normal utførelse, EPD Betong Øst Tr. heim	Standard betong justert fasthetsklasse	Endring ift "normal"	Standard betong lavest f.klasse	Endring ift "normal"	<del>Løvekarbon B, Normal Fasthetsklasse</del>	Endring ift "normal"	Løvekarbon A, Normal fasthetsklasse	Endring ift "normal"	Pluss ift fund. A i resten, lavest fasthetsklasse	Endring ift "normal"	Normal utførelse, GWP bransje maksimum	Armering
Blåker	21 673	21 413 - 260	21 413	260	<del>21 185</del>	1 512	20 161	1 512	19 953	1 720	28 275	6 176
Søyler	4 063	4 063	4 063	-	<del>4 216</del>	283	3 779	283	3 779	283	5 291	1 145
Pelehoder	35 015	35 015	35 015	-	<del>37 457</del>	2 443	32 572	2 443	<del>34 459</del>	10 588	45 601	8 553
Fundamenter/banketter	27 490	27 490	27 490	-	<del>29 908</del>	1 918	25 572	1 918	<del>29 179</del>	6 511	35 801	2 686
Peler	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37 897	5 026
Gulv på grunn/bunnplate	79 863	79 863	79 863	-	<del>83 729</del>	3 866	77 199	2 664	77 199	2 664	100 624	11 449
Dekker	347 240	316 391 - 30 849	316 391	30 849	<del>368 261</del>	21 020	323 014	24 276	298 385	48 905	452 220	49 278
Svalganger	12 742	12 175 - 566	12 175	566	<del>13 025</del>	283	11 326	1 416	11 326	1 416	18 688	1 586
Balkonger	29 268	29 967 - 1 301	27 967	1 301	<del>29 918</del>	550	26 016	3 252	26 016	3 252	42 926	3 643
Vegger	121 052	113 325 - 7 727	111 906	9 145	<del>130 396</del>	9 345	111 887	9 165	104 523	16 529	158 256	18 019
Totalt for betong	678 405	637 701 - 40 703	636 283	42 122	<del>719 726</del>	41 321	631 526	46 879	584 739	93 666	925 529	107 560
Reduksjon		-6,0 %		-6,2 %		6 %		-7 %		-14 %		36 %
Ståtsøyler, kaldformet	55 469	55 469	55 469	7 %	55 469	6 %	55 469	7 %	55 469	7 %	55 469	5 %
Armering	107 560	107 560	107 560	13 %	107 560	12 %	107 560	14 %	107 560	14 %	107 560	10 %
Totalt kg CO2	841 435	800 731	799 313		882 756		794 556		747 769		1 088 559	

Andel av total	
	3 %
	1 %
	6 %
	4 %
	0 %
	13 %
	50 %
	2 %
	4 %
	18 %

Kg.co2/BTA	130	124	123	136	123	115	168
Kg.co2/BRRA	201	191	191	211	190	178	260
Kg.co2/BRAS	241	229	229	253	227	214	312
Kg.co2/leilighet	16 181	15 399	15 371	16 976	15 280	14 380	20 934

Betong	81 %	80 %	80 %	82 %	79 %	78 %	85 %
Konstruksjonsstål	7 %	7 %	7 %	6 %	7 %	7 %	5 %
Armering	13 %	13 %	13 %	12 %	14 %	14 %	10 %

Optimalisering av dimensjoner:

Dekker: Reduksjon av dekketykkelse kan gi økt behov for armering:

Formel på endring av armeringsmengde: (anatt for beregning)  
 $T^2 / f^2$   
 Der T er redusert tykkelse og f er opprinnelig tykkelse.

Øvre Semnane 881, Korknakk

Karbonattallet hentet fra leverandør

Table with columns: Type, Plassering, Volum, Areal, Standard henno, 'normalt' fasthetstak, Standard henno, 'lavest' fasthetstak, Lokasjon B, 'lavest' fasthetstak, Lokasjon A, 'lavest' fasthetstak, 'Høst' (lavest) fasthetstak. Rows include Øvre Semnane 881, Korknakk and various material types like D.O.2.ENG, D.O.2.ETG, etc.

Table with columns: Type, Plassering, Volum, Areal, Standard henno, 'normalt' fasthetstak, Standard henno, 'lavest' fasthetstak, Lokasjon B, 'lavest' fasthetstak, Lokasjon A, 'lavest' fasthetstak, 'Høst' (lavest) fasthetstak. Rows include Øvre Semnane 881, Korknakk and various material types like D.O.2.ENG, D.O.2.ETG, etc.

Table with columns: Type, Plassering, Volum, Areal, Standard henno, 'normalt' fasthetstak, Standard henno, 'lavest' fasthetstak, Lokasjon B, 'lavest' fasthetstak, Lokasjon A, 'lavest' fasthetstak, 'Høst' (lavest) fasthetstak. Rows include Øvre Semnane 881, Korknakk and various material types like D.O.2.ENG, D.O.2.ETG, etc.

Table with columns: Type, Plassering, Volum, Areal, Standard henno, 'normalt' fasthetstak, Standard henno, 'lavest' fasthetstak, Lokasjon B, 'lavest' fasthetstak, Lokasjon A, 'lavest' fasthetstak, 'Høst' (lavest) fasthetstak. Rows include Øvre Semnane 881, Korknakk and various material types like D.O.2.ENG, D.O.2.ETG, etc.

Table with columns: Type, Plassering, Volum, Areal, Standard henno, 'normalt' fasthetstak, Standard henno, 'lavest' fasthetstak, Lokasjon B, 'lavest' fasthetstak, Lokasjon A, 'lavest' fasthetstak, 'Høst' (lavest) fasthetstak. Rows include Øvre Semnane 881, Korknakk and various material types like D.O.2.ENG, D.O.2.ETG, etc.

Table with columns: Type, Plassering, Volum, Areal, Standard henno, 'normalt' fasthetstak, Standard henno, 'lavest' fasthetstak, Lokasjon B, 'lavest' fasthetstak, Lokasjon A, 'lavest' fasthetstak, 'Høst' (lavest) fasthetstak. Rows include Øvre Semnane 881, Korknakk and various material types like D.O.2.ENG, D.O.2.ETG, etc.





# FORPROSJEKT - RAPPORT

## FOR BACHELOROPPGAVE

TITTEL:

**Lavkarbonbetong.  
Økonomisk konsekvens og miljøbesparelse**

STUDENTNUMMER:

502621 Kaisa Englund Espe

259693 Håkon Kvamme

502612 Eilin Dahlen Tøftum

DATO:	EMNEKODE: *	EMNE:	DOKUMENT TILGANG:
29.01.2021	IB303312	Bacheloroppgave (Bygg)	- Åpen
STUDIUM:	ANT SIDER/VEDLEGG:	BIBL. NR:	
BACHELOR INGENIØR - BYGG	10 / 0	- Ikke i bruk -	

OPPDRAAGSGIVER(E)/VEILEDER(E):

Veidekke ASA / Therese Giskeødegård Osvik

NTNU / Lacramioara Telehoi Nilsen

OPPGAVE/SAMMENDRAG:

I denne oppgaven skal vi gjøre en sammenligning mellom konvensjonell betong og lavkarbonbetong. Hovedtemaet er å undersøke faktisk miljøbesparelse ved å erstatte sement med andre tilsetningsstoffer og material under blanding av betong. I dag blir bruk av lavkarbonbetong mer og mer vanlig, og vi ønsker å undersøke hvor miljøvennlig lavkarbonbetong er under hele livsløpet sammenlignet med dagens standardiserte betong. I tillegg skal vi undersøke prisen gjennom hele livsløpet til lavkarbonbetong sammenlignet med konvensjonell betong, og se dette i sammenheng med miljøbesparelsen.

