

# **Klassifikasjon, Dimensjonering og Bruk av Lavkarbonbetong**

Classification, Design and Use of Low Carbon  
Concrete

**Trondheim Mai 2022**

Mohtadin Al-Anbary  
Lidia Jiorgio  
Julia Gucwa

Intern veileder:  
Arne Mathias Selberg

Ekstern veileder:  
Sverre Smeplass

Prosjektnr:  
2022 – KT4

Rapporten er ÅPEN



Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for konstruksjonsteknikk

---

Rapporten er ÅPEN

## **Problemdefinering/prosjektbeskrivelse og resultatmål**

Sement produsert i Norge i dag har et totalt karbonavtrykk på ca. 750 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per tonn sement. Av dette utgjør kalsineringen ca. 450 kg CO<sub>2</sub> per tonn sement. Andre steder i verden er karbonavtrykket på ca. 900 kg CO<sub>2</sub> per tonn sement. Det er foreløpig vanskelig å redusere karbonutslippet ved betongprodukter til null. Likevel er det mulig å ta i bruk tiltak for å kutte ned klimagassutslippet drastisk. Ved å erstatte deler av sementklinker med erstatningsmaterialer som har gode bindemiddelegenskaper, får man lavkarbonbetong. Dette gir mye mindre karbonavtrykk og kan føre til en avgjørende forskjell i bygg- og anleggsbransjen.

Vi har fått tildelt denne oppgaven gjennom Skanska Norge AS. En stor del av bacheloroppgaven vår vil omhandle hva som skal til for å kunne klassifisere betong som lavkarbon, hvordan den blir brukt i praksis og hvordan bl.a. temperaturen påvirker gjennomføring. Vi skal hovedsakelig sette oss inn i klimaambisjonene som Skanska og Trondheim Kommune har satt ved Nidarvollprosjektene i Trondheim. I tillegg til dette, har gruppen bestemt å inkludere dimensjonering og optimalisering av en bjelke i oppgaven. Vi ønsket å vise kompetanse og kunnskap som vi allerede har tilegnet oss gjennom studiet. Etter kort samtale med ekstern veileder ble vi opplyst om at lavkarbon- og tradisjonell betong dimensjoneres helt likt da de har samme styrke egenskaper. Dette ønsket vi å få med i oppgaven, som et poeng i seg selv.

### **Stikkord fra prosjektet:**

Lavkarbonbetong, Klima og miljøambisjoner, Nidarvollprosjektene, BREEAM, EPD, Utfordringer og tiltak ved utførelse, Veien videre, Dimensjonering og optimalisering, Karbonregnskap.

---

# Innhold

<b>Forord</b>	<b>iv</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>vi</b>
<b>Abstract</b>	<b>vii</b>
<b>Figurer</b>	<b>viii</b>
<b>Tabeller</b>	<b>x</b>
<b>Terminologi / Begrepsavklaring</b>	<b>xi</b>
<b>1 Innledning</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn . . . . .	1
1.1.1 Nidarvollprosjektene . . . . .	2
1.1.2 Involverte aktører . . . . .	3
1.2 Oppgaven . . . . .	3
1.2.1 Problemstilling . . . . .	4
1.2.2 Omfang og avgrensing . . . . .	4
<b>2 Metode</b>	<b>6</b>
2.1 Litteratur . . . . .	6
2.2 Befaring og intervju . . . . .	6
2.3 Miljødeklarasjoner . . . . .	10
<b>3 Teori</b>	<b>11</b>
3.1 Klimautfordringer . . . . .	11
3.2 Klimaambisjoner i byggbransjen . . . . .	12
3.2.1 EPD . . . . .	14
3.2.2 BREEAM og CEEQUAL . . . . .	15

---

3.3	Lavkarbonbetong . . . . .	16
3.3.1	Klassifikasjon . . . . .	16
3.3.2	Tilsetningsmaterialer . . . . .	18
3.3.3	Temperaturpåvirkning . . . . .	21
3.3.4	Karbonatisering . . . . .	22
3.3.5	Produksjon . . . . .	23
3.3.6	Utfordringer . . . . .	24
3.4	Veien videre . . . . .	26
3.4.1	Gjenbruk av byggematerialer . . . . .	26
3.4.2	Karbonfangst . . . . .	27
3.4.3	Nye alternative tilsetningsmaterialer . . . . .	28
<b>4</b>	<b>Nidarvollprosjektene</b>	<b>30</b>
4.1	Klimaambisjoner . . . . .	30
4.2	Utførelse . . . . .	32
4.3	Elementer brukt . . . . .	33
4.3.1	Con-Form løsning . . . . .	34
4.3.2	Hulldekker . . . . .	35
4.4	Utfordringer . . . . .	36
4.4.1	Vinterdrift . . . . .	37
4.5	Klimagassreduksjon . . . . .	38
<b>5</b>	<b>Befaringer</b>	<b>40</b>
5.1	Nidarvollprosjekt . . . . .	40
5.2	Unicon AS . . . . .	42
5.3	Con-Form AS . . . . .	44
<b>6</b>	<b>Dimensjonering</b>	<b>47</b>
6.1	Laster . . . . .	47
6.2	Materialer . . . . .	48

---

6.2.1	Betong . . . . .	48
6.2.2	Armeringsstål . . . . .	49
6.3	Konstruksjonselementer i Nidarvollprosjektene . . . . .	50
6.3.1	Påstøpt bjelke . . . . .	50
6.3.2	Con-Form vegg . . . . .	58
6.3.3	Forspent dekke . . . . .	61
<b>7</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>64</b>
7.1	Lavkarbonbetong . . . . .	64
7.1.1	Lavkarbon i praksis . . . . .	64
7.1.2	EPD . . . . .	67
7.1.3	Karbonatisering . . . . .	68
7.2	Besparelse av $CO_2$ i prosjekt . . . . .	68
7.2.1	Forhåndsbestemmelser og krav . . . . .	68
7.2.2	Samhandlingsfase . . . . .	69
7.2.3	Dimensjonering . . . . .	70
7.2.4	Produsenter . . . . .	71
<b>8</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>72</b>
	<b>Referanser</b>	<b>74</b>
	<b>Vedlegg</b>	<b>77</b>
	Artikkel . . . . .	77
	Klimagassutslipp Con-Form forskalingsvegg . . . . .	78
	Klimagassutslipp Con-Form plattendekke . . . . .	78
	Klimagassutslipp for alle Con-Form elementer . . . . .	78
	Dimensjonering av plasstøptbjelke - BRUDDGRENSE . . . . .	79
	Optimalisering av tverrsnitt . . . . .	82
	Dimensjonering av plasstøpt bjelke - BRUKSGRENSE . . . . .	84
	EPD'er . . . . .	92

---

---

# Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet våren 2022 ved Institutt for konstruksjonsteknikk ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet. Bacheloroppgaven er den avsluttende oppgaven på det treårige bachelorstudiet byggingeniør, og utgjør 20 studiepoeng.

Gjennom studiet har interessen for klimavennlige løsninger i byggebransjen vært stadig i utvikling, og den smittende interessen for betongteknologi fra både intern og ekstern veileder har vært inspirerende. Oppgaven tar for seg lavkarbonbetong, og utføres i samarbeid med Skanska Norge. Gjennom arbeidet har gruppen tilegnet verdifull kunnskap og håper at vi kan være med på å utvikle teknologien videre i arbeidslivet.

Vi er ekstremt takknemlige for vår veileder Arne Mathias Selberg for gode tips, støtte og motiverende holdning gjennom oppgaven. En stor takk til ekstern veileder Sverre Smeplass og resten av Skanska Norge for idé til oppgaven, hjelp og detaljert veiledning. Vi vil også takke alle som har hjulpet oss underveis med råd fra deres fagfelt, og ikke minst informasjon tilknyttet temaet. Spesielt er vi takknemlige for grundig informasjonsbidrag og uforglemmelige opplevelser med Kari Aarstad fra Unicon og teamet hos Con-Form.

Avslutningsvis vil vi takke hverandre for verdifulle minner sammen, det har vært utfordrende grunnet pandemien, men vi har stått på og levert et resultat vi er fornøyde med. Tusen takk for forståelsen som ble vist, gode løsninger som ble tilbudt og et alt i alt godt samarbeid.

Trondheim, 20.mai 2022

---

## Sammendrag

Betong er et uerstattelig byggemateriale, med sine gode egenskaper har det funnet anvendelse ved bygg, lands- og marinekonstruksjoner. Byggebransjen er dermed ansvarlig for 40% av de menneskeskaptene  $CO_2$  utslippene globalt. Sementproduksjonen står for omtrent 7-8% av disse utslippene. Evnen til å lykkes med å nå FNs bærekraftsmål avhenger av å finne bærekraftige metoder for fremskaffelse av byggematerialer, eksempelvis sement som brukes til å produsere betong.

Lavkarbonbetong er utarbeidet som et forsøk på å redusere sementinnholdet i betongblandingen. Denne oppgaven tar for seg eventuelle utfordringer ved overgang og bruk av denne. Materialene valgt som tilsetning i sementen har ulik tilgjengelighet, og påvirker både karbonregnskapet og betongens egenskaper. Derfor vil mengden og typen av slike materialer påvirke klassifisering og bruk av lavkarbonbetong. Dimensjonering har en stor rolle for karbonregnskapet, men ettersom lavkarbonbetong har de samme styrkeegenskapene som betong vil disse dimensjoneres likt.

Skanska Norge er en ledende entreprenør, og har vist initiativ om å starte i gang med det grønne skiftet. Norges største nybygde powerhouse i Trondheim er en inspirasjon, og Nidarvollprosjektene følger trenden. Skanska benyttet hovedsaklig lavkarbonbetong som byggemateriale i Nidarvollprosjektene, både konstruksjonselementer og plasstøpt, derfor er det et perfekt prosjekt å analysere i lys av utfordringer og tiltak som benyttes.

Trondheim kommune som er byggherren, har satt miljøkrav om å redusere utslippene med 30% i forhold til et referansebygg. Nidarvollprosjektene har derfor tatt i bruk flere klimareduserende tiltak. Det inkluderer bruk av lavkarbonbetong, gjenvinning og gjenbruk av materialer fra tidligere konstruksjon og drift av en fossilfri byggeplass. Implementering av disse sammen med optimaliseringer gjort for energieffektivitet sparte prosjektet for ca. 50% av klimagassutslippene.

Foreløpig er Skanska eneste som forespør lavkarbonbetong fra betong- og elementleverandørene Unicon og Con-Form. Derfor er det gjort befaringer til både nidarvollprosjektene, betongfabrikken og elementleverandøren for å samle opplevelsene og utfordringene knyttet opp mot lavkarbonbetong. Denne betongen er foreløpig ikke kostnadseffektiv, og uten insentiver og kunnskap vil ikke de fleste entreprenørene påføre seg den ekstra tiden og kostnadene bruken medfører. Derfor må det utføres tiltak slik at de små bedriftene tas med i den grønne utviklingen.

---

## Abstract

Concrete is an irreplaceable construction material, its great properties have let it find use in buildings, land- and marine constructions. The construction industry is thus also responsible for 40% of man-made  $CO_2$  emissions globally. Cement production is responsible for approximately 7-8% of these and is often linked to concrete as it accounts for as much as 90% of the emissions. Thus, the ability to successfully reach the UN sustainability goal depends on finding sustainable methods for obtaining construction materials, such as cement which is utilized in concrete production.

Low-carbon concrete has been developed as an attempt to reduce the cement content in the concrete. This thesis' immediate objective is to put light on the challenges that the transition and use cause. The materials chosen as additives in the cement have different availability and affect both the global warming potential and the properties of the concrete. Therefore, the amount and type of such materials will affect the classification and use of low-carbon concrete. Design plays a major role in the total emissions, but due to the same strength properties as traditional concrete, the design process is the same.

Skanska Norway is a leading contractor, and has shown initiative to start the green shift. Norway's largest newly built powerhouse in Trondheim is an inspiration, and the Nidarvollproject are following the trend. Skanska mainly used low-carbon concrete as a construction material in the Nidarvollproject, both the elements and cast-in-place, therefore it is a perfect project to analyze in light of the challenges and measures used.

Trondheim municipality which is the client has set environmental requirements to reduce emissions by 30% in regard to an equal reference. The Nidarvollproject have therefore implemented several climate-reducing measures. That includes the use of low-carbon concrete, recycling and reuse of materials from the previous construction, and operation of a fossil-free construction site. Implementing these together with optimizations made for energy efficiency saved the projects approx. 50% of the emissions.

Currently, Skanska is the only company to request low-carbon concrete from the concrete- and element suppliers Unicon and Con-Form. Hence, visits have been made to the Nidarvollproject, concrete factory Unicon, and element supplier Con-From to gather experiences and challenges associated with low-carbon concrete. This concrete is currently not very cost-effective, and without incentives and knowledge, most contractors will not incur the extra time and costs the use entails. Therefore, measures must be taken so that small companies are included in the green development.