Gjennom denne oppgaven ønsker vi å tilegne oss ny kunnskap om miljø, bærekraft og CO<sub>2</sub>-regnskap i forbindelse med bruk av betong.

*Denne oppgaven er en eksamensbesvarelse utført av student(er) ved NTNU i Ålesund.*

**Postadresse**

NTNU i Ålesund  
Postboks 1517  
N-6025 Ålesund

**Besøksadresse**

Larsgårdsvegen 2  
**Internett**  
www.ntnu.no

**Telefon**

70 16 12 00

**Epostadresse**
[postmottak@ntnu.no](mailto:postmottak@ntnu.no)
**Telefax**

70 16 13 00

**Bankkonto**

7694 05 00636

**Foretaksregisteret**

NO 947 767 880

## INNHOLD

<b>INNHOLD</b> .....	<b>2</b>
<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>3</b>
<b>2 BEGREPER</b> .....	<b>3</b>
<b>3 PROSJEKTORGANISASJON</b> .....	<b>3</b>
3.1 PROSJEKTGRUPPE .....	3
3.1.1 Oppgaver for prosjektgruppen - organisering .....	3
3.1.2 Oppgaver for prosjektleder.....	3
3.1.3 Oppgaver for øvrige medlem(mer) .....	4
3.2 STYRINGSGRUPPE (VEILEDER OG KONTAKTPERSON OPPDRAGSGIVER) .....	4
<b>4 AVTALER</b> .....	<b>4</b>
4.1 AVTALE MED OPPDRAGSGIVER .....	4
4.2 ARBEIDSSTED OG RESSURSER .....	4
4.3 GRUPPENORMER – SAMARBEIDSREGLER – HOLDNINGER .....	4
<b>5 PROSJEKTBESKRIVELSE</b> .....	<b>5</b>
5.1 PROBLEMSTILLING - MÅLSETTING - HENSIKT .....	5
5.2 KRAV TIL LØSNING ELLER PROSJEKTRESULTAT – SPESIFIKASJON .....	5
5.3 PLANLAGT FRAMGANGSMÅTE FOR UTVIKLINGSARBEIDET – METODE.....	6
5.4 INFORMASJONSINNSAMLING – UTFØRT OG PLANLAGT .....	6
5.5 VURDERING – ANALYSE AV RISIKO.....	6
5.6 HOVEDAKTIVITETER I VIDERE ARBEID .....	7
5.7 FRAMDRIFTSPLAN – STYRING AV PROSJEKTET .....	8
5.7.1 Hovedplan.....	8
5.7.2 Styringshjelpemidler .....	8
5.7.3 Utviklingshjelpemidler.....	8
5.7.4 Intern kontroll – evaluering .....	9
5.8 BESLUTNINGER – BESLUTNINGSPROSESS .....	9
<b>6 DOKUMENTASJON</b> .....	<b>9</b>
6.1 RAPPORTER OG TEKNISKE DOKUMENTER.....	9
<b>7 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER</b> .....	<b>10</b>
7.1 MØTER .....	10
7.2 PERIODISKE RAPPORTER .....	10
<b>8 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING</b> .....	<b>10</b>
<b>9 UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING</b> .....	<b>10</b>

## 1 INNLEDNING

Vi har valgt oppgave om miljø og bærekraftige bygg fordi dette virker interessant. Oppdragsgiver er Veidekke. Den grunnleggende problemstillingen er “*Hva er den økonomiske konsekvensen og den faktiske miljøbesparelsen ved bruk av lavkarbonbetong*”. Formålet med oppgaven er å vise den økonomiske forskjellen på vanlig betong og lavkarbonbetong, og å vise forskjellen i utslipp og generell bærekraftighet ved produksjon og bruk av disse to betongtypene.

## 2 BEGREPER

- Bærekraft
- Lavkarbonbetong
- Økonomisk konsekvens
- Miljøbesparelse
- LCC - Livssyklus kostnader

## 3 PROSJEKTORGANISASJON

### 3.1 Prosjektgruppe

Studentnummer	Navn	Mobiltelefon	e-post
502621	Kaisa Englund Espe	46854667	<a href="mailto:kaisaee@stud.ntnu.no">kaisaee@stud.ntnu.no</a>
259693	Håkon Kvamme	97708932	<a href="mailto:haakkv@stud.ntnu.no">haakkv@stud.ntnu.no</a>
502612	Eilin Dahlen Tøftum	94820394	<a href="mailto:eilindt@stud.ntnu.no">eilindt@stud.ntnu.no</a>

#### 3.1.1 Oppgaver for prosjektgruppen - organisering

Gruppen har gjennom hele studieløpet jobbet sammen på andre skoleprosjekter i de fleste emner, og har dermed god erfaring som arbeidsgruppe. Gruppen kjenner til de fleste styrker og svakheter til de øvrige gruppemedlemmene, og vet hvordan den skal fordele arbeidsoppgaver og ansvar.

Gruppen ønsker å samles minimum en gang i uken for å jobbe sammen, men er forberedt på at med Covid-19 restriksjoner må en belage seg på å arbeide gjennom digitale verktøy.

I gruppen er alle medlemmer like viktige, så det er ikke avsatt varige roller. Noe ansvar blir fordelt, der et av medlemmene får ansvar for at logg, plan og møtereferater blir gjennomført, men ikke nødvendigvis av samme person hver gang.

#### 3.1.2 Oppgaver for prosjektleder

Prosjektleder blir en rullerende stilling i gruppen. Det er bestemt at ingen i gruppen får et varig ansvar som prosjektleder, derimot blir det en rullering hver 14. dag. Hovedansvaret til prosjektleder er å ha oversikt over prosjektets fremgang, og gjennomføring av planlagte arbeidsoppgaver. Prosjektleder skal også følge opp hvert enkelt gruppemedlems fremgang og loggskrivning.

### **3.1.3 Oppgaver for øvrige medlem(mer)**

Hvert medlem i gruppen har ansvar for å ta egne notater i møter, samt skrive egen logg etter hver arbeidsøkt.

### **3.2 Styringsgruppe (veileder og kontaktperson oppdragsgiver)**

Veileder fra NTNU er Lacramioara Telehoi Nilsen.

Veileder fra Veidekke ASA er Therese Giskeødegård Osvik.

Rådgiver fra NTNU er Max Ingar Mørk. Rådgiver fra Veidekke er Tor Elling Kjersem.

Gruppen har på grunn av Covid-19 situasjonen løpende epostutveksling med både veiledere og rådgivere, samt teammøter når anledningen ber om det. Gruppen har ikke tildelte lokaler, men bruker eget hjemmekontor både til fysiske og digitale møter. Ved behov blir grupperom på NTNU nytta. Det er planlagt periodiske møter med veiledere underveis i arbeidet.

## **4 AVTALER**

### **4.1 Avtale med oppdragsgiver**

Avtale mellom studenter, NTNU og Veidekke ASA er signert av, og levert til, alle parter.

### **4.2 Arbeidssted og ressurser**

Gruppen har per i dag ikke tilgang på eget kontorlokale, men det er ventet at utover i arbeidet med oppgaven vil det by seg muligheter for å jobbe på kontor nærmere rådgiver og veileder fra Veidekke. Gruppen bruker i mellomtiden grupperom på NTNU og hjemmekontor.

Gruppen har tilgang til veiledere og rådgivere via epost, samt avsatt tid en gang i uken med veileder fra NTNU. Det er avtalt rapportering i form av logg som sendes veileder fra NTNU hver 14. dag.

Det er per i dag ikke forventet at gruppen skal bearbeide informasjon unndratt offentlighet. Dersom informasjon unndratt offentlighet skal bearbeides, vil det ikke vises i denne oppgaven.

### **4.3 Gruppenormer – samarbeidsregler – holdninger**

Gruppen har fra tidligere samarbeid innarbeidet gode normer og samarbeidsregler som vi ønsker å videreføre i denne oppgaven. Gruppenormer vi ønsker å følge er:

- Realistisk forventning til arbeidsmengde for hvert gruppemedlem. Alle er ansvarlige for å påta seg en rettferdig mengde med arbeid, og gjennomføre denne.
- Gode rutiner for oppmøte til avtalt tid. Respektere avsatt tid til møter og arbeid.
- Gruppen skal se på løsninger sammen, og jobbe mot et felles mål om å finne den beste løsningen. Ved en avgjørelse skal alle bidra til å finne en løsning som gjør alle fornøyd (vinn/vinn).
- God arbeidsmoral i gruppen. Det skal ikke brukes uærlige metoder for å fullføre arbeid og oppnå resultater (eks: kopiering, plagiat).
- Medlemmer i gruppen skal prøve i den grad det er mulig å avtale på forhånd når en må melde frafall fra avtalt arbeidstid og arbeidsoppgaver.
- Det er forventet av hvert gruppemedlem at en gjør selvstendig arbeid i prosjektet, og at en er kritisk til eget arbeid.

Holdninger til profesjon:

- Profesjonell  
Opptre profesjonell med respekt for andres og eget yrke, samt medmennesker
- Samarbeid og kommunikasjon  
Opptre ærlig. Verdsette god kommunikasjon. Samarbeide godt med andre.
- Kvalitet på arbeidet  
Unngå plagiering, være kritisk til eget og andres arbeid, og søke god kvalitet på levert produkt/arbeid.
- Etikk  
Reflekterte valg mot miljø-, profesjons-, forsknings-, og samfunnsetikk.
- Imøtekommende og engasjerte  
Nytenkende og nysgjerrige på løsninger.

## 5 PROSJEKTBEKRIVELSE

### 5.1 Problemstilling - målsetting - hensikt

Den grunnleggende problemstillingen er *“Hva er den økonomiske konsekvensen og den faktiske miljøbesparelsen ved bruk av lavkarbonbetong”*.

Målet med oppgaven er å undersøke hva den økonomiske konsekvensen av å bruke lavkarbonbetong fremfor vanlig betong er, og om det er mer miljøvennlig å bruke, og eventuelt hvor mye mer eller mindre miljøvennlig det er. Miljøvennlighet dømmes blant annet ut fra utslipp av CO<sub>2</sub> under produksjon og bruk, og ressursforbruk gjennom hele livsløpet til betongen. Det skal også undersøkes hva sammenhengen mellom disse to aspektene er.

Effekt målet er at bedriften (Veidekke) skal få innsikt i konsekvensene i valg av betong som byggemateriale, både for bedriften og for miljøet. Dette skal være grunnlag for å gjøre bedre valg som oppfyller verdiene til bedriften.

Resultat målet er å levere en god oversikt hvor man tydelig ser forskjellen på bruk av vanlig og lavkarbonbetong. Oppgaven skal være ferdigstilt i løpet av mai 2020, og skal inkludere rapport, plakat og presentasjonsfoiler utført etter mal.

Prosess målet er å få erfaring med å jobbe med et større prosjekt over lengre tid, og å jobbe i et større team av rådgivere og veiledere. Et annet mål for prosessen er å få lære mer om egne interesser, og få erfaring med å jobbe med en oppgave hvor man selv får bidra til å bestemme rammene.

### 5.2 Krav til løsning eller prosjekresultat – spesifisering

Prosjektet er fullført når det svarer presist på økonomisk konsekvens og faktisk miljøbesparelse ved bruk av lavkarbonbetong. Produktet skal inkludere rapport, plakat og presentasjonsfoiler.

Prosjektet skal være oversiktlig, og se ryddig ut i presentasjon. Informasjonen skal formidles på en ryddig måte, gjennom tekst, tabeller, diagrammer og bilder/illustrasjoner. Innhold skal være kort og konsist. Prosjektet skal ikke inneholde unødvendig informasjon eller innhold uten informasjon (unødvendig fyll).

Prosjektet skal kunne brukes som en referanse og en veileder ved valg av betong, for å muliggjøre bevisste valg.

### ***5.3 Planlagt framgangsmåte for utviklingsarbeidet – metode***

Den planlagte framgangsmåten for prosjektet er å lese relevant litteratur og finne frem til tidligere forskning om temaet. Vi samler viktig informasjon i et felles dokument, med kildehenvisning i Zotero. Vi ønsker å samle data om CO<sub>2</sub>-utslipp og økonomiske forhold til de forskjellige betongtypene samtidig underveis i oppgaven. Dette gjør vi gjennom litteratur og besøk hos produsenter og utviklere av betong, samt snakke med fagfolk innenfor området. Vi skal bruke produsenters tall og verdier som grunnlag i oppgaven, i tillegg til grenseverdier i standarder. Til slutt skal det settes opp et CO<sub>2</sub> regnskap, hvor utslipp for konvensjonell og lavkarbonbetong sammenliknes. Det skal også gjøres en tilsvarende sammenlikning for kostnader knyttet til de forskjellige betongtypene.

Gjennom arbeidet blir det naturlig å kombinere kvantitativ og kvalitativ metode for å finne frem til best mulig konklusjon på problemstillingen. Kvantitativ metode har fordelen av å måle variabler som lett kan sammenliknes. Ulempen med kvantitativ metode er at det kan være forhold eller variabler som ikke har blitt bestemt eller kartlagt, som dermed ikke kan vurderes i resultatet. Kvalitativ metode gir muligheten til å gå i dybden om produksjon og bruk av de forskjellige betongtypene. Det gir også muligheter til å se det totale klimaregnskapet for betongens livsløp, fremfor bare under produksjonen. Ulempen med denne metoden er at det er vanskeligere å trekke en felles konklusjon som er gyldig for alle andre produsenter av betong enn akkurat de vi har undersøkt.