---

## Figurer

1	Nidarvoll og Sunnland skoler . . . . .	2
2	Nidarvoll rehabiliteringssenter . . . . .	3
3	Rehabiliteringsbygget . . . . .	7
4	Nidarvollprosjektet . . . . .	7
5	Silo 4 . . . . .	8
6	Unicon befaring . . . . .	8
7	Con-Form fabrikk besøk . . . . .	9
8	Con-Form befaring . . . . .	9
9	Klimagassutslipp fra bygg- og anleggsvirksomhet . . . . .	13
10	Fasthetsutviklingen ved 20, 10 og 5°C for B30 i LKB og standard betong . . . . .	22
11	ConForm Vegg-Dekke løsning . . . . .	34
12	Skisse av en Con-Form vegg . . . . .	35
13	Con-Form vegg ferdig støpt Nidarvoll . . . . .	35
14	Klimagassreduksjon . . . . .	38
15	Nidarvoll - Rehab.bygg inne . . . . .	40
16	Dekke, vegg og søyle ute . . . . .	41
17	Forankringstenger . . . . .	41
18	Reparert vegg . . . . .	42
19	Reparert vegg . . . . .	42
20	Unicon Silo . . . . .	43
21	Blandemaskin . . . . .	43
22	Vannbad . . . . .	44
23	LKB test for Nidarvoll . . . . .	44

---

24	Vegg under produksjon . . . . .	45
25	Vegg ferdigstøpt . . . . .	45
26	Støp av forskalingskive . . . . .	46
27	Forspente dekker . . . . .	46
28	Biocrete vegg . . . . .	46
29	Forenklet skisse av Rehabiliteringsbygget . . . . .	50
30	Statiske modeller . . . . .	51
31	Påstøpt bjelke - Momentdiagram . . . . .	52
32	Nedbøying - bjelke . . . . .	54
33	Optimalisert Tverrsnitt, med t.p som tyngdepunkt . . . . .	56
34	Rektangulært tverrsnitt og I-tverrsnitt . . . . .	57
35	Trasisjonell vegg og Con-Form vegg . . . . .	58
36	Optimalisering av $CO_2$ utslipp . . . . .	70
37	Optimalisert tverrsnitt, med t.p som tyngdepunkt) . . . . .	88

---

## Tabeller

1	Avfallsregnskap for Norge 2020 . . . . .	1
2	Involverte aktører . . . . .	3
3	Tidspunkt for befaring og intervju . . . . .	9
4	Lavkarbonbetongklasser med grenseverdier for klimagassutslipp . . . . .	17
5	Forenklet tabell NB37(2015) - Grenseverdier (utgått) . . . . .	17
6	Produktspesifikasjon for Norcem sementer . . . . .	18
7	Betongsammensetning og klassifikasjon . . . . .	19
8	Avfallsregnskap etter materialtype og behandlingsmåte . . . . .	27
9	Involverte aktører i NewSCEM prosjektet . . . . .	29
10	Reseptliste Nidarvoll . . . . .	32
11	Mengdeuttak Con-Form . . . . .	33
12	Mengdeuttak Contiga . . . . .	33
13	Klimagassutslipp Con-Form elementer i standard- og lavkarbonbetong . . . . .	39
14	Karakteriske Laster . . . . .	47
15	Dimensjonerende Laster . . . . .	48
16	Betongegenskaper . . . . .	49
17	Armeringsegenskaper . . . . .	50
18	Opptredende moment i bruddgrensetilstand . . . . .	52
19	Opptredende moment i bruksgerensetilstand . . . . .	53
20	Sammenligning av $CO_2 - eq(kg)$ . . . . .	57
21	Klimagassutslipp vegg . . . . .	60
22	Klimagassutslipp dekke . . . . .	62
23	Klimagassutslipp hulldekke . . . . .	62
24	Grenseverdier tatt fra NB37 VS. Prosjektspesifikke EPD fra Unicon . . . . .	65

---

## Begrepsavklaring

BAE-næring: Bygg-, anlegg- og eiendomsnæring.

BIM-modell: Building Information Modeling eller bygningsinformasjonsmodellering.

BREEAM: Building Research Establishments Environmental Assessment Method. Sertifiseringsverktøy for byggprosjekter.

BREEAM-NOR: Tilpasning av BREEAM til norske forhold.

CEEQUAL: The Civil Engineering Environmental Quality Assessment and Award Scheme. Sertifiseringsverktøy for anleggsprosjekter.

EPD: Environmental Product Declaration.

GWP: Global Warming Potential.

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change.

k-verdi: Varmegjennomgangskoeffisient (U-verdi).

LKB: Lavkarbonbetong.

LCA: Life-Cycle Assessment, eller livsløpsvurdering.

Miljøstyringssystem : Den delen av en virksomhets totale styringssystem som utformer, iverksetter og vedlikeholder virksomhetens miljøpolicy [25].

Porøsitet: Mål for forholdet mellom volumet av porer i materialet og totalvolumet.

Pozzolane materialer : Materialer som danner bindestoffer ved reaksjon med kalsiumhydroksid som frigjøres når sement herder.

Referansebygg: Bygning med samme areal og funksjon som det prosjekterte bygget [11].

SCM: Supplementary cementing materials.

SKB: Selvkomprimerende betong.

Støpelighet : Betegnelsen på betongens bearbeidbarhet, oppgis ofte som synkmål.

RiB: Rådgivende Ingeniør Bygg.

$CO_2$  - eq: mål som tilsvarer effekten en gitt mengde  $CO_2$  har på den globale oppvarmingen over en gitt tidsperiode, som regel 100 år [7].

---

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Bygg- og anleggsbransjen produserer 3.3 av 11.6 millioner tonn avfall, som er en 4% økning fra 2019, og omtrent en tredjedel av alt avfallet som produseres i Norge. Av dette utgjør betong og tegl 33.8% [39] .

Avfallsregnskap for Norge, avfallsmengder etter kilde			
	2020		Endring i prosent
	1000 tonn	Andel	2019 - 2020
Avfallskilder i alt	11 596	100	-5
Industri	1 815	16	-3
Bygge- og anleggsvirksomhet	3 329	29	4
Tjenesteytende næringer	1 517	13	-30
Private husholdninger	2 546	22	4
Andre eller uspesifisert næring	2 390	21	-5

Tabell 1: Avfallsregnskap for Norge 2020

En stor utfordring byggebransjen står ovenfor i dag er reduksjon av miljøavtrykket. Det har lenge vært utfordrende med mye bruk av naturressurser og produksjon av store mengder med avfall. Spesielt er det interessant å se på betong, som står for hele 7-8% [35] av klimagassutslippene på verdensbasis.

Betong er et uerstattelig materiale, med blant annet veldig gode styrke egenskaper har det funnet anvendelse ved både bygg- og anleggsprosjekt. Betong har ekstremt mange bruksområder, da det i utgangspunktet kan formes fritt. Dermed har det også blitt verdens mest brukte byggemateriale. Dette skaper utfordringer i det grønne skiftet, da samfunnet er avhengig av stadig nye konstruksjoner for å kunne utvikle seg. Disse utfordringene må selskaper i byggebransjen ta tak i. Innovative og miljøvennlige løsninger vil føre til at det blir enklere å bygge og bo miljøvennlig. Motivasjonen for forbedrelse av dagens prosesser har aldri vært større, og dette vil bringe oss nærmere Norges klimamål om å være et lavutslippssamfunn innen 2050 [24]. Den store betydningen betongen har i verden, øker betongbransjens ansvar for å ta utslippene alvorlig.

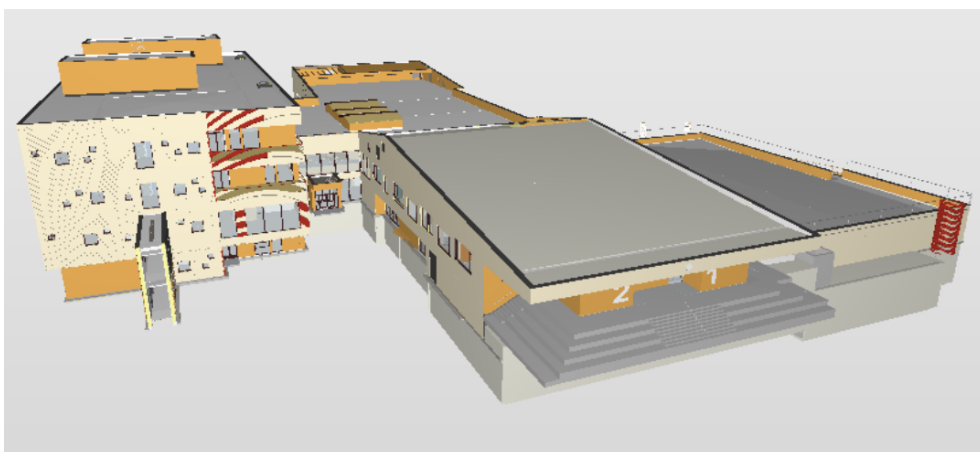
Lavkarbonbetong er et eksempel på innovative løsninger i byggebransjen, og blir et stadig mer ettertraktet materiale. Det blir definert som en betong der det er gjort tiltak for å begrense klimagassutslippet [1], og kan per i dag bestilles både fra betong-

---

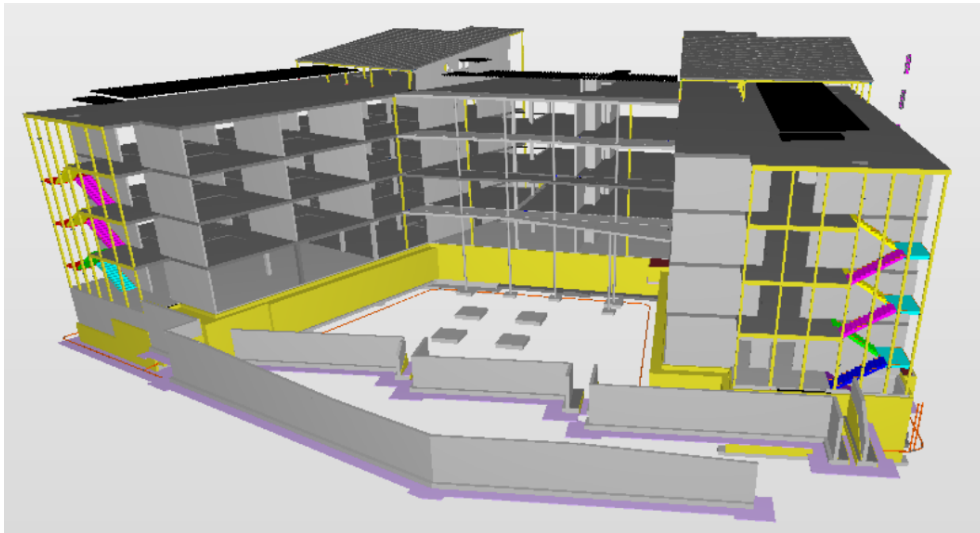
og elementleverandører. Lavkarbonbetong klassifiseres ut ifra NB37, utarbeidet av Norges Betongforening. Dette referansedokumentet definerer klassegrenser for fire ulike nivåer. Disse nivåene varierer i sement- og tilsetningsmengde, og oppnår ulike nivåer av  $CO_2$  reduksjon, fra 15% til 63% i forhold til bransjereferansen. Det er viktig å nevne at klassifiseringssystemet vi har for lavkarbonbetong er særnorsk, ettersom lavkarbonbetong er relativt nytt. Findland har introdusert et lignende system, med flere andre land som vurderer å implementere det samme.

### 1.1.1 Nidarvollprosjektene

Nidarvollprosjektet er Trondheim kommunes største prosjekt under utbygging hittil med en kontraktsverdi på 800 millioner. Prosjektet omfatter Nidarvoll- og Sunnland skole med idrettshall, og Nidarvoll rehabiliteringssenter. Bygningsmassen vil til sammen omfatte  $26\,000\ m^2$  og bygges på det eksisterende området Nidarvoll. Det totale arealet for skolene er  $14\,800\ m^2$  og skal romme 1000 elever fra barne- til ungdomstrinn. Rehabiliteringssenteret er  $10\,000\ m^2$  over fire etasjer hvor det er planlagt trenings- og kontorfasiliteter med 72 korttidsplasser for rehabilitering. Helt siden høsten 2020 har Skanska jobbet med å videreutvikle Nidarvollprosjektene. Per i dag er prosjektet fortsatt under bygging. Planlagt overlevering for rehabiliteringsbygget er i april 2023, mens overlevering av skolene er planlagt i november samme år [6]. Skanska har i samarbeid med Trondheim kommune vært klimabevisste helt siden prosjekteringsfasen. Med høye klima- og miljøambisjoner har planleggingen resultert til et innovativt og fremtidsrettet prosjekt som ble belønnet med 3. plass i konkurransen om å bli årets lokale klimatiltak i Norge [34].



Figur 1: Nidarvoll og Sunnland skoler



Figur 2: Nidarvoll rehabiliteringscenter

### 1.1.2 Involverte aktører

Byggherre		Trondheim Kommune
Totalentreprenør		Skanska Norge AS
Underentreprenør	Betongleverandør	Unicon AS
	Elementleverandør	ConForm
	Elementleverandør	Spenncon
	Elementleverandør	Contiga
	RiB	Multiconsult
	RiB	Aas-Jacobsen

Tabell 2: Involverte aktører

## 1.2 Oppgaven

Bakgrunnen for valg av oppgave er en kombinasjon av interesse for betongfaget og nysgjerrighet for å lære noe nytt. Lavkarbonbetong er ikke nødvendigvis et nytt tema, men det er noe under stadig utvikling. Det er ingen tvil om at dette materialet er utrolig viktig og er, og vil fortsette å være stor del av tiltakene iverksatt i bygg- og anleggsbransjen i framtiden. Derfor er det attraktivt for gruppen å ta for seg en slik oppgave. I tillegg til innsikt i den teoretiske anvendelsen av materialet, gir også oppgaven rom for beregninger og dimensjonering av elementer. I løpet av studietiden har gruppen hatt flere emner som tar for seg dimensjonering av betong, derfor var det naturlig å se nærmere på dette aspektet.

Denne oppgaven tar utgangspunkt i klassifikasjon, utfordringer og anvendelse av

---

lavkarbonbetong. Det blir derfor naturlig å se på hovedaspektene som påvirker valg mellom de forskjellige lavkarbonklassene, som prispåvirkning og tiltak nødvendig på byggeplassen. Vinklingen er i hovedsak fra en entreprenørs ståsted, men med inn-syn fra betong- og elementleverandørers synspunkt. Etter kort samtale med ekstern veileder ble vi opplyst om at lavkarbon- og tradisjonell betong dimensjoneres helt likt da de har samme styrke egenskaper. Dette ønsket vi å få med i oppgaven, som et poeng i seg selv.

### 1.2.1 Problemstilling

Denne oppgaven er tildelt gjennom Skanska Norge AS. En stor del av bacheloropp-gaven vil omhandle hva som skal til for å kunne klassifisere betong som lavkarbon, hvordan den blir brukt i praksis og hvordan blant annet temperaturen påvirker gjennomføring. Gruppen skal hovedsakelig se nærmere på klimaambisjonene som Skanska og Trondheim kommune har satt ved Nidarvollprosjektene i Trondheim. I tillegg til dette, har gruppen bestemt å inkludere dimensjonering av et påstøpt bjelke i oppgaven. Målet med dimensjoneringsdelen er å se på karbonavtrykket i  $CO_2$ -eq bespart på utbytting av standard betong til Lavkarbon A, og sammenligne dette til besparelsen gjort ved reduksjon av betongmengden. Dette for å vise kompetanse og kunnskap som ble tilegnet gjennom fordypningen i konstruksjonsteknikk. Samtidig knytte dimensjoneringen opp mot  $CO_2$  utslipp, for å vise sammenheng og forståelse. Målet med denne bacheloroppgaven er å lære og bli godt kjent med lavkarbonbetong og dens bruksområder. Dette skal gruppen jobbe med gjennom utførelse av en rekke praktiske oppgaver i kombinasjon med litteraturlesing.

### 1.2.2 Omfang og avgrensing

Oppgaven skal i stor grad ta for seg lavkarbonbetongens egenskaper og tilsetnings-materialer, samt hvordan et lavere innhold sement påvirker støpeligheten og herde-tiden av materialet. Med bakgrunn i at medlemmene ikke har hatt betongteknologi-spesifikke fag, vil det naturligvis være begrenset med dybde i materialsammen-setningen til lavkarbonbetong, og de kjemiske reaksjonene som oppstår mellom de forskjellige tilsetningsmaterialene og sementen.

Det vil heller ikke gjøres rede for AUV-, lett- eller sprøytebetong, ettersom disse er spesialbetonger og litteraturen vi baserer oppgaven på ikke gjelder for disse.

Oppgaven vil også baseres på funn som gjøres under befaringer og intervju. Disse vil



---

i hovedsak være verbale og uspesifikke, samt er det stor sjanse for personlige og subjektive kommentarer. Naturligvis ble også fokuset større på rehabiliteringsbygget, ettersom det ble utforsket mest under befaringen.

I dimensjoneringen vil beregningsgrunnlaget være tatt i betraktning, Focus programvare vil brukes for utarbeidelse av diagrammer. Con-Form veggen og det forspente dekke er viktige elementer i prosjektet, og ble dermed inkludert. Kun plasstøpt bjelke vil bli grundig dimensjonert grunnet tidsbegrensing. For de resterende elementene vil besparelse av klimagasser regnes ut. Grunnet begrenset dokumenttilgang vil gruppen gjøre nødvendige forenklinger og antagelser. I dimensjoneringsdelen vil betong B35 M45 hovedsaklig bli brukt, ettersom det er denne betongfastheten som hovedsaklig brukes i Nidarvollprosjektene.

---

## 2 Metode

I dette kapittelet skal fremgangsmåten for samling av informasjon som bacheloroppgaven baseres på, presenteres og begrunnes.

### 2.1 Litteratur

Flere eurokoder, artikler og rapporter ble brukt i denne bachelor-rapporten som grunnlag til teorien og dimensjonering av lavkarbonbetong. Liste over hovedlitteraturen brukt:

- NB37 - Lavkarbon utarbeidet av Norges Betongforening
- Lavkarbonbetong MEMO fra Skanska Teknikk
- Betong med høy flyveaskedosering av Frederic Aarnæs Hermansen
- Plantegninger og prosjekteringsforutsetninger - Multiconsult
- Montasjetegninger - Conform
- Betongkonstruksjoner av Svein Ivar Sørensen
- NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019
- NS-EN 1991-1-3 pkt. NA.4.1-1

Alt av tabeller og figurer, er enten produsert av gruppen og tilhører prosjektet, eller hentet ut fra relevante dokumenter som omhandler Nidarvollprosjektene og lavkarbonbetong. Ved utregning av de forskjellige konstruksjonsdelene, ble formler hentet ut fra Eurokodene og Norsk Standard, samt Betongkonstruksjoner. Alle gruppe medlemmene har jobbet sammen under dimensjoneringsdelen.

### 2.2 Befaring og intervju

For å kunne besvare og diskutere problemstillingen i rapporten, har gruppen tilegnet mye informasjon gjennom intervju og befaring. I samarbeid med ekstern veileder ble det tidlig planlagt å besøke byggeplassen og snakke med byggherre, entreprenør, fagarbeidere, betongprodusent og andre leverandører. Dette for å få større innblikk

---

i hva lavkarbonbetong innebærer, og for å få bekjentskap rundt temaet i praksis. Samtalene og intervjuene ble tatt opp etter samtykke, for å kunne referere tilbake til opptaket og sikre at ingenting ble glemt eller misforstått. Denne delen tar for seg prosessen og gjennomføringen mens utdypende informasjon kommer senere i rapporten.

## Nidarvollprosjektene

Første befaringen var til Nidarvollprosjektene i Trondheim, utført 02.02.2022. Forarbeidet i forkant av befaringen inkluderte orientering rundt prosjektet og klargjøring av spørsmål rundt temaet. Målet med befaringen var å se prosjekene i sin helhet, samt forstå hvordan Skanska hadde tenkt rundt beslutningene som ble tatt. Denne befaringen ble utført sammen med ekstern veileder, Sverre Smeplass, og prosjektleder for Nidarvollprosjektene, Frode Sæther.

Under samtalene skulle de ulike utfordringene prosjektet har hatt hittil samt klima- og miljøambisjonene utforskes ytterligere, og forståelsen rundt bruken av lavkarbonbetong skulle utdypes. Både utfordringer knyttet til prosjektet i sin helhet og utfordringer knyttet til lavkarbonbetong. Avslutningsvis var det hensiktsmessig med runde i byggeplassen for å knytte trådene sammen og se sammenhengen mellom tegninger i programvare og virkeligheten.



Figur 3: Rehabiliteringsbygget



Figur 4: Nidarvollprosjektet

---

## Unicon

Betongleverandøren for Nidarvollprosjektene er Unicon, og befaringen dit ble utført 01.03.2022. Hensikten med befaringen var å lære mer om lavkarbonbetong produksjonsmessig. Befaringen ble utført sammen med fagsjefen Kari Aarstad. Besøket hos Unicon var også delt inn i to deler. Den første delen var intervju/samtale og den andre delen en runde i fabrikk for å kunne se hvordan produksjonen fungerer i praksis. I intervjuet fikk gruppen svar på flere viktige spørsmål som tok for seg tilgjengelighet, prosess, tiltak, utfordringer og mye mer.



Figur 5: Silo 4



Figur 6: Unicon befaring

## Con-Form

Siste befaringen gjennomført var 21.04.2022 hos Con-Form fabrikk i Orkanger. Denne befaringen ble gjennomført sammen med ekstern veileder, Sverre Smeplass, fagsjefen Ole Kvåle med produksjonsledere Jomar Fugløy og Jonas Wuttudal Øyaas. Målet med besøket var å få et større innblikk i produksjonsprosessen av prefabrikerte elementer. Informasjon rundt utfordringer i produksjon, lavkarbonklasse og prosess skulle avklares og videre var det ønsket å se elementenes støping i praksis.



Figur 7: Con-Form fabrikk besøk



Figur 8: Con-Form befaring

## Intervju

De gjennomførte befaringene var lærerike, men likevel var det et ønske om å ta en utdypende prat med miljørådgiver hos entreprenør, Oda Kyllingstad, og prosjektleder hos byggherren, Elin Randli. Det var derfor gjennomført to intervju for å samle informasjon fra forskjellige synspunkt. Elin Randli og Oda Kyllingstad sitter med grunnleggende kunnskap og utdypende informasjon rundt klimaambisjonene, motivasjonen, utregning og lignende som ble utvekslet under intervjuene. Det var dessuten mye å hente inn fra erfaringene til miljørådgiverne. Møte med Jomar Fugløy som er produksjonsleder i Con-Form ble også gjennomført i etterkant av befaringen. Møtet var spesifikt rettet mot EPD generator utviklet av LCA og dens funksjoner.

Tabellen under viser tidspunkt for gjennomført intervju og befaring

Dato	Sted	Fagperson
02.02.2022	Befaring - Nidarvollprosjektene	Frode Sæther
15.02.2022	Intervju totalentreprenør – Teams	Oda Kyllingstad
01.03.2022	Befaring og intervju - Unicon AS	Kari Aarstad
02.03.2022	Intervju byggherre – Teams	Elin Randli
21.04.2022	Befaring – ConForm fabrikk på Orkanger	Ole Kvåle
27.04.2022	Intervju ConForm - Teams	Jomar Fugløy

Tabell 3: Tidspunkt for befaring og intervju

---

## 2.3 Miljødeklarasjoner

I etterkant av befaringen med Unicon AS fikk gruppen utlevert EPD'er til sammenlikning av lavkarbonbetong og standard betong. Deklarert enhet er  $m^3$  betong gyldig for fasene A1 til A4. Prosesser som er inkludert i analysen er fra råvareuttak til produktet ankommer byggeplassen. Disse dokumentene hjalp mye ved utregning av  $CO_2$  utslipp og til sammenlikning av tradisjonell betong med lavkarbonbetong.

EPD'er for elementer brukt i Nidarvollprosjektet ble sendt fra Con-Form og Contiga. Disse elementene var i utgangspunktet støpt i lavkarbonbetong. Det var likevel mulig å utarbeide EPD'er for samme elementene i standard betong til sammenlikning.

EPD'er tilsendt fra Unicon:

- Lavkarbon Pluss-variant B35
- Lavkarbon Pluss-variant B20
- Lavkarbon A-variant
- Standard betong

EPD'er tilsendt fra Con-Form:

- Trapp Nidarvoll Lavkarbon A og standard betong
- Repos Lavkarbon A og standard betong
- Forspent Plattendekke Lavkarbon A og standard betong
- Slakkarmert Plattendekke Lavkarbon A og standard betong
- Forskalingsvegg Lavkarbon A og standard betong

EPD'er tilsendt fra Contiga:

- Hulldekke Lavkarbon A

---

## 3 Teori

Dette kapitlet vil se nærmere på klimautfordringene og klimaambisjonene i byggebransjen. I tillegg vil kapitlet dekke betydningen og bruken av BREEAM og BREEAM-NOR, CEEQUAL og EPD.

Deretter skal vi gå i dybden på en av tiltakene byggebransjen har utarbeidet, nettopp lavkarbonbetong.

### 3.1 Klimautfordringer

Handlingene utført de neste tiårene vil være avgjørende for utvikling av klimaendringene. I følge FN's klimapanel IPCC har den globale gjennomsnittstemperaturen økt med 0,85 grader de siste hundre år [13]. Tydelige klimaendringer i dag er blant annet kortere snøsesong, økning i vinternedbør og temperaturøkning. Andre utfordringer som tørke, ismelting og flom er også globale problemer. For å hindre en akselerert oppvarming er det avgjørende å redusere utslipp av klimagasser i alle sektorer. Dette innebærer at alle tar tak i problemet og samarbeider om felles mål. Byggebransjen alene står for 40% av de globale menneskeskaptene  $CO_2$  utslippene, hvorav sementindustrien er ansvarlig for omtrent 7-8% av utslippene. Ved diskusjon om utslipp av  $CO_2$  fra betong refereres det ofte til tall fra sementproduksjon. Dette skyldes at sement produserer størst andel av utslippene, hvor den kan stå for mer enn 90% av det samlede klimagassutslippet. [4]

Norgesprodusert portlandsement kan ha et karbonavtrykk på totalt 750 kg  $CO_2$ -ekvivalenter per tonn sement levert fra fabrikk. Av dette utgjør kalsineringen ca. 450 kg  $CO_2$  per tonn sement [4]. Kalsinering er brenning av kalsiumkarbonat som spaltes i kalsiumoksid og karbondioksid,  $CaO$  og  $CO_2$ . Denne prosessen utføres i sementovnene som fyres med organisk brensel opp til ca. 1400 grader. Sementklinkeren males etter nedkjøling med gips til da ferdig sement, og det er disse to mekanismene som står for det største bidraget i karbonregnskapet [3]. Det er foreløpig vanskelig å redusere karbonutslippet for betongprodukter til null. Likevel, er det mulig å ta i bruk tiltak for å kutte ned klimagassutslippet drastisk. Det har i kort tid kommet mange erstatningsmidler med gode bindemiddelegenskaper, med flere på vei. Disse er ofte restprodukter fra kull-kraftverk eller stålfremstilling, som i seg selv står for enorme mengder  $CO_2$  – utslipp. Heldigvis for betongen, knyttes karbonavtrykket til hovedproduktene, og dermed vil restproduktene slik som flygeaske eller slagg være energi- og karbonnøytrale.

---

Ordinær Portland Cement (OPC) er laget ved å knuse og blande kalkstein med andre materialer og mineraler som jern, aluminium og silisiumholdige mineraler. Produksjon av OPC fra kalkstein frigjør  $CO_2$ . Det er ikke uvanlig at klimagassutslippet ligger på mer enn 900 kg per tonn sement i andre deler av verden. Resulterende er portlandssementen produsert i Norge allerede en reduksjon, og et moderat utslipp i forhold. Dette kan årsakes flere grunner, blant andre;

- Primær bruk av hydroelektrisk energi, reduserer utslipp fra mekanisk energi.
- Stort andel biologisk brennstoff, som resulterer i lave utslippstall fra termisk energi.
- Norge har vært et foregangsland på blandingssementer, og har mange års erfaring når det gjelder innblanding av flygeaske.