### ***5.4 Informasjonsinnsamling – utført og planlagt***

I løpet av utdanninga har vi ikke satt opp et CO<sub>2</sub>-regnskap før, og det blir derfor nødvendig å finne informasjon om hvordan dette gjøres. Gruppen tenker å lese gjennom tidligere bachelor- og masteroppgaver der dette er gjort, og snakke med produsent av betong for å tilegne oss kunnskap om CO<sub>2</sub>-regnskap.

Tema vi har eller ønsker publikasjon/informasjon om:

Betong

- Betongkonstruksjonsbøkene
- NB publikasjon nr. 37 – Lavkarbonbetong
- NS-EN 1992
- NS-EN 206
- Lavkarbonbetongens CO<sub>2</sub>-avtrykk: en LCA-studie

I arbeidet med denne oppgaven skal vi se gjennom tidligere bachelor- og masteroppgaver som har omhandlet klimaregnskap. Vi skal oppsøke produsent og leverandør av begge betongtyper og tilegne oss informasjon om blandingsforhold, klimaavtrykk fra kvart produkt i blandinga, og ny teknologi som gjør det mulig å få samme styrke med ulike tilsetningsstoff. Vi skal også finne egne referanser innen forskning på lavkarbonbetong. Gruppen bruker personer med høy kompetanse på betong som rådgivere og veiledere i arbeidet med oppgaven.

### ***5.5 Vurdering – analyse av risiko***

Muligheten for å realisere prosjektet innenfor den rammen som er gitt er vurdert som god. Vi har prøvd å lage et tema og en problemstilling som gir oss riktig mengde arbeid, verken for mye eller for lite. Temaet er interessant, og samtidig utfordrende. En del av informasjonen vi arbeider med er kjent, men det eksisterer også aspekter ved informasjonen som er ukjent, og som krever innlæring.

Problemstilling er fortsatt generell, og ikke endelig. Veiledere og rådgivere skal assistere for å skape en bedre problemstilling, som gir det beste utgangspunktet for en god, konkret og oversiktlig besvarelse.

Aspekter som vil være særlig viktige for lykket er å samarbeide godt, og ha åpenhet og ærlighet i gruppa slik at problemer kan bli tatt opp og løst. Det er også viktig å opprettholde et godt forhold med veiledere, rådgivere og andre gruppemedlemmer, gjennom kommunikasjon og respekt. Gruppa har mye erfaring med å samarbeide tidligere, og har derfor allerede forståelse for hverandres arbeidsstil, og vet hvordan man drar nytte av hvert medlems styrker og svakheter.

Trusler mot suksess i arbeidet er blant annet sykdom og andre liknende distraksjoner som forsinker arbeidet. Corona-pandemien kan også forårsake uforutsette hendelser, som sykdom, og eventuelt restriksjoner som gjør samarbeid mer utfordrende. Dette kan også føre til at mulighet for å delta på befaringer blir mindre. En siste trussel er å ikke få tilgang til ressurser som trengs for å fullføre prosjektet. Disse kan være bøker, dokumenter eller liknende, eller programvare.

For å unngå så mye som mulig at disse truslene påvirker fremgangen i prosjektet skal det innføres flere proaktive tiltak. Tiltakene er å begrense oppgaven slik at oppgavemengden ikke blir for stor. Det skal også tas utgangspunkt i å være i forkant av fremdriftsplanen slik at mest mulig forsinkelser i prosjektet unngås, og å eventuelt redigere fremdriftsplan hvis oppgavemengden blir for stor på grunn av uforutsette hendelser. Det er også viktig at gruppa har fortløpende møte med intern og ekstern veileder, og sørger for å ha et godt nettverk av veiledere og rådgivere slik at det alltid er ressurspersoner tilgjengelige å rådføre seg med.

## 5.6 Hovedaktiviteter i videre arbeid

Nr	Aktivitet	Ansvar	Tid (uker)
A1	Forprosjektrapport	KEE, HK, EDT	3
A2	Research	KEE, HK, EDT	7
A3	Skrive teori	KEE, HK, EDT	3
A4	Resultat	KEE, HK, EDT	3
A5	Metode	HK	3
A6	Konklusjon	KEE, HK, EDT	1
A7	Forord	KEE	1
A8	Innledning	EDT	1
A9	Sammendrag	HK	1
A10	Revidering og bearbeiding	KEE, HK, EDT	3
A11	Retting	EDT	2
A12	Innholdsfortegnelse og referanser	KEE, HK, EDT	1
A13	Utforming av powerpoint og plakat	KEE	2
A14	Ferdigstilling		4
A14.1	Rapport	HK	
A14.2	Powerpoint	EDT	
A14.3	Plakat	KEE	
A15	Presentasjon	KEE, HK, EDT	1

## 5.7 Framdriftsplan – styring av prosjektet

Fremdriftsplan - Bachelor																					
Aktivitet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Forprosjektsrapport																					
Research																					
Teori																					
Resultat																					
Metode																					
Konklusjon																					
Forord																					
Innledning																					
Sammendrag																					
Revidering og bearbeiding																					
Retting																					
Innholdsfortegnelse og referanser																					
Powerpoint og plakat																					
Ferdigstilling																					
Rapport																					
Powerpoint																					
Plakat																					
Presentasjon																					

### 5.7.1 Hovedplan

Alle milepælene er godkjenningpunkter, og innebærer at arbeidet må godkjennes før prosjektet kan fortsette. Disse er vist med rødt på fremdriftsplanen.

Det første godkjenningpunktet, G1, består av at resultatet må være fullført og godkjent før videre arbeid med konklusjon og forord kan starte.

Det andre godkjenningpunktet, G2, består av at alt arbeid med utkastet hovedteksten må være ferdig før revidering kan starte. De siste punktene før dette godkjenningpunktet er innledning og sammendrag.

Det siste godkjenningpunktet, G3, består av at all ferdigstilling av det ferdige produktet må være fullført og godkjent før presentasjonen kan gjennomføres. Dette markerer også avslutningen på prosjektet.

### 5.7.2 Styringshjelpemidler

Hjelpemidler

- Skrivning i felles dokumenter i sanntid
- Overordnet fremdriftsplan og periodeplan
- Forprosjektrapport
- Logg
- Framdriftsrapport

### 5.7.3 Utviklingshjelpemidler

Gruppen planlegger å bruke følgende programvarer:

*Skriveprogrammer:*

- Microsoft Word
- Microsoft Teams
- Zotero



*Beregningsprogrammer:*

- EUROCODEexpress
- Microsoft Excel
- Revit Structure
- AutoCAD 2020

I tillegg er det ventet at vi må bruke et av Veidekkes programmer for CO<sub>2</sub>-utregning og/eller programmer for kostnadskalkyle. Dersom disse programmene ikke kan brukes, er Microsoft Excel et godt alternativ.

#### **5.7.4 Intern kontroll – evaluering**

Internkontroll blir utført i fellesskap under siste møtet i hver arbeidsperiode. Kontrollen har som formål å vurdere om mål og plan for arbeidsperioden er nådd. Dersom målet for perioden er nådd blir internkontrollen godkjent. Dersom målet ikke er nådd blir avviket registrert og får en høyere prioritering i påfølgende periode. På denne måten kan en sikre framdrift i prosjektet, og at arbeidsoppgaver blir fullført.