Det er derfor ikke urimelig å påstå at Norge er blant de landene som slår best ut i den globale sammenlikningen [2].

Det kan nevnes at ved ferdigstilt betong er det en viss gevinst, nettopp at betong etter produksjon absorberer betydelige mengder av  $CO_2$  gjennom karbonatisering. Karbonatisering er den omvendte reaksjonen av kalsinering der betongkonstruksjoner tar opp  $CO_2$  fra atmosfæren og produserer kalsiumkarbonat og vann som et produkt gjennom konstruksjonens livssyklus. Denne prosessen kan bidra positivt til reduksjon av  $CO_2$ , men er ikke et  $CO_2$  reduserende tiltak.

## 3.2 Klimaambisjoner i byggbransjen

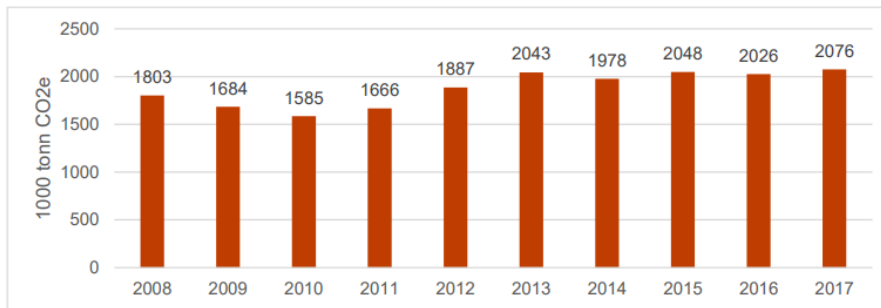
Utslippsfri byggeplass er en viktig klimaambisjon i byggbransjen i dag. Powerhouse Brattørkaia er et godt eksempel på bygg som satte miljøet først ved planlegging og prosjektering. Det er Norges største nybygde plusshus som i løpet av sitt levetid vil ha større energiproduksjon enn summen av det som gikk med til å produsere materialene, og som går med til å drive bygget. Dette inkluderer oppvarming, nedkjøling, lys og ventilasjon [37]. Innen 2030 skal klimagassutslipp i Norge reduseres med 55% [8]. Her er byggbransjens rolle betydelig for å nå målet. Dette resulterer i at flere virksomheter må ta tak i problemet fra ulike vinklinger. Per i dag er det utviklet flere gode miljøvennlige løsninger, det er likevel ikke alle som benytter seg av disse løsningene.

Figuren under viser tall på klimagassutslipp fra bygg- og anleggsvirksomhet fra 2008-2017. Det er tydelig en reduksjon på utslippene mellom 2009-2010, men også



---

en økning i følgende år. De siste årene har utslippene holdt seg ganske stabile. Det er disse tallene som må reduseres i nærmeste framtid.



Figur 9: Klimagassutslipp fra bygg- og anleggsvirksomhet

Politiske vedtak gjør at bedrifter er nødt til å sette seg klimamål så fort som mulig. Når store aktører begynner med dette, vil andre følge etter. Samarbeid mellom andre kommuner gjennom å utveksle informasjon forenkler denne prosessen. Det er etterhvert avgjørende for alle bedrifter å prosjektere og planlegge tidlig for å kunne redusere fotavtrykket.

FN's bærekraftsmål nr. 11, «Bærekraftige byer og lokalsamfunn» er et relevant mål for BAE-næringen. Ved å innføre innovative og fremtidsrettede løsninger i alle bedrifter, basert på krav utarbeidet internasjonalt kommer man et steg nærmere bærekraftsmålene.

Imidlertid er det noen aspekter som må tas i betraktning for å unngå risikoen og oppfylle målet om å redusere utslippet av klimagasser. En avgjørende faktum i byggebransjen er økonomi. Produktiviteten i et byggeprosjekt er viktig for framdriften. I noen tilfeller ønsker byggherre å velge rimeligste løsningen, uavhengig av om denne løsningen er miljøvennlig eller ikke. Det er derfor mer som skal til for å fremme miljøvennlig bygging i byggenæringen.

Miljøstyringssystemene sertifisert etter NS-ISO 14001 gir muligheter til å utarbeide planer for hvordan utslipp og energibruk kan reduseres, samt hvordan klimagassreduerende tiltak kan gjennomføres for hver bedrift. Miljøsertifisering av byggprosjekter oppmuntrer til ytterligere miljø-endringer og arbeid mot en bærekraftig byggeprosess. I følge miljødirektoratet er miljøsertifisering definert som “en ekstern verifisering av miljøstyringssystemet som gir omverdenen sikkerhet for at virksomheten arbeider seriøst med å redusere sin påvirkning på det ytre miljøet.”

Miljøsertifisering innebærer at virksomheten følger standarder for oppbygging og oppfølging av miljøstyringssystemet [25]. EPD, BREEAM og CEEQUAL er sertifis-

---

seringsverktøy brukt for å dokumentere aktuelle miljøtiltak.

### 3.2.1 EPD

Med en økt bevissthet rundt konsekvensene av miljøforurensning, har behovet for dokumentasjon av miljøbelastning blitt nødvendig. For å dokumentere og deklare miljøbelastningen eksempelvis for et produkt på en enkel, standardisert og objektiv måte, har miljødeklarasjoner blitt utarbeidet. Forkortelsen EPD brukes både i Norge og internasjonalt, og står for *Environmental Product Declaration*.

EPD er en kortfattet miljødeklarasjonserklæring som oppsummerer miljøprofilen til en komponent, et ferdig produkt eller en tjenste. EPD'er baseres på livsløpsanalyse (LCA) etter ISO 14040-14044 [10]. Standard Norge's NS-EN ISO 14040:2006/4/ og /5/ tar for seg reglene og eventuelle krav for utarbeidelse av LCA. Dette gjør det mulig at miljøinformasjonen lar seg sammenligne uavhengig av region eller land, hvor kravet om objektivitet og sammenlignbarhet sikres av standardene. Derfor er det mulig å kunne sette opp miljøprofiler mot hverandre og basere eventuelle valg på miljødeklarasjonene.

I utgangspunktet finnes det to typer EPD'er, produktspesifikke og prosjektspesifikke. Produktspesifikke EPD'er leveres fra produsent/leverandør og er registrert og publisert hos EPD-Norge. Denne tar for seg transport, installasjon bruk og avhending, med ett eller flere representative scenarioer. Slike produktspesifikke EPD'er har en gyldighet på 5 år, og både personen som legger inn data og kontrollerer miljødeklarasjonen, må være godkjent av EPD-Norge på bakgrunn av kurs i regi av verktøyet [4]. Prosjektspesifikke EPD'er leveres fra produsent/leverandør for et individuelt prosjekt, eller kunde. Forskjellen mellom disse er hovedsaklig tilgjengeligheten, da den refererer til en allerede publisert og registrert EPD i EPD-Norge, og tilpasses kunden eller prosjektet. Prosjektspesifikke EPD'er baseres på produktspesifikke EPD'er, men tar for seg mer bestemte data for eksempel transporten til byggeplass og montasje (A4 og A5).

EPD utarbeidelse er basert på produktkategoriregler (PCR) som må følges, disse er standardisert i NS-EN 15804/7/. For betong benyttes PCR: NPCR 020:2018 [4]. Konkrete tall på produktets miljøbelastning kan regnes ut gjennom EPD-Generator, blant annet klimafotavtrykk, energiforbruk og andelen resirkulert og resirkulerbart materiale. Dette er et WEB-basert regneverktøy utarbeidet av LCA, og finnes på [www.lca.no](http://www.lca.no). Verktøyet tar for seg gjeldende standarder, retningslinjer fra EPD-Norge og produktkategorireglene definert i NCPS 020:2018. Disse EPD'ene inklu-

---

derer livsløpet, fra port til vugge, eller råvareuttak til fabrikkport og transport (A1-A4). Bedrifter bruker EPD for å dokumentere klima- og miljøfotavtrykket til egne produkt. EPD'ene brukt i denne oppgaven er tilsendt fra leverandør eller hentet ut fra EPD-Norge. Listen under viser hva EPD'ene vanligvis inkluderer, per  $m^3$  ferdigbetong.

A1 = Råvarer til fremstilling

A2 = Frakt av råvarer

A3 = Produksjonsprosess

A4 = Transport til byggeplass

A5 = Installasjon/montasje

Parameteren A5 inkluderes ikke i alle EPD'er. Denne parameteren tar for seg installasjon av produktet. Eksempelvis, kan det være et prefabrikkert element som skal monteres. I realiteten er A5 veriden mye mindre, og utelattes ofte i utregningene.

GWP-verdiene er oppgitt i standard enhet kg  $CO_2$ -ekvivalenter (eq) som brukes i klimagassregnskap. Det er mange forskjellige gasser som slippes ut ved produksjon av en vare, ved å omregne og bruke felles faktoren kg  $CO_2$  - eq, er det mulig å sammenligne utslippene. Enheten tilsvarer den effekten en gitt mengde  $CO_2$  har på den globale oppvarmingen over en gitt tidsperiode, som regel 100 år [7].

### 3.2.2 BREEAM og CEEQUAL

BREEAM står for Building Research Establishments Environmental Assessment Method, og er Europas ledende miljøsertifiseringsverktøy for bygninger. I Norge brukes BREEAM-NOR, som er den norske tilpasningen av BREEAM og eneste metoden for sertifisering av bærekraftige bygg. Formålet med denne sertifiseringen er å motivere til bærekraftig bygging gjennom hele byggeprosjektet, fra tidlig fase til overlevert bygg. BREEAM-NOR har fem forskjellige nivåer; Pass, Good, Very Good, Excellent og Outstanding [17]. Bedrifter må kunne dokumentere at de kvalifiserer til et bygg med BREEAM-NOR sertifisering. Dette gjøres gjennom en sjekklister. Det er altså sjekk om produktet omfattes av kravene i BREEAM-NOR. Dersom det er tilfelle, må det utarbeides dokumentasjon som viser at kravene har blitt tilfredsstilt. Denne sertifiseringen tar hensyn til blant annet; materialbruk, energibruk, stedstilpasning, inn klima og utslipp av miljøskadelige stoffer til luft og vann.

---

Et annet miljøsertifiseringsverktøy er CEEQUAL. CEEQUAL er et internasjonalt verktøy som kan fremme bærekraft og kvalitet i alle typer anleggsprosjekter. Verifisering i CEEQUAL kommer også gjennom evidensbaserte vurderingskriterier. Dette gir et resultat som kan offentliggjøres og brukes for å måle prosjektets bærekraft. Virksomheter kan utnytte CEEQUAL for å få til et bedre resultat.

### 3.3 Lavkarbonbetong

Lavkarbonbetong kort forklart er betong som erstatter deler av sementen med alternative bindemidler, i hovedsak flygeaske og silikastøv, men også slagg. Offisielt blir lavkarbonbetong definert som konstruksjonsbetong der det er gjort tiltak for å begrense klimagassutslippet, som da samsvarer med reglene i NS-EN 206 +NA/1/[4]. Lavkarbonbetongen kjennetegnes tradisjonelt med lang herdetid grunnet lav varmeutvikling og dette gir den et dårligere rykte da brukspotensialet blir redusert.

Lavkarbonbetong er ikke nytt for Skanska, ettersom det i grunn er det samme som lavvarmebetong. De har 20 års erfaring og har lært masse fra prosjekt som Opera- og Bjørvikatunnelen om bruken av flygeaske i betong. Vegvesenet og Norbetong brukte begrepet “lavkarbonbetong” allerede i 2012/2013 grunnet høyt innhold flygeaske. Det er først etter Norges Betongforening publikasjon NB37 i 2015 at lavkarbonbetong ble brukt konsekvent om betongbruken på prosjekt. [37]

#### 3.3.1 Klassifisering

Lavkarbonbetong klassifiseres i 4 forskjellige klasser. Etter revisjon i 2019 ble Lavkarbon C fjernet, da det i realiteten er ekvivalent med dagens standard betong levert i Norge. De høyeste klassene er Pluss og Ekstrem som tilfredsstilles når potentialet av alternative bindemidler, henholdsvis flygeaske og slagg, er fullt utnyttet. Disse klassene er strengere enn klasse A, og i mange tilfeller blir begrenset av NS-EN 206+NA regler om materialsammensetning. Lavkarbonklassene Pluss og Ekstrem må forventes å ha begrenset tilgjengelighet i markedet [4]

Det er nevneverdig at Lavkarbon Pluss ble definert nylig i 2019 etter suksessfull full utnyttelse av flygeaske og silikastøv i et pilotprosjekt [37], dette ble utført av Skanska’s sjefsrådgiver Sverre Smeplass som også var en av de som ajourførte NB37.

Grenseverdiene for de ulike klassene er definert med en øvre klimagassutslipp grense for fasthetsklassene B20-B65. Publikasjonen NB37 definerer disse klassegrensene, og

vises i Tabell 4.

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

Tabell 4: Lavkarbonbetongklasser med grenseverdier for klimagassutslipp

På markedet i Norge har sementen en viss mengde flygeaske allerede, etter betydelige tiltak for å redusere klimagassavtrykket. Dette medfører at ambisjonene for karbonreduksjon økes, slik at utviklingen kan drives videre. Måten NB37 publikasjonen setter dette i gang er å blant annet ved å oppdatere bransjereferansen dersom utviklingen går i riktig retning. Dette ved å sette strengere men realistiske krav, og gi et godt utgangspunkt til tilfredsstillende av krav til de forskjellige lavkarbonklassene. Prosjekt som vil definere betongbruken som lavkarbon, må utføre tiltak slik at det plasseres minst i Lavkarbon klasse B, men det er først ved Lavkarbon A man får en betydelig reduksjon. Tilstrekkelig dokumentasjon i form av EPD'er må være utarbeidet. Fastheten har mye å si når det gjelder oppnåelse av de ulike klassene, da det blir lettere og billigere å oppnå B20, Lavkarbon A, enn B45, Lavkarbon Pluss som har samme krav til klimagassutslipp.

Tabell 5 viser de gamle grenseverdiene som den produktspesifikke EPD'en for betong måtte tilfredsstillende før revisjonen i 2019 til sammenligning. Fasthetsklassen B65 og Lavkarbon Pluss og Ekstrem var ikke definert i den forrige revisjonen.

Fasthetsklasse og lavkarbonklasse	B20	B25	B30	B35	B45	B55
Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO <sub>2</sub> - ekv. per m <sup>3</sup> betong]						
Bransjereferanse	280	300	320	370	420	430
Lavkarbon C	240	260	280	320	360	370
Lavkarbon B	200	220	240	270	310	320
Lavkarbon A	170	180	200	210	240	250
Lavkarbon Pluss						
Lavkarbon Ekstrem						

Tabell 5: Forenklet tabell NB37(2015) - Grenseverdier (utgått)

### 3.3.2 Tilsetningsmaterialer

Tilsetningsmaterialene er pozzolane, som betyr at de danner bindestoffer ved reaksjon med kalsiumhydroksid som frigjøres når sementen herder. Pozzolaner finnes naturlig i vulkanske bergarter, men blir typisk kunstig fremstilt i form av brente leir-mineraler, eller flygeaske fra kullfyrte kraftverk. Tilsetningen blandet med kalk har i realiteten de samme egenskapene som sement, og bidrar til økt styrke. Kalkstein-mel tilsettes vanligvis i 4-5% av klinkerinnholdet, som også reduserer miljøavtrykket til betong [37]. Selv om sementens sammensetning og egenskaper ikke endres, vil egenskapene til betongen endres. Blant annet støpeligheten, porøsiteten og temperaturutvikling påvirkes. Tilsetningsstoffene som brukes i dag for å oppnå reduksjon av sementbruk i betongen er flygeaske, silikatstøv og slag [16].

Økt pozzolaninnhold bidrar til en mindre permeabel betong, den er tettere og minimerer saltgjennomtrengingen i betongen. Pozzolaner som flygeaske og silikastøv har gunstig effekt og bidrar positivt ved bevaring av stabiliteten og økt kloridmostand [16]. Det kan dog også påvirke bearbeidheten ved å gi en seigere masse.

I praksis vil denne reduksjonen av klimagassutslipp være synlig gjennom tilbudet til sementleverandørene. Ren portlandsement har et karbonavtrykk på 800 kg  $CO_2$  - eq per tonn sement levert fra fabrikk, denne blir i grunn ikke brukt i Norge. Norgesprodusert portlandsement, eller industrisement, har et karbonavtrykk på ca. 720 kg  $CO_2$  - eq per tonn sementblanding [19]. Grunnet tilsetningen av gips som gir en ønsket effekt om langsommere reaksjon i betongen. Norcem leverer også standardsement FA, hvor FA står for tilsatt flygeaske og resulterer i et karbonavtrykk på ca. 585 kg/tonn sement [42]. I Tabell 6 vises prosentandelen av tilsetningsmaterialene for industrisement, standardsement FA, anleggsement og anleggsement FA levert av Norcem.

Produktspesifikasjon for	Industrisement	Standardsement FA	Anleggsement	Anleggsement FA
Materiale	%	%	%	%
Klinker	90,86	72,92	90,67	75,54
Gips	4,9	4,86	5,95	5,45
Kalkmelfiller	4,24	8,41	3,38	4,02
Flygeaske	0	13,81	0	14,99
<b>GWP - verdi [CO<sub>2</sub>-eq/tonn sement]</b>	<b>716</b>	<b>581</b>	<b>726</b>	<b>607</b> [A1 - A3]
Transport fra Brevik til siloene i Norge	2,61	2,61	2,61	2,61 [A4]
<b>Sum [CO<sub>2</sub>-eq/tonn sement]</b>	<b>719</b>	<b>584</b>	<b>729</b>	<b>610</b>

Tabell 6: Produktspesifikasjon for Norcem sementer

Tabell 7 viser sementinnhold, sement/tilsetningsmateriale forholdet og resulterende  $CO_2$  - eq vist for standard betong, Lavkarbon A og Lavkarbon Pluss. Verdiene er basert på betongdeklarasjoner og prosjektspesifikke EPD'er tilsendt av Unicon.

Klasse	Standard betong	Lavkarbon A	Lavkarbon Pluss
Sementtype	Norcem Standard FA	Norcem Standard FA	Norcem Standard FA
Sementinnhold [kg/m <sup>3</sup> ]	354	291	214
Flygeaske/semment forhold	0,00	0,20	0,21
Silika/semment forhold	0,04	0,06	0,23
Masseforhold	0,43	0,43	0,44
Fasthetsklasse	B35	B35	B35
Bestandighetsklasse	M45	M45	M45
<b>GWP-Verdi [kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>]</b>	220,90	209,39	162,09

Tabell 7: Betongsammensetning og klassifikasjon

I utgangspunktet er alle lavkarbonklasser tilgjengelige i Trondheim, men ikke alle er like gunstige. Unicon AS leverer opp til lavkarbonklasse Pluss, som er det med høyest innhold flygeaske og silikastøv. Lavkarbon Ekstrem som utnytter slagg fullt ut er mindre brukt, men kan leveres av andre betongleverandører.

Tilsetningsmaterialene er restprodukter fra industri som står for store mengder  $CO_2$ -utslipp, og med det grønne skiftet vil tilgangen til disse minke i fremtiden. Derfor blir det utført arbeider og forskning på nye tilsetningsmaterialer, som det gjøres rede for i kapittel 3.4

### 3.3.2.1 Flygeaske

Flygeaske er partikler med aske som er 100  $\mu\text{m}$  og mindre i størrelse. Asken stammer fra kullfyrte kraftverk, og følger med røykgassene. Flygeaske er et pozzolant pulver og består hovedsaklig av de samme grunnstoffene som sement, derfor fant dette restproduktet både teknisk- og miljøanvendelse som tilsatt i nettopp, sement. Klimautslippet til restprodukter som flygeaske anses som null, og mer bærekraftig bygging kan på denne måten oppnås. Flygeaske har konsekvenser for egenskapene til den ferdigstilte betongen, den blir tettere og får redusert varmeutvikling, som også resulterer i redusert riss-risiko [4].

Ved beregning av masseforhold og effektiv bindemiddelmengde, er det viktig å benytte seg av NS-EN 206+NA. Tilsatt flygeaske kan tas med i beregning av masseforhold dersom det er gitt regler for disse i tabell NA.9, som inneholder en rekke sementer. Standarden angir k-verdier for de ulike bestandighetsklassene [4].

Det kan i utgangspunktet regnes med k-verdi til en øvre grense, typisk 35% flygeaske. Dersom det tilsettes flygeaske over maksimalgrensen settes k-verdien = 0 for denne, forutsatt at det faktisk er stilt krav til frostbestandighet (Eksponeringsklassene XF1 til XF4) [4].

---

Beregningen av flygeaskens %-innhold i bindemiddelet skal inkludere flygeasken som allerede er malt inn i sementen. Ved overstigelse av 20% skal frostmotstanden dokumenteres, uansett type sement.

Transporten i dag er fra typisk Polen eller Tyrkia, og denne blir tatt med i beregningene av klimagassutslipp. Tilgangen på flygeaske blir redusert som følge av at flere kraftverk i Europa stenges. Det medfører sterke variasjoner av tilgang gjennom året [20].

### **3.3.2.2 Silikastøv**

Silikastøv er et restprodukt av smelteprosessen ved produksjon av silisium og ferrosilisium. Det er et pozzolan på lik linje som flygeaske.

Silikastøv bidrar til bedre stabilitet mot steinseparasjon og vannutskillelse, den øker styrken og levetiden til betongen. Støvet fungerer som et stabiliserende virkemiddel. Særlig merkbare forandringer i betong med masseforhold M40 og lavere. Generelt så har silikastøv gunstige egenskaper både i fersk betong, da den gir stabiliserende egenskaper og lettere bearbeidelse, og i herdet betong [4]. Det har imidlertid også negative konsekvenser som økt fare av uttørkning og derfor sprekker i overflaten, særlig er det fare for dette ved sommerstid og store overflater.

Største tillate totale mengde av silikastøv er 11% som kan regnes med i samlet bindemiddelmengde [4].

### **3.3.2.3 Slagg**

Slagg er et restprodukt av stålfremstilling, og ikke godt tilgjengelig som alternativt bindemiddel i Norge. Den er i utgangspunktet bare tilgjengelig i ferdige sementer.

Slagg er et tilslagsmateriale som kan tilsettes i veldig store mengder, inntil 80%, og medfører derfor veldig lavt sementforbruk. Den ønskede lavkarbonklassen kan dermed oppnås enklere, med Lavkarbon A som standard ved betongleverandører som benytter seg av slaggsement [4].

Varmeutviklingen avhenger av typen slagg brukt som tilsetningsmateriale. Vanligvis er effekten mindre enn ved bruk av flygeaske. Ved slagg finnes andre ugunstige konsekvenser. Det trengs for eksempel en høy andel slagg i bindemiddelet dersom lavvarmebetong vil oppnås. En høy andel slagg gir et stort autogent svinn, som øker faren for opprissing i fastholdingssituasjoner. Effekten av termisk dilatasjon er den



---

samme som for andre betonger, men temperaturinduserte spenninger i konstruksjoner er ofte et stort problem. Dette opphever delvis den gunstige effekten av lav varmeutvikling, som i utgangspunktet reduserer maksimaltemperaturen [4].

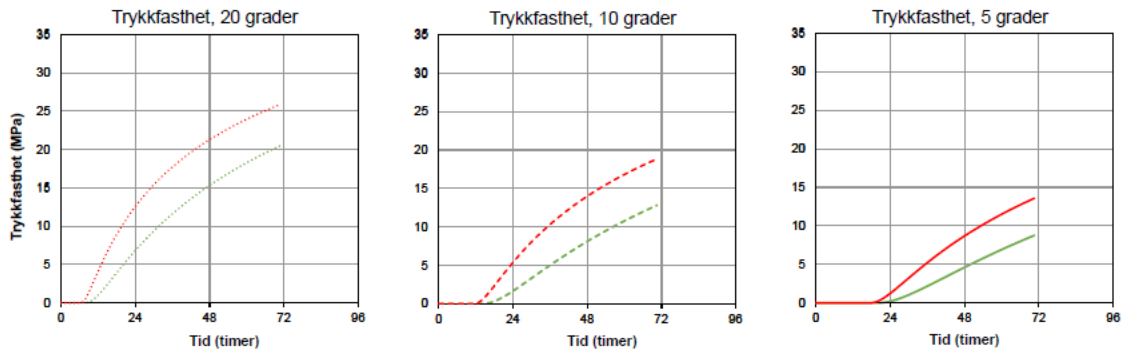
### 3.3.3 Temperaturpåvirkning

Lavkarbonbetong er veldig temperatursensitivt som resulterer i langsom temperaturutvikling. Bruk av tilsetningsmaterialer som flygeaske og slagg har konsekvenser for fasthetsutviklingen til betongen. Den blir nemlig langsommere sammenlignet med standard betong. Lengre herdetid og liten tidligfasthet gjør at lavkarbonbetong blir relativt upopulært i bygge- og anleggsindustrien. Likevel, er det først ved Lavkarbon klasse A, Pluss og Ekstrem denne effekten har store konsekvenser for prosjektet i form av forsinket produksjon.

Norge spesielt har ganske tøffe værforhold året rundt, med ekstreme vindkast langs kysten, og sure temperaturer som holder seg stødig under frysepunktet. Disse ugunstige værforholdene gjør at bygg- og anleggsbransjen må utføre veldig mange og ulike tiltak slik at konstruksjonene får den siktede styrken. Disse tiltakene har allerede vært nødvendige ved standard betong, som har en raskere fasthets- og dermed også temperaturutvikling. Lavkarbonbetong er mye mer sensitiv til temperatur, og trenger derfor strengere tiltak, som igjen slår ut ikke minst på økonomien til prosjektet, men også klimagassregnskapet. Det er viktig å presisere at klimagassgevinsten man oppnår ved bruk av lavkarbonbetong alltid er mye større enn den negative effekten av vintertiltakene. Eksempelvis så var forholdet ca.  $1/10$  på Brattørkaia Powerhouse-prosjektet [37].

Tiltakene som utføres for å ta hensyn til den langsomme fasthetsutviklingen starter allerede i sementblandingsfasen hvor det kompenseres med at tilsetningsmaterialer males med økt finmalingsgrad på det ferdige sementproduktet. Dette gjør at sementen er mer finkornet som bidrar positivt til betongens stabilitet og støpelighet. Betongen utleveres også fra blandeverk med tilsiktet temperatur på  $20^{\circ}\text{C}$  [20].

Et viktig poeng er at lavkarbonbetong er mindre temperaturfølsom enn standard betong ved lave temperaturer. Dette medfører at forskjellen i fasthetsutviklingen mellom disse betongene er relativt mindre ved 0 grader enn ved 20 grader. Dette er gjeldende for lavkarbonbetong basert på flygeaske, ved bruk av slagg blir forskjellen større [4].



Figur 10: Fasthetsutviklingen ved 20, 10 og 5°C for B30 i LKB og standard betong

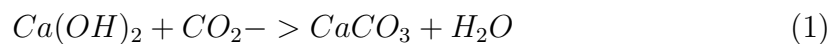
Figur 10 viser tabeller hvor temperatursensitiveten til lavkarbonbetong [grønn] måles i sammenligning med standard betong [rød]. Begge betongene vil oppnå sin dimensjonerte fasthet, her er bare 3 døgn plottet for å vise tidligfastheten. Disse tabellene viser godt den største ulempen med lavkarbonbetong, nemlig at den er ganske treg og temperaturfølsom [37].