Ved beslutning om at et mål ikke kan godkjennes av gruppemedlemmene i en arbeidsperiode blir veiledere med i internkontrollen av det bestemte målet. Det kan være arbeidsoppgaver der gruppen ikke har nødvendig kompetanse til å godkjenne et gitt delmål, så veiledere eller rådgivere må delta i evalueringen av arbeidet.

#### **5.8 Beslutninger – beslutningsprosess**

Beslutninger i prosjektarbeidet skal i den grad det er mulig tas internt gjennom diskusjon og samarbeid i prosjektgruppa. Ved større beslutninger der det er knytt usikkerhet eller ved beslutninger knyttet til oppdragsgiver er det viktig å innlemme veiledere i beslutningsprosessen.

Presisering av oppgaven blir gjort i samarbeid med veiledere og rådgivere.

## **6 DOKUMENTASJON**

### **6.1 Rapporter og tekniske dokumenter**

Det skal utarbeides en logg hver 14. dag som skal leveres til veileder for godkjenning. I tillegg skriver gruppen en helhetlig logg gjennom hele prosjektet. Loggen skal vise utført arbeid, individuelle timer og totale timer brukt på prosjektet.

Alle kilder og referanser blir notert i Zotero, et gratis program for håndtering av referanser.

Alle dokumenter blir lagret i skyen med tilgang fra hvert gruppemedlem. Dokumentene blir sikkerhetskopierte til PC en gang i uken.

Alle dokumenter blir lest og kontrollert av alle gruppemedlemmer.

## **7 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER**

### **7.1 Møter**

Gruppen har avsatt faste tider og ukedager med fysiske og digitale møter. Det er også planlagt faste ukentlige møter med intern veileder, ellers fortløpende møter ved behov. Mellom møtene blir det fordelt individuelt arbeid på hvert enkelt gruppemedlem.

### **7.2 Periodiske rapporter**

Gruppen utarbeider en fremdriftsplan og en logg hver 14. dag som sendes til godkjenning av veileder.

## **8 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING**

Ved problem som kan løses internt i gruppen som problemer med enkeltpersoners framgang eller arbeid løses dette gjennom diskusjon, samarbeid eller omorganisering av arbeid.

Her vil man først identifisere grunnen til avviket, og deretter finne den beste og mest rettferdige måten å løse problemet. Til slutt ser vi på avviket i forhold til fremtidig planlagt arbeid, og gjør tiltak for å forhindre et liknende avvik i fremtiden.

Dersom det er større avvik som ikke kan løses internt, vil det bli nødvendig med ekstern veiledning. Da vil veileder ved bedrift eller fakultet nyttes, avhengig av hvem som har rett kompetanse for situasjonen. Gruppen vil deretter, ved hjelp av veiledningen som har blitt gitt, finne den beste løsningen på problemet og forhindre liknende avvik i fremtiden.

Ved løsning av et avvik har prosjektleder i den gitte perioden ansvar for at gruppa sammen finner løsningen på problemet, og av evt. veileder blir kontaktet.

## **9 UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING**

Utstyr, programmer eller andre spesielle ressurser som er ansett som nødvendig for å gjennomføre prosjektet, og som oppdragsgiver, universitetet eller gruppen selv fremskaffer:

- LCA-kalkulator
- Microsoft Teams
- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- Microsoft Powerpoint
- Microsoft Project
- Betongkalkulator
- EUROCODEexpress
- Standarder
- Publikasjoner fra Norsk Betongforening
- Dokumenter på betongkomposisjon fra produsent
- Dokumenter på kostnader ved betongproduksjon og ved arbeid ved støping.

# IB303312 Bacheloroppgave

## LOG

### Utført arbeid i perioden uke 2 – 3

**Navn på studenter:**

**Stud1:** Håkon Kvamme **Stud2:** Eilin Dahlen Tøftum **Stud3:** Kaisa Englund Espe

**Navn på bedrift/organisasjon:** Veidekke ASA

**Namn på veileder ved bedrift/organisasjon:**

Lala Lacramioara Telehoi Nilsen – NTNU.

Therese Giskeødegård Osvik – Veidekke ASA.

#### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer
2	13.01	Diskutering og planlegging. Opprette dokument.	3	2	2
2	15.01	Individuelt arbeid med forprosjektrapport.	2,5	1,5	1,5
3	18.01	Teamsmøte om forprosjektrapporten.	3,5	3,5	3,5
3	19.01	Teamsmøte med veileder fra Veidekke – Therese	2,0	2,0	2,0
3	20.01	Teamsmøte med veileder fra NTNU – Lala	2,0	2,0	2,0
		I tillegg er det ein del epostutveksling med veiledere og rådgivere som ikke er loggført i denne loggen.			
Sum timer			13	11	11

Plan for neste uke, tema (aktivitetsplan)

4	25.01	Fysisk møte for å jobbe med forprosjektrapport.
4	26.01	Teamsmøte for å jobbe med forprosjektrapport.
4	29.01	Leveringsfrist for forprosjektrapport.
5	1.02	Gjøre research

# IB303312 Bacheloroppgave

## LOG

### Utført arbeid i perioden uke 4 og 5

**Navn på studenter:**

**Stud1:** Håkon Kvamme **Stud2:** Eilin Dahlen Tøftum **Stud3:** Kaisa Englund Espe

**Navn på bedrift/organisasjon:** Veidekke ASA

**Namn på veileder ved bedrift/organisasjon:**

Lala Lacramioara Telehoi Nilsen – NTNU.

Therese Giskeødegård Osvik – Veidekke ASA.

### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer
4	25.01	Teamsmøte for å jobbe med forprosjektrapporten	5,0	5,5	5,5
4	26.01	Teamsmøte for å jobbe med forprosjektrapporten	3,5	4,0	0,0
4	27.01	Teamsmøte for å jobbe med forprosjektrapporten	2,0	2,0	3,5
4	28.01	Seminar Betongindustridagen 2021	2,5	2,5	2,5
5	01.02	Fastsette tema, teamsmøte, ta kontakt med rådgiver	3	3	5
5	02.02	Zotero-kurs, innsamling av informasjon	2,5	2	3
5	03.02	Veiledningstime, presentasjon		1	
Sum timer			18,5	20	19,5

Plan for neste uke, tema (aktivitetsplan)

6	08.02	Opprette kontakt med Dyrøy betong, avtale møte
6	10.02	Veiledningstime - presentasjon

# IB303312 Bacheloroppgave

## LOG

### Utført arbeid i perioden uke 6 og 7

**Navn på studenter:**

**Stud1:** Håkon Kvamme **Stud2:** Eilin Dahlen Tøftum **Stud3:** Kaisa Englund Espe

**Navn på bedrift/organisasjon:** Veidekke ASA

**Namn på veileder ved bedrift/organisasjon:**

Lala Lacramioara Telehoi Nilsen – NTNU.

Therese Giskeødegård Osvik – Veidekke ASA.

### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer
6	08.02	Fysisk mandagsmøte.	6	5	4,5
6	09.02	Lesing av standarder	4		
6	09.02	Forberedelse av presentasjoner		1	
6	09.02	Innhenting av informasjon			2
6	10.02	Veiledningstime	1	1	
6	11.02	Standarder, tabeller og kilder.	7		
7	15.02	Fysisk mandagsmøte	7	7	7
7	16.02	Skrive teoretisk grunnlag for betong	4		
7	17.02	Forberede veiledningsmøte med Veidekke	2,0		2,0
7	18.02	Veiledningstime med Veidekke (Tor Elling og Sigbjørn)	1,5	1,5	1,5
7	21.02	Forberede møte med Dyrøy			1,0
Sum timer			24,5	15,5	18

Plan for neste uke, tema (aktivitetsplan)

8	22.02	Møte med Dyrøy Betong. Tor Elling fra Veidekke blir med.
8		Starte å samle informasjon fra Dyrøy om priser, EPD`er og utregninger for CO2-ekv.

# IB303312 Bacheloroppgave

## LOG

### Utført arbeid i perioden uke 8 og 9

**Navn på studenter:**

**Stud1:** Håkon Kvamme **Stud2:** Eilin Dahlen Tøftum **Stud3:** Kaisa Englund Espe

**Navn på bedrift/organisasjon:** Veidekke ASA

**Namn på veileder ved bedrift/organisasjon:**

Lala Lacramioara Telehoi Nilsen – NTNU.

Therese Giskeødegård Osvik – Veidekke ASA.

### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer
8	03.02	Forbereding, presentasjon og veiledningstime	2.5	1.0	1.0
8	26.02	Skrive teoretisk grunnlag	4.0		1.0
9	02.03	Møte med Dyrøy Betong	3.0	3.0	3.0
9	03.03	Forbereding, presentasjon og veiledningstime	1.0	0.5	1.0
9	05.03	Research			1.0
Sum timer			10.5	4.5	7.0

Plan for neste uke, tema (aktivitetsplan)

10-11		Fullføre teoretisk grunnlag om betong, EPD og GWP. Samle informasjon fra Veidekke om Økonomi skal nemnes i teoretisk grunnlag.
10		Samle resultat fra Dyrøy
11		Samle informasjon om Herdetid.



# IB303312 Bacheloroppgave

## LOG

### Utført arbeid i perioden uke 12 og 13

**Navn på studenter:**

**Stud1:** Håkon Kvamme **Stud2:** Eilin Dahlen Tøftum **Stud3:** Kaisa Englund Espe

**Navn på bedrift/organisasjon:** Veidekke ASA

**Namn på veileder ved bedrift/organisasjon:**

Lala Lacramioara Telehoi Nilsen – NTNU.

Therese Giskeødegård Osvik – Veidekke ASA.

### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer
12	22.03	Teoretisk Grunnlag	1,5		
12	28.03	Teamsmøte og arbeid	3,0	1,0	1,0
13	29.03	Teoretisk Grunnlag	4,0		2,5
13	30.03	Teoretisk Grunnlag	3,0		2,0
13	31.03	Teoretisk Grunnlag	6,0		
13	04.03	Teoretisk Grunnlag og Kapittel 1 og 3	6,0		1,0
		Sum timer	23,5	1,0	6,5

Plan for neste uke, tema (aktivitetsplan)

		Skrive Kapittel 1 – Introduksjon
		Skrive Kapittel 3 – Metode
		Starte på Kapittel 4 – Resultat



# IB303312 Bacheloroppgave

## LOG

### Utført arbeid i perioden uke

#### Navn på studenter:

**Stud1:** Håkon Kvamme **Stud2:** Eilin Dahlen Tøftum **Stud3:** Kaisa Englund Espe

**Navn på bedrift/organisasjon:** Veidekke ASA

#### Namn på veileder ved bedrift/organisasjon:

Lala Lacramioara Telehoi Nilsen – NTNU.

Therese Giskeødegård Osvik – Veidekke ASA.

#### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer
14	05.04	Kapittel 1, 2 og 3.	3,0	1,0	2,0
14	06.04	Kapittel 1 og 3.	4,0		5,0
14	07.04	Kapittel 3	4,0		
14	08.04	Kapittel 1			2,0
14	Helg	Kapittel 1, 3 og 4.	6,0	0,5	4,0
15	12.04	Mandagsmøte	4,0	4,0	4,0
15	13.04	Generelt arbeid	2,0		
15	14.04	Veiledningsmøte med Veidekke	1,5	1,5	2,5
15	15.04	Veiledningsmøte med Lala	2,5	3,5	4,5
15	Helg	Kapittel 1-4	6,5	2,5	3,0
Sum timer			33,5	13,0	27,0

Plan for neste uke, tema (aktivitetsplan)

16		Fullføre og korrekturlese kapittel 1, 2 og 3.
		Siste innspurt med innhenting til innholdssanalyse og diskutere dette.

# IB303312 Bacheloroppgave

## LOG

### Utført arbeid i perioden uke 16 og 17

**Navn på studenter:**

**Stud1:** Håkon Kvamme **Stud2:** Eilin Dahlen Tøftum **Stud3:** Kaisa Englund Espe

**Navn på bedrift/organisasjon:** Veidekke ASA

**Namn på veileder ved bedrift/organisasjon:**

Lala Lacramioara Telehoi Nilsen – NTNU.

Therese Giskeødegård Osvik – Veidekke ASA.

### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer
16	19/4	Mandagsmøte	5,5	5,5	5,5
16	20/4	Innholdsanalyse, kap 4 og 5	2,5	0,5	
16	21/4	Kap 5		1,6	
16	22/4	Innholdsanalyse, kap 4 og 5	2,0	0,3	2,0
16	23-25	Innholdsanalyse, kap 4 og 5	11,5	3,1	2,0
17	26/4	Mandagsmøte, kap 1, 4 og 5	6,5	4,0	4,0
17	27/4	Kap 4 og 5		2,5	2,5
17	28/4	Kap 4 og 5	3,0	2,5	5,0
17	29/4	Kap 4 og 5	7,5	5,0	5,0
17	30-2	Kap 4 og 5	8,0	9,5	6,5
Sum timer			46,5	34,5	32,5

Plan for neste uke, tema (aktivitetsplan)

18		Konklusjon, sammendrag og forord
		Lage førsteutkast
		Begynne å redigere
19		Forberede presentasjon og lage plakat
		Ferdigstille