Ved oppspente konstruksjoner er det er alltid krav til oppspenningsfasthet på 25 MPa. Det går litt tregere å oppnå riktig fasthet ved bruk av lavkarbonbetong, men dette kan det kompenseres for ved å benytte vintertiltak som isolasjon, eller tilføring av varme.

### 3.3.4 Karbonatisering

Karbonatisering kort oppsumert, er når karbondioksid ( $CO_2$ ) fra atmosfæren trenger inn betongelementet og reagerer med kalsiumhydroksid ( $Ca(OH)_2$ ) som er tilstede i betongstrukturen. Denne reaksjonen er det omvendte av kalsinering, og gir kalsiumkarbonat, eller kalkstein ( $CaCO_3$ ).

I fremstillingen av sement produseres brent kalk ( $CaO$ ) og karbondioksid ( $CO_2$ ) som resultat av kalsineringen av kalkstein ( $CaCO_3$ ). Det er den brente kalken som benyttes i sement. Når det deretter tilsettes vann i betongblandingen, vil kalsiumhydroksid dannes ( $Ca(OH)_2$ ), eller Portlanditt. Dette kjemikaliet vil i retur reagere med ( $CO_2$ ) som trenger inn i betongen fra omgivelsene og *karbonatisere* tilbake til kalkstein ( $CaCO_3$ ) [Formel (1)],



---

Det er viktig å nevne at det er begrenset mengde av kalsiumhydroksid tilstede i betongen.  $CO_2$  vil fortsette å trenge inn i betongen og senke pH-verdien dypere i konstruksjonselementet. Mer porøs betong fører til mer karbonatisering, ettersom  $CO_2$  trenger lettere inn i konstruksjonen, faren for armeringskorrosjon økes og elementets levetid forkortes. Konstruksjonselementet vil til syvende og sist bli ødlagt på grunn av karbonatisering.

På den positive siden vil betong ta opp betydelige mengder ( $CO_2$ ) fra atmosfæren gjennom hele levetiden. Dermed kan det sies at betongen kompenserer litt for utslippene kalsineringen av kalkstein medfører. Det er en vanlig praksis at betong blir knust etter rivning av en konstruksjon, slik at overflaten blir større og fullstendig karbonatisering oppnås raskere.

Det er nevneverdig at denne reaksjonen skjer hovedsaklig grunnet sementinnholdet i betongen. Ettersom lavkarbonbetong har mindre innhold sement og større innhold pozzolaner reduseres betongens porøsitet, og konstruksjonen blir tettere. Dette resulterer dog i at karbonatiseringen ikke er like stor og konstruksjonselementets levetid blir lenger. Gunstigheten i klimagassutslipp man oppnår ved bruk av lavkarbonbetong er langt større enn mengden  $CO_2$  som blir karbonatisert.

### 3.3.5 Produksjon

Det er fullt mulig å få alle lavkarbonklassene levert fra betongleverandør, men ikke alle er like optimale. Eksempelvis er Lavkarbon Ekstrem veldig dyr ettersom slagg ikke er et lett tilgjengelig materiale i Norge. Foreløpig kan Lavkarbon Ekstrem leveres av Trønderbetong AS i Trondheim. Dette medfører at prosjekt kan i realiteten støpe ut alle konstruksjonselementene i Lavkarbon Pluss, i utgangspunktet er ikke det alltid det mest klimabesparende tiltaket.

I prefabrikkerte elementer har det skjedd en enorm utvikling de siste 15 år, og elementleverandører i dag kan levere prefabrikkater opp til lavkarbonklasse A. Det er imidlertid ikke kostnadseffektivt å bestille elementer i Lavkarbon Pluss, ettersom fasthetsutviklingen ikke er optimal for produksjonsflyten.

Alt fra massivelementer til forspente konstruksjonselementer kan leveres på prosjektene, med visse forbeholdninger. Det er enklere for produsenten å levere høyere fasthetsklasser, ettersom tidligfastheten er større. Likevel er det viktig å påpeke at høyere fasthetsklasser medfører større sementforbruk, som går i strid med den ønskede klimagassgevinsten man oppnår ved bruk av lavkarbonbetong.

---

Samtidig som utviklingen av lavkarbonbetong og implementeringen av denne i andre produksjonssektorer har flere utfordringer blitt notert, både i fabrikk og på byggeplassen. Det viser seg da at det er ugunstigst på byggeplassen, hvor flere tiltak må iverksettes for å opprettholde god fremdrift [30].

Et såkalt “symbiotisk forhold” kan utarbeides mellom totalentreprenørene og underentreprenørene. Elementleverandørene får et konkurransefortrinn ettersom kunnskap og erfaring tilegnes ved leveranse av utslippsreducerende produkter. I det grønne skiftet er dette en veldig stor fordel, ettersom krav og regler til klimagassutslipp vil i veldig kort tid fremover strammes inn. For totalentreprenøren gjelder det samme prinsippet. Under prosjektet vil flere utfordringer synliggjøres som kan i mange tilfeller være uforutsigbare. Erfaringer rundt håndtering av slike utfordringer tilegnes, og tiltak som reduserer avviket som ellers hadde oppstått kan utarbeides og optimaliseres. Dessuten bygges porteføljen og tilliten rundt slike prosjekt, som gjør forhandlingene fordelaktig for den prosjekterende.

### 3.3.6 Utfordringer

Det er klart at lavkarbonbetong utgjør en forskjell i karbonregnskapet. Likevel finnes det en tendens til å gjøre slik man alltid har gjort, som hindrer utviklingen videre [29]. Derfor er det kritisk å sette krav slik at det ikke er et valg å forbli passiv.

Ofte kan passivheten skyldes dårlig forståelse av tiltakene, det er lett å bytte til betong med lavere karbon uten å forstå hva dette innebærer for prosjektet. Tvilsomheten og motstanden internt rundt effektiviteten av klimatiltak er en nevneverdig utfordring byggebransjen står ovenfor. Motivasjonen for opplæring innen bærekraft etter mange års arbeid i bransjen kan være nokså lav. Det kan være vanskelig for enkeltpersoner å se nytten av reduserte  $CO_2$  utslipp som resultat av økte kostnader og arbeidskraft.

Tilleggs kostnader på bakgrunn av ekstra tid produksjonen av lavkarbon medfører, gir tilsynelatende ugunstige utslag på økonomien for både prosjekterende og byggherren. Det blir fort gjort å bytte ut det klimavennlige med det tradisjonelle når motvindt oppleves. Prosjekterende vil tjene penger, og dersom det oppleves at løsningen ikke er kostnadsgunstig vil de gjerne unngå de ekstra kostnadene. Bestiller må derfor sette minimumskrav, da dette motiverer prosjekterende og leverandører til å konkurrere. Her vil også prosjektets rådgivere være avgjørende, med kunnskapen sin kan de veie opp og forklare gevinsten oppnådd av innførte tiltak.

---

Bindemiddelmaterialer er greit tilgjengelig i Norge, det kommer likevel perioder hvor betongleverandøren kan gå tom. Per i dag sendes flygeaske med båt til Oslo fra Tyrkia eller Polen, og derfra sendes det med båt videre til siloene spredt i Norge [20]. Slagg er ikke så godt tilgjengelig i verden, det må eksporteres fra utlandet og transporteres ofte med lastebil som både er tungvindt, dyrt og ikke særlig klimapositivt. Andre grunner til lite eksport av slagg er fordi stålverk i utlandet ofte er plassert ved betongfabrikker, hvor restproduktet sendes direkte. Foreløpig blir slaggsement importert i stedet, og andelen brukt i Norge er ca. 10% [37].

Standardsement FA, som leveres av Norcem inneholder 18% flygeaske og 4% kalkmel fra fabrikk. Den største andelen silikastøv som kan og anbefales av Norcem å benytte seg av er 11%, for å lettere oppnå lavkarbonbetong. Silikastøv har blitt mye dyrere enn før, som resulterer i at betongleverandører er nødt til å bruke mindre mengder av denne for å forbli konkurransedyktige i pris [20]. Ved mangel av bindemiddelmaterialer i fabrikk er det i utgangspunktet bare å bestille standard betong, slik at prosjektet ikke stopper opp. Derfor er det viktig at forskningen og utviklingen av nye tilsetningsmaterialer fortsettes, slik at den positive fremgangen ikke opplever tilbakefall.

Andre utfordringer nevnt i produksjonsfasen er litt lengere blandetid, dette resulterer i at utstyret blir slitt raskere og produksjonen reduseres. Et viktig poeng er at betongleverandøren også har bygget opp erfaring og klarer å effektivisere produksjonen ved å tilføre akselererende tilsetningsstoffer, eller bruke varmt vann i blandingen. Sammenlignbart har elementleverandørene litt av de samme produksjonstekniske utfordringer, lignende tiltak for å akselere herdingen til lavkarbonbetongen må iverksettes. Blant annet kan formene betongen støpes i varmes opp, slik at temperaturutviklingen er raskere. Dette resulterer i mørkere overflate, som ikke alltid er like populært hos kunden [30]. Forbedringsområder rundt produksjonen inkluderer bedre støperutiner, og optimalisering av fasthetsutviklingskurven.

På byggeplassen kan lavkarbonbetong være utfordrende, spesielt ved vinterstøp grunnet temperatursensitiveten. Ofte vil prefabrikkerte elementer være på byggeplassen og monteres lenge før støpet begynner, som resultater i kalde overflater som kan ødelegge betongen. Her må det derfor fyres på begge sider av elementet for å unngå at betongen fryser, ofte med biogass [12]. I utgangspunktet er lavkarbonbetong et nytt begrep for lavvarmebetong som benyttes dersom temperaturinduserte riss vil unngås, og de samme fasthetsutviklingstiltakene vil derfor gjelde.

For mange entreprenører kan det å innføre tiltak de ikke er så godt kjent med være grunnen til at lavkarbonbetong unngås. Dette medfører selvfølgelig økonomiske

---

ugunstigheter, der kostadstillegg fremkommer i hvert ledd av prosjektprosessen. Derfor må reglene og kravene ved betongbruken på prosjektet settes av byggherren på forhånd.

Hovedsaklig så vil lavkarbonbetong være mindre gavmilding enn standard betong ved unøyaktig bruk av isolasjon, tilført varme og andre herdeakselererende tiltak om vinteren, derfor er det viktig å gjøre seg kjent med innholdet i NB37 og kontakte fagpersoner med den nødvendige faglige kompetansen.

### 3.4 Veien videre

Tilgangen på tradisjonelle substitutter som flygeaske, vil gå ned i framtiden. Det er derfor av stor betydning å finne nye alternative tilsetningsmaterialer for bruk i sementproduksjonen. Disse kan forekomme naturlig fra mineraler eller være restmaterialer fra ulike industrier.

Veien videre og utviklingen av nye SCM'er (*Supplementary Cementitious Materials*) er nevneverdig i denne rapporten. Gjenbruk av materialer, Karbonfangst (CCS), Biocrete, Futurecem og Newscem er noen av de pågående prosjektene per i dag.

#### 3.4.1 Gjenbruk av byggematerialer

Gjenbruk og rehabilitering av bygg vil utgjøre et avgjørende bidrag i det grønne skiftet. Oppgradering av eksisterende bygninger resulterer i halvparten så mye utslipp som det å rive og bygge nytt [36]. Dette er i hovedsak knyttet til blant annet produksjon av byggematerialer og transport. Gjenbruk av byggematerialer sparer penger og reduserer avfallet. En god del av utslippene kan kuttes ned ved gjenbruk av allerede brukt betong i andre konstruksjoner. Dette kan brukes som tilslag eller fyllmasse. Eksempel på dette er glass, som har kjemisk og pozzolan oppførsel. I studiet gjort av Halbiniak og Major om temaet, ble standard betong sammenlignet med betong som inneholder klinkererstatning. Her ble trykkfastheten på standard betong, og betong med 15% rent glassavfall målt etter 28 dager. Det viste seg at trykkfastheten på betongen med klinkererstatningen var høyere [14]. Glassavfall fra eldre bygninger har derfor potensial til å bli brukt som en delvis klinkererstatning eller et tilsetningsstoff i portlandssement.

Det er imidlertid også mulig å bruke nedknust, herdet betong som tilslag i den nye betongen. Vanligvis medfører det økt bruk av sement grunnet dårligere egenskaper

enn rene naturtilslag, og resulterer i negativt effekt på karbonregnskapet. Dette tiltaket kan føre til positive resultater dersom det er knapt med gode tilslagsressurser, i utgangspunktet blir knust betong mest brukt som bærelag i vei eller blir deponert. Avhengig av transportavstanden vil knust betong brukt som fyllmasse i vei resultere i lavere klimagassutslipp enn avfallsdeponering. I 2020 var det ca. 1.5 millioner tonn betong og tegl-avfall, omtrent halvparten levert til deponering, og bare 2% benyttet til fyll/dekkmasse [40].

	2020		
	Betong og tegl		
	Avfallsbehandling i alt	Brukt som fyll- og/eller dekkmasse	Levert til deponering
Avfallsmengde			
1 000 tonn	1 467	30	761
Prosent	100,00	2,04	51,87

Tabell 8: Avfallsregnskap etter materialtype og behandlingsmåte

Andre muligheter er ombruk av hele konstruksjonselementer. Dette medfører at elementene i bygget blir resirkulert i sin eksisterende form og til sitt opprinnelige formål. Bærende elementenes levetid er ofte lengre enn bygget det dimensjoneres for, derfor vil eventuelle omgjøringsprosess unngås. [33] Foreløpig er dette økonomisk krevende, og er begrenset av regelverket. Faren for resirkulering av miljøfarlige stoffer blir også tatt opp som en utfordring. Det problematiseres at Miljødirektoratet ender opp med løsere grenseverdier for miljøskadelige stoffer grunnet økt fokus og ønske om sirkulær økonomi. [33]

### 3.4.2 Karbonfangst

Karbonfangst, eller CCS (fra engelsk *Carbon Capture and Storage*), er en prosess hvor  $CO_2$  blir fjernet fra store utslippskilder. Prosessen går ut på å fange  $CO_2$  fra en industri og frakte den til et sikkert lagringsplass, for eksempel ca. 2.5 km under sjøbunnen i fjellgrunnen. Det gjelder da også de enorme utslippene av karbondioksid som et resultat av sementproduksjonen. [15].

Det å fange opp og lagre  $CO_2$  vil være en viktig del av tiltakene framover. Foreløpig er det meget kostbart, og behovet for videre utvikling er stort dersom det skal være et kostnadseffektivt klimatiltak.

Norcem og Heidelberg Cement Nord-Europa jobber for å nå visjonen om nullutslipp og lavkarbon bygging [27]. Karbonfangst er en del av Langskipprosjektet vedtatt i

---

2020 av Stortinget, som pågår hos Norcem. Her testes graden av vellykket fangst av karbondioksid ved utslippspunktet fra fabrikkene deres. På fabrikkene i Breivik er Norcem i gang med utbyggingen av et fullskala anlegg for karbonfangst som ferdigstilles 2024. [26]

Likevel kan man være skeptisk til måten  $CO_2$  lagres på. Selv om det er åpenbart at CCS er et flott alternativ for å nå målene satt i Parisavtalen, er man nødt til å vurdere det kritisk. Uhell og lekkasjer kan oppstå under transport, noe som kan forverre situasjonen og bidra til mer skade.

### 3.4.3 Nye alternative tilsetningsmaterialer

#### 3.4.3.1 Biocrete

Biocrete er et annet prosjekt som er igangsatt og forskes på. Det skiller seg fra lavkarbonbetong ved at klimagassutslippet fra sementen i stedet kompenseres ved permanent lagring av karbon i selve betongen. Derfor kan man si at Biocrete ligner litt på karbonfangst. Biokullet dannes ved en oppvarmingsprosess uten tilførsel av oksygen (pyrolysering) og støpes inn i betongen. Biokullet inneholder 90% rent karbon. Målet med biocrete er å kunne benytte seg av treavfallet som også utgjør en stor del av avfallet i byggebransjen, dette ved å hindre utslippene som forbrenningen av treavfallet hadde ført til. Produksjon av biokullet foregår i Norges første pyrolysefabrikk, ved Oplandske Bioenergis anlegg [32].

Biocrete bekjemper ikke bare utfordringen med avfall og  $CO_2$  som produseres gjennom prosessen, men det vil også redusere mengden sement brukt og resultere i karbonnøytrale eller til og med karbonnegative konstruksjonselementer. Foreløpig er biocrete fortsatt i utviklingsfasen, og det finnes ikke siloer for biokull. Det er dessuten dyrt å produsere biokull, produksjonen av denne kan derfor ikke være industristandard per dags dato.

Con-Form i samarbeid med Skanska og Betong Øst utfører fullskalaforsøk med Biocrete. Verdens første karbonnegative betongvegg ble her produsert med gode styrke- og stabilitetsegenskaper. ConForm kommenterer at det ikke er problemer med selve betongen, oppførselse- og utseendemessig skiller den seg ikke fra vanlig betong. Videre forskning med større finmalingsgrad på biokullet blir testet, dersom dette gir et kostnadseffektivt produkt vil fremtidens betongproduksjon muligens være et steg nærmere klimanøytral.



---

### 3.4.3.2 FutureCem

FutureCem er en annen sementtype som gir mer miljøvennlig betong, en såkalt leirebetong. FutureCem er utviklet og produseres av Unicons datterselskap Aalborg Portland i Danmark, og det er nå tilgjengelig på det norske markedet. Her vil en del av sementen som er ren klinker, være erstattet med brentleire (kalsinert leire) og kalksteinsmel (limestone) [49]. Erstatningen av vanlig sement med kalsinert leire er det samme prinsippet som med flygeaske og slagg, og gir ikke bare redusert klimaavtrykk ( $CO_2$ ), men også gode styrke egenskaper. Det er mulig med opp til 40% klinkerstatning og fortsatt oppnå samme egenskaper som ren portlandssement. [51]

### 3.4.3.3 NewsCem

NEWSCEM står for *NEW Supplementary cementitious materials in CEMENT production*, eller Framtidens sementer med nye substituttmaterialer på Norsk.

Strategien er å gradvis fase ut flygeaske, og erstatte med nye SCMer. Utifra resultatene Norcem har oppnådd er det tre nye SCMer som er kvalifisert for å kunne erstatte flygeaske. Standardiseringen og sertifiseringen av disse pågår. De tre kvalifiserte tilsetningsmaterialene er:

- Kalsinert leire fra Estland
- Pozzolansk bergart fra Island
- Forbrenningsasker og industrielle restmaterialer.

Det blir jobbet med å forberede bruk av disse inn i Norcems sementproduksjon. Det er blant annet igangsatt et internprosjekt hvor det planlegges og prosjekteres anlegg for å kunne teste de nye SCMene i reelle prosjekt. Dette er derimot betydelige industrianlegg og vil være kostnadskrevende. De nye SCMene som erstatning for flygeaske vil muligens være ute i markedet iløpet av 2024.

Byggherre	Veggesenet
RIB	Rambøll
Entreprenør	Skanska
FoU Institusjoner	NTNU, SINTEF, IBRI, HC Global R&D
Material leverandør	Mapei, Norcem FoU, NorBetong, Spenncon, Cementa FoU

Tabell 9: Involverte aktører i NewsCEM prosjektet

---

## 4 Nidarvollprosjektene

Nidarvollprosjektene bygges av Trondheim kommune i samarbeid med Skanska Norge. Det omfatter totalt 14 800  $m^2$  for skolene og 10 000  $m^2$  over fire etasjer for rehabiliteringssenteret. Powerhouse Brattørkaia og Heimdal Videregående skole har satt nye standarder for klima og miljø. Resulterende vil begge byggene prosjekteres til å ha et veldig lavt energiforbruk sammenlignet med tilsvarende bygg.

Nidarvollprosjektene var en kontrakt med samspillsentreprise. En slik kontrakt legger opp for samarbeid mellom partnere, hvor begge får likt ansvar for å oppnå det mest optimaliserte prosjektet [23]. Denne kontraktmetoden er samspill med insentiv, dette innebærer at det er ingen pris på prosjektet når tilbud blir gitt, men målprisen blir klarere underveis i forprosjektfasen. Dette fører til mindre konflikter mellom byggherre og entreprenør sammenlignet med totalentreprise. Her er det mye å vinne på utnyttelsen av kompetansen til både entreprenøren, rådgivere og underentreprenører, ettersom hver part vil kunne utnytte potensialet fullt ut [9].

### 4.1 Klimaambisjoner

Trondheim kommune er den tredje største kommunen i Norge, og som én av de 25 byene som skal lede den globale utviklingen, må det settes ambisiøse klimamål i både byen og den generelle virksomheten [48].

Ved Nidarvollprosjektene har Trondheim kommune satt faste miljøkrav, dette inkluderer blant annet at arbeidet skjer i henhold til Norsk Standard NS-EN ISO14001 og at større prosjekt skal miljøklassifiseres med BREEAM-NOR “Very Good” som minimumsmål ([29] og [23]). Selv om Nidarvollprosjektet oppnår Very-good standard for BREEAM-NOR sertifisering, er bygget ikke sertifisert på grunn av kostnadskutt.

Miljøstrategien for bygg inkluderer blant annet fossilfrie anleggsplasser, gjenbruk av materialer så langt det lar seg gjøre og klimagassregnskap for både materialbruk og energibruk. Det er satt krav om utarbeidelse av miljøoppfølgingsplan (MOP) for de forskjellige fasene. Dette beskriver hvordan miljøkravene følges opp, svares ut og dokumenteres. Ved Nidarvollprosjektene var samspillsfasen klart definerende for samarbeidet som ble utviklet mellom Trondheim kommune og Skanska Norge.

Andre mål som ble satt ved Nidarvollprosjektene er at klimafotavtrykket skulle reduseres med 30% i forhold til sammenlignbare referansebygg. Et referansebygg er i

---

utgangspunktet et bygg med samme geometri som det planlagte bygget. Hvis geometri ikke er avklart så kan “skoeseke”-formen benyttes. Det er en modell hvor typisk materialbruk, her for idrettshall og helsehus, blir definert. Den oppnådde reduksjonen er på totalt 50% fra materialer og energi. Energien prosjekteres i henhold til TEK17. Her blir det tatt uttak for prosjektfasen, hvor faktiske mengder av materialer og energi klimaambisjoner måles opp mot referansen. Det er først ved slutfasen at disse beregningene blir målt opp mot de faktiske verdiene, og her har Skanska oppnådd langt over de forventede verdiene.

Trondheim kommune forsker også på utviklingen videre med helt utslippsfrie byggeplasser ved å teste ny teknologi på Nidarvollprosjektene. Helt utslippsfri byggeplass var urealistisk, men flere tiltak ble innført. Dette må tilpasses markedet ettersom det er begrenset med utslippsfrie maskiner. Maskiner som var benyttet mest og var i nærrområde, var prioritert til å være fossilfrie. Per i dag brukes det 25 tonns elektriske gravemaskiner på byggeplassen. Elektrisk bomlift, saksebordlifter og gaffeltruck er andre maskiner som benyttes. De største maskinene hurtiglades fra en batteriladercontainer i pausene. Selv om byggeplassen ikke er helt utslippsfri, er den dermed fossilfri. Skanska har erfaring med fossilfri byggeplass, og fortsetter med å øke porteføljen sin innen utslippsfrie maskiner med Nidarvollprosjektene.

Nidarvollprosjektene startet i utgangspunktet som et massivtre prosjekt. Massivtre er ikke kun raskere å bygge med men gjør også mange prosesser enklere. Dessuten slipper massivtre materialet ut mindre enn halvparten så mye  $CO_2$  som betong [31]. Her innså byggherren fort at dette ikke var optimalt, for med transport og prisøkningen på massivtre, pluss utbyggingen av kjeller for å kunne bære den massive konstruksjonen, gikk løsningen langt utover budsjettgrensen. Etter en omfattende skissefase hvor mange rapporter og vurderinger ble utvekslet, ble det tatt en vurdering om å bygge prosjektene med betongstål. Det viste seg etter beregninger og oppsummering av klimagassutslipp ved materiale, transport og krevende arbeider under bakken at massivtre løsningen endte opp med 20% høyere utslipp enn ved stålbetong løsningen med lavkarbonbetong [29].

Et av de viktige målene ved prosjektet er avfallsreduksjon og sortering i byggefasen. Målet var å redusere mengden produsert avfall, med maksimalt 25 kg avfall per  $m^2$  for nybygg, dette ble oppnådd. Nytt for dette prosjektet er en container som fylles med avkapp fra byggeplassen som er brukbart til sløyd i skolene. Overskuddsmaterialer som gipsplater og parkett lagres for videre bruk i vedlikeholdsprosjekter eller andre prosjekter.

## 4.2 Utførelse

Når det gjelder klimagassutslipp settes tiltak allerede i produksjonsfasen, her blir også rammer satt for hva som skal bygges, og prosjektet defineres økonomisk. I prosjekteringsfasen dokumenteres karbonregnskapet gjennom henting av mengder fra BIM modellen og informasjon fra energirapporten fra energi. Deretter benyttes One Click verktøy til å beregne karbonregnskapet. "One Click" verktøyet er i utgangspunktet veldig utfordrende og tidskrevende, ettersom informasjonen må legges inn enkeltvis. EPD'ene ligger inne i dette verktøyet allerede, og desto mer informasjon finnes på produktnivå, desto mer legges inn. Foreløpig er det mekanismer på vei der EPD'er kobles opp mot allerede i BIM modellen, slik at denne prosessen effektiviseres kraftig.

Hele prosjektet er hovedsaklig støpt i Lavkarbon A og Pluss, og alle elementene er levert fra elementleverandører i Lavkarbon A. Betong brukt i påstøp på prosjektene er gitt i Tabell 10.

Fasthets-klasse	Bestandighets-klasse	Lavkarbon-klasse	Bruksområde	Steinstørrelse
B20	M90	Pluss	Kjernestøp ConForm-vegger	16 mm
B30	M60	A	Dekker, påstøper	22 mm
			Innvendige og utvendige vegger	
			Trapper innvendig	
B30	M60	A	Innvendige og utvendige vegger og søyler, ekskl. parkeringskjeller	22 mm
B30	M60	Pluss	Fundamenter, også under parkeringskjeller	22 mm
			Dekker, påstøper	
			Innvendige og utvendige vegger	
B30	M60	A	Gulv, slangeutlegg (16 mm stein og 25% redusert steinmengde)	16 mm
B35	M45	Pluss	Bunnplate, teknisk rom	22 mm
			Slipte påstøper	
B35	M45	A	Søyler og vegger parkeringskjeller, utvendige søyler	22 mm
B35	M45	A	Søyler og vegger parkeringskjeller, utvendige søyler	22 mm
B35	MF45	A	Utvendige dekker og takterasser	22 mm
B45	M40	A	Gulv parkeringskjeller	22 mm

Tabell 10: Reseptliste Nidarvoll

Under vinterforholdene er det anvendt to forskjellige lavkarbonklasser i dekkestøp, A og Pluss. Lavkarbon Pluss har langsom temperaturutvikling og herder sakte, med de dårlige temperaturforholdene er det fare for at fremgangen forsinkes eller i værste fall at betongen ikke oppnår fastheten sin. Det er viktig å nevne at de prefabrikkerte elementene hvor det skal plasstøpes oppå, blir ekstremt kalde om vinteren, og ethvert støp uten tiltak på disse vil i realiteten ødelegge betongen.