# IB303312 Bacheloroppgave

## LOG

### Utført arbeid i perioden uke 18 og 19

**Navn på studenter:**

**Stud1:** Håkon Kvamme **Stud2:** Eilin Dahlen Tøftum **Stud3:** Kaisa Englund Espe

**Navn på bedrift/organisasjon:** Veidekke ASA

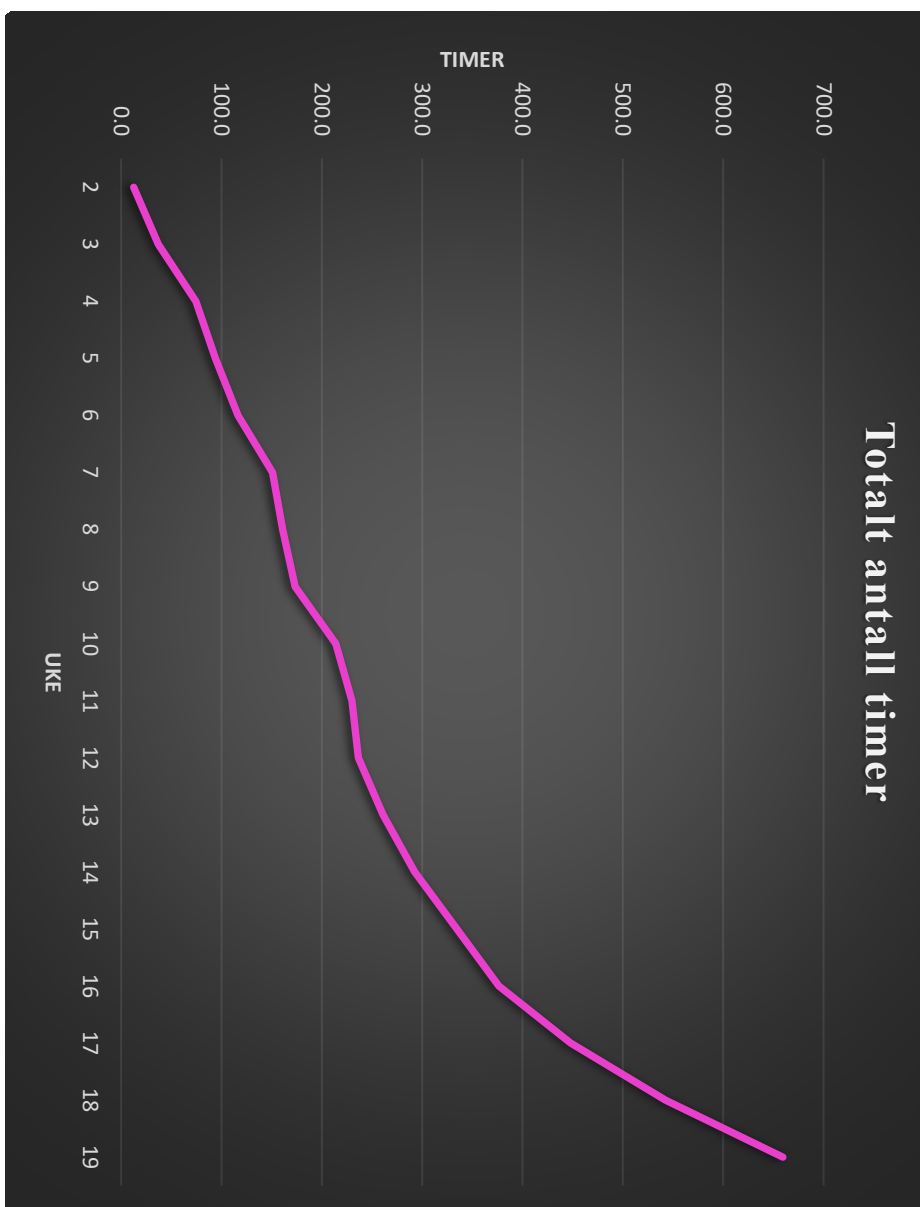
**Namn på veileder ved bedrift/organisasjon:**

Lala Lacramioara Telehoi Nilsen – NTNU.

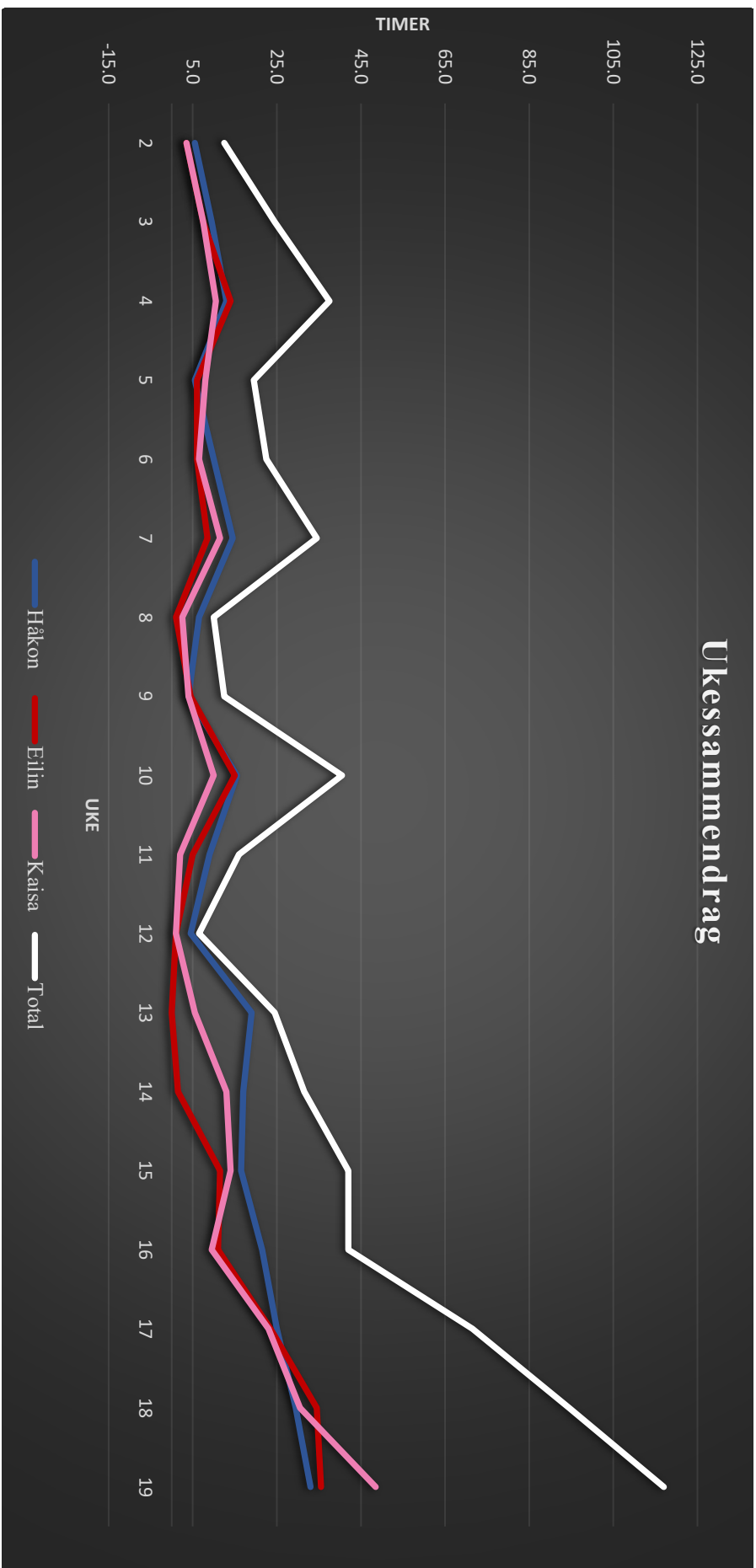
Therese Giskeødegård Osvik – Veidekke ASA.

#### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer
18	03.05	Resultat og diskusjon	4,0	4,0	3,0
18	04.05	Sette sammen førsteutkast, resultat og diskusjon	6,0	5,0	5,0
18	05.05	Sette sammen førsteutkast, resultat og diskusjon, revidering	8,5	9,0	10,0
18	06.05	Revidering og forord	6,5	8,0	6,0
18	Helg	Revidering, konklusjon og presentasjon	4,5	8,5	6,5
19	10.05	Drøfting og presentasjon	3,5	3,5	6,0
19	11.05	Drøfting, revidering og presentasjon	3,0	2,5	5,5
19	12.05	Drøfting	7,0	8,0	8,0
19	Helg	Revidering, konklusjon, sammendrag og ferdigstilling	16,5	18,0	26,5
Sum timer			33,0	35,5	52,0



## Ukessammendrag



# Møtereferat 1

Dato: 19.januar 2021

Sted: Microsoft Teams

Til stede:

- Håkon Kvamme
- Eilin Dahlen Tøftum
- Kaisa Englund Espe
- Therese Giskeødegård Osvik (Veidekke)

Saker:

- **Forprosjektrapport**
  - Definisjon og avgrensning av oppgaven
    - Oppgaven skal handle om lavkarbonbetong.
    - Sees i sammenheng med og avgrenses gjennom prosjektet Emblem skule.
  - Problemstilling
    - Veidekke er interessert i økonomisk konsekvens og faktisk miljøbesparelse

Eventuelt:

- **Tor Elling Kjersem som veileder sammen med Therese.**
  - Han har mer erfaring med betong

## Møtereferat 2

Dato: 21. januar 2021

Sted: Microsoft Teams

Til stede:

- Håkon Kvamme
- Eilin Dahlen Tøftum
- Kaisa Englund Espe
- Lala Nilsen

Saker:

- **Resultat fra møte med Veidekke**
  - Definisjon og avgrensning av oppgaven
    - Oppgava skal handle om lavkarbonbetong.
    - Sees i sammenheng med og avgrenses gjennom prosjektet Emblem skule.
  - Problemstilling
    - Veidekke er interessert i økonomisk konsekvens og faktisk miljøbesparelse
  - Tor Elling Kjersem som veileder sammen med Therese.
    - Han har mer erfaring med betong

Eventuelt:

- **Plan for vidare arbeid og veiledning**
  - Veiledningsmøter når vi trenger det, ikke noe fast

## Møtereferat 3

Dato: 18. februar 2021

Sted: Veidekke

Til stede:

- Håkon Kvamme
- Eilin Dahlen Tøftum
- Kaisa Englund Espe
- Tor Elling Kjersem (Veidekke)
- Sigbjørn Helland (Veidekke)

Saker:

- **Videre avgrensning av oppgaven**
  - For Veidekke er de betongklassene som er mest brukt de som er interessante å se nærmere på
  - Mest utbytte av å sammenlikne standardbetong opp mot å løfte det til lavkarbon
  - Se på så mye av betongens livsløp
    - Herdeforløp
    - Få mer informasjon og avgrensning av Dyrøy Betong
      - Be om priser, EPD og resepter på aktuelle betongklasser

Eventuelt:

- **Ordne møte med Dyrøy Betong**



## Møtereferat 4

Dato: 02.mars 2021

Sted: Dyrøy betong

Til stede:

- Håkon Kvamme
- Eilin Dahlen Tøftum
- Kaisa Englund Espe
- Tor Elling Kjersem (Veidekke)
- Kristian Hove (Dyrøy Betong)

Saker:

- **Generell informasjon rundt våre tanker til oppgaven**
  - Sammenlikne standard betong med lavkarbon alternativene
- **Generell informasjon om Dyrøy og elementa i betongen**
  - Tilslaget er mest viktig
  - Tilbyr kun standard og lavkarbonklasse A
- **Hvilken informasjon og hvilke tall trenger vi?**
  - EPD
  - Pris
  - Resept

Eventuelt:

- **Sender verdiene på e-post**

## Møtereferat 5

Dato: 16. mars 2021

Sted: Microsoft Teams

Til stede:

- Håkon Kvamme
- Eilin Dahlen Tøftum
- Max Ingar Mørk

Saker:

- **Innledning til oppgaven**
- **Økonomidel fordelt på teori- og metodekapittel**
- **Hvordan definere økonomidelen i teoretisk grunnlag**
  - o Kun nødvendig med kort del
- **Skille mellom økonomidelen i teoridelen og i metoden**
  - o Teoridelen: det som er gjort av andre om vi bygger videre på.
  - o Metod delen: egne erfaringer, det vi bidrar med til teoretisk grunnlag
  - o Trekker tråder fra metoden tilbake til teori
- **Er det relevant å gå dypere inn i hvordan økonomi/pris er viktig?**
  - o Temaet er selvsagt og ikke nødvendig å utdype, evt. et kort avsnitt.
  - o Se på hvordan miljøvennlighet kan regnes om i kroner for å sammenlikne
- **Utslipp og utgifter i forbindelse med transport**
  - o Viktig å presisere forskjeller som har forskjellige utslag, ikke relevant for oppgaven
  - o Systemprosess A0-A4
- **Innhenting av informasjon fra bedrifter**
  - o Vanlig å bruke lengre tid enn forventet på dette.

## Møtereferat 6

Dato: 14. april 2021

Sted: Microsoft Teams

Til stede:

- Håkon Kvamme
- Eilin Dahlen Tøftum
- Kaisa Englund Espe
- Tor Elling Kjersem (Veidekke)
- Sigbjørn Faanes (Veidekke)
- Therese Giskeødegård Osvik (Veidekke)

Saker:

- **Lite diskuterbare tall**
  - Den informasjonen og de tall mottatt fra Dyrøy Betong gir ikke et godt nok grunnlag til at vi får noe særlig resultat fra det.
  - Det å ikke få et svar er også et resultat

Eventuelt:

- **Sigbjørn Faanes – Veidekke Trondheim – Karbonoptimalisering**
  - Det er gjort en karbonoptimalisering på et av deres prosjekt som kanskje kan brukes som bakgrunn for en analyse av andres erfaringer med lavkarbon.
  - Denne karbonoptimaliseringen og intervjuet som er gjort i sammenheng med dette, er tilgjengelig for oss å bruke i oppgaven.

## Møtereferat 7

Dato: 15. april 2021

Sted: Microsoft Teams

Til stede:

- Håkon Kvamme
- Eilin Dahlen Tøftum
- Kaisa Englund Espe
- Lala Nilsen

Saker:

- **Resultat fra møte med Veidekke**
  - Lite diskuterbare tall
    - Den informasjonen og de tall mottatt fra Dyrøy Betong gir ikke et godt nok grunnlag til at vi får noe særlig resultat fra det.
    - Det å ikke få et svar er også et resultat
  - Sigbjørn Faanes – Veidekke Trondheim – Karbonoptimalisering
    - Det er gjort en karbonoptimalisering på et av deres prosjekt som kanskje kan brukes som bakgrunn for en analyse av andres erfaringer med lavkarbon.
    - Denne karbonoptimaliseringen og intervjuet som er gjort i sammenheng med dette, er tilgjengelig for oss å bruke i oppgaven.
- **Mulighet for å ordne et område å kunne jobbe fra på campus**