Skanska valgte å innføre mange tiltak som svar på utfordringene Nidarvollprosjektene lå frem. I følge prosjektlederen hos Skanska, var prisforskjellen for alle klimatil-

---

takene utført ikke mer enn 1% av totalen [12]. Konsekvensene av det gode arbeidet utført av Skanska sparte dette prosjektet for veldig mye klimagassutslipp, samtidig som at det ble lønnsomt for Trondheim kommune.

### 4.3 Elementer brukt

Nidarvollprosjektene er et stålbetong bygg, med blanding av plasstøp i hele og halv-elementer, prefabrikkerte betongsøyler og prefabrikkerte dekker. Det er to ulike leverandører som står bak elementene brukt i prosjektet:

#### Con-From AS

Con-Form leverer bærekraftige, kostnadseffektive og teknisk gode prefabrikkerte løsninger til Skanska. Tabellen under er en oversikt over mengde på de ulike massivelementene.

<b>Massivelementer</b>	<b>Areal (<math>m^2</math>)</b>	<b>Antall (stk.)</b>
Slakkarmert dekke	1473.38	177
Forspent dekke	6865.13	342
Skallvegg	3901.50	406
Repos	43.34	7
Trapper	38.972 (tonn)	14

Tabell 11: Mengdeuttak Con-Form

#### Contiga AS

Contiga leverer stabile og svært økonomiske hulldekker som kan anvendes i alle typer bygg. Det leveres også komplett råbygg til prosjektet. Tabellen under viser en oversikt over mengde på hulldekkene som er planlagt levert.

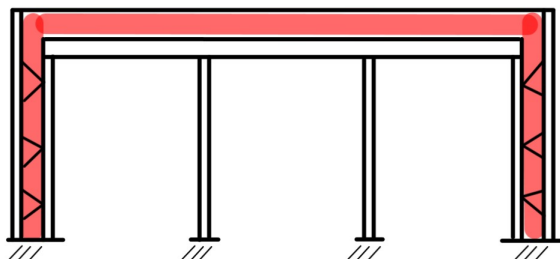
<b>Massivelementer</b>	<b>Areal (<math>m^2</math>)</b>	<b>Antall (stk.)</b>
Hulldekke	13 240	1102

Tabell 12: Mengdeuttak Contiga

---

### 4.3.1 Con-Form løsning

Con-Form leverer flere massivelementer til Nidarvollprosjektet. Denne oppgaven fokuserer på Con-Form's vegg-dekke system. Systemet ble brukt i rehabiliteringsbygget basert på flere grunner, blant annet var det viktig å få helsehuset tilbake til full drift, slik at de pårørte kunne vende tilbake så fort som mulig. Dette er en løsning som både sikrer rask og kostnadseffektiv bygging. Systemet inkluderer forskalingsvegger og plattendekker. Skissen under viser hvordan løsningen er bygget opp. Her representerer den røde fargen den plastøpte betongen.



Figur 11: ConForm Vegg-Dekke løsning

Con-Form plattendekker er forskalingsselementer som inneholder armert betongskive med oppstikkende samvirkedragere. Con-Form produserer både forspente og slakkarmerte plattendekker. For å oppnå en fullstendig dekkekonstruksjon må plattendekket tilleggarmeres med rullearmring og deretter plastøpes. Plattendekke kombinerer fordelene fra prefabrikkert og plastøpt konstruksjon. Utsparinger og innstøpingsgods integreres i dekkeproduksjonen, dette medfører en effektiv byggeprosess for alle involverte aktører. Det forspente dekket produseres i betong med ulike fasthetsklasser i to tykkelser 75 og 95 mm, med en forspenningskraft på 12 kN. Slakkarmerte plattendekker produseres med tykkelse på 50 mm. Komprimering av betong utføres av forspent armering som forsøker å gå tilbake til sin opprinnelige tilstand når forspenningen frigjøres. Dette medfører at betongen opplever en indre trykkraft, som komprimerer betongen og motvirker strekkraften grunnet egenlasten.

Skallveggen er en halv-prefabrikert forskalingsvegg i betong. Veggen er bygget opp med to armerte betongskiver som produseres i fabrikk, og et hulrom i midten som støpes ut på byggeplass. Mest imponerende med veggen er at man kan redusere betongfastheten i kjernen. Hulrommet i forskalingsveggen har mye mindre bæreevne sammenlignet med de to prefabrickerte skivene som i hovedsak tar all bæringen i veggen. Skallveggen brukt i rehabiliteringsbygget inneholder to veldig tynne sjikt på 50 mm som danner ytre deler for komplett vegg. Påstøpet inni veggen er 100 mm.

---

Betongen som støpes i hulrommet må være selvkomprimerende betong (SKB), det vil si at den flyter lettere ut og fyller hulrommet helt. SKB benyttes ettersom plassen mellom sjiktene og armeringen ikke gir adgang til vibrator.



Figur 12: Skisse av en Con-Form vegg



Figur 13: Con-Form vegg ferdig støpt Nidarvoll

Elementene leveres i ulike tykkelser og produseres hovedsaklig i standard betong men også i lavkarbonbetong dersom det forespørres. Skanska har tatt opp kampen om miljøvennlige løsninger og er blandt de første som etterlyser konstruksjonselementer fra Con-Form i lavkarbonbetong. Oppgaven vil se nærmere på klimagassutslippene til disse elementene og hvorvidt det er et optimalt valg for prosjektet. [Tab. 22]

### 4.3.2 Hulldekker

Bæresystemet kan optimaliseres for å redusere materialutslippet og kostnad. I dette tilfellet kan et prefabrikkert huldekke i Lavkarbon A være prioritert over påstøpt dekke med Lavkarbon Pluss, da materialreduksjonen slår gunstigst ut på klimaregnskapet. Prosjekterende bestemte derfor å benytte hulldekke prefabrikater i skolebygget, og Contiga AS leverer disse på Nidarvollprosjektet.

Hulldekker er et forspent dekkeelement som kan anvendes i alle typer bygg. Det er stabile og svært økonomiske dekker. Bruk av hulldekker sikrer prosjektet ikke bare kort byggetid, men også god lydisolasjon og høy brannsikkerhet. Det er for øvrig mulig å produsere hulldekkene med lange spenn på opptil 18 m. Mindre mengder betong brukt i hulldekkene fører til ytterligere reduksjon av klimagassutslippene. Senere i rapporten vil klimagassutslipp for disse dekkene regnes ut og vurderes. [Tab. 23]

---

## 4.4 utfordringer

Det er imidlertid mange utfordringer som følger bruken av lavkarbonbetong fra produksjons- til ferdigstilt fase, men det har blitt utarbeidet flere tiltak som opprettholder produksjonen på samme nivå. Tiltakene kan ofte slå ut på økonomien og klimagassregnskapet, så det vil alltid være behov å sette opp ulike scenarier opp mot hverandre for å velge den beste løsningen.

På grunn av en langsommere fasthetsutvikling for lavkarbonbetong settes det flere tiltak for å opprettholde fremdriften i fabrikkene. Per nå støpes lavkarbonbetongen om kvelden slik at den herder over natten. Dette medfører at to ulike skift håndterer samme støp, noe som kan forårsake logistikk problemer. Con-Form elementene blir ikke påvirket av temperaturen direkte, ettersom elementene støpes inne og har derfor ikke problemer knyttet til årstid. For å opprettholde stabil fremdrift i fabrikkene har forskalingsformene blitt varmet opp før støp av lavkarbonbetong, ettersom tilført varme medfører raskere herding. Det viste seg at betongen utseendemessig blir påvirket, i form av mørkere farge. Dette kan i noen tilfeller stride mot kundens ønsker og er derfor ikke alene løsningen om raskere fremstilling. Ved produksjon av forskalingsvegg er temperaturutviklingen enda viktigere. Prosessen avhenger av at den første skiven får nok fasthet, før man kan snu forskalingsveggen og senere støpe den andre skiven.

Nidarvollprosjektene har opplevd at betongleverandøren går tom for flygeaske, og dermed måtte standard betong bestilles. Unicon leverer 7-8  $m^3$  per betongbil, som utgjør to runder i blandemaskinen. To betongbiler kan fylles samtidig, som resulterer i en kapasitet på 30-50  $m^3$  ferdigblandet betong gjennomsnittlig per time. Skanska når en optimal produksjon ved 40  $m^3$  betong/timen i gjennomsnitt, hvor de ikke klarer å ta imot mer på byggprosjekt. Unicon har kuttet ned på silikainnholdet i betongen sin og leverer nå betong med 2-4% silikastøv og 35% flygeaske, grunnet prisen.

Lavkarbonbetong er ikke mye ettertraktet per dags dato, med Skanska AS som de pådrivende entreprenørene i Norge. Fremskaffingen av denne betongen oppleves litt problematisk for produsenten. Det kan være nødvendig med litt lenger blandetid, og i realiteten så slites utstyret raskere og kapasiteten til fabrikkene reduseres som resulterer i høyere pris. Ved store støp klarer Unicon likevel som regel å levere lavkarbonbetong med samme produksjonstakt som annen betong [37]. Erfaringer Unicon har fått gjennom arbeid med lavkarbonbetong kan ligge til grunn for at Nidarvollprosjektene ikke opplever forsinkelser hos leverandøren. Det ble også utført



---

telefonsamtaler med Betong Øst, som var betongleverandør på Skanska's prosjekt Heimdal Vgs. Betong Øst kommenterte at produksjonen gikk problemfritt, men at den ekstra siloen som er nødvendig for oppbevaring av flygeaske var litt upraktisk, ettersom det tok opp plassen til andre materialer. [50]

Det er viktig å se på andre muligheter og områder der klimagassutslippene kan begrenses. Valg av materialer har begrenset resultat, da det blir gjort størst klimabesparelser ved mengdereduksjon sett på byggefasen alene. Det er imidlertidlig en veldig stor besparelse som oppnås ved bruk av Lavkarbon Pluss, men denne er ikke alltid like enkel i bruk. Dette blir undersøkt i Tabell 20. Hvis hele byggets livsløp skal vurderes, vil de største besparelsene gjøres i energibruken av bygget. Forklaringen er at energi benyttes gjennom hele byggets levetid og byggefasen utgjør bare en liten prosent av denne.

#### 4.4.1 Vinterdrift

Byggefasen startet opp med rehabiliteringssenteret i slutten av juni, og skal stå ferdig april 2023. Dette medfører at mange av de største påstøpene skjer om vinteren. Vinterstøp påvirker byggearbeidene på Nidarvollprosjektet, og flere tiltak må innføres slik at prosjektflyten opprettholdes. Grunnet hovedsaklig lavkarbonbetong i prosjektet, vil unøyaktige tiltak være mindre gavmildig, og prosjekterende må derfor være ekstremt hensiktsfull ved utføringen av disse.

Vinterstøp er en vanlig praksis i Norge. Grunnet behovet for å kunne støpe året rundt, har mange gode tiltak blitt utarbeidet. Disse sikrer at betongen får den dimensjonerte fastheten sin, og resulterende så stopper ikke prosjekt opp. Med den store utviklingen av vintertiltak for tradisjonell betong i Norge, har støp med lavkarbonbetong vist seg langt mindre problematiske enn først antatt. Det kan være nødvendig å utføre disse i større grad og nøyaktighet, og her vil entreprenører som bygget opp erfaringen rundt lavkarbonbetong ha et konkurransefortrinn.

Eksempelvis har Skanska lært fra Heimdal Videregående skole at Con-Form elementene må varmes opp fra begge sider, og mer enn de først antok. Dette for å unngå at sementen tilfryser til den kalde overflaten og ikke oppnår den dimensjonerte fastheten. På bakgrunn av slike erfaringer har vinterstøpene på Nidarvollprosjektene gått uten oppstående problem.

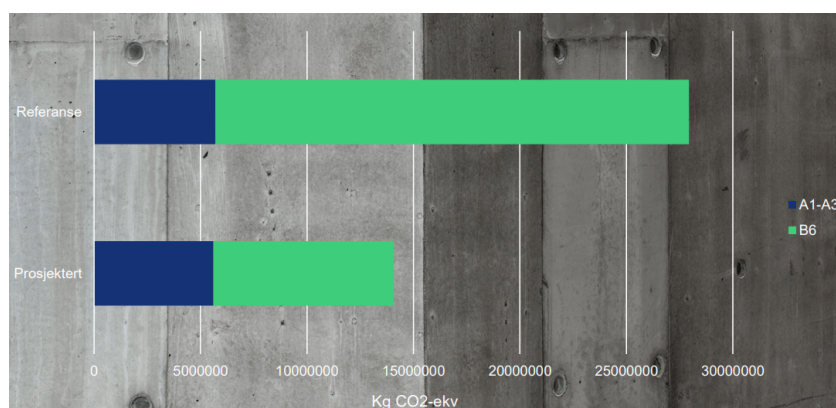
---

## 4.5 Klimagassreduksjon

Trondheim kommune har minimums miljøkrav i byggeprosjekter. Miljøkravene for Nidarvollprosjektet har gått litt lengre i konseptutvikling som siktet på energikonseptet som er utviklet videre i samspillsfasen. Miljøkonseptet består av fossilfrie anleggsplasser der det er mulig. Elektriske anleggsmaskiner innen rimelige praktiske og økonomiske rammer. Klimagassregnskap skal brukes for minst to kategorier: materialbruk og energibruk. [23]

Energikonseptet fokuserer mest på å redusere energibruk i prosjekts drift. For å unngå bruk av brennstoff er det brukt elektriske maskiner. Dette for å effektivisere og heve fremdriften i byggeplassen. Pilot-E er et finanseringstilbud som påvirket prosjektet enormt. Batteriladecontainer (boost charger) er en av de utførte tiltakene som er brukt for spare tid og energi.

Utnyttelse av lavkarbonbetong i Nidarvollprosjektene er tiltak iverksatt av Skanska mot grønnere mål. Prosjektet har en klimaambisjon på 30% reduksjon fra materialer og energi. I følge miljørådgiveren Oda Kyllingstad er den oppnådde reduksjonen på 50%. Figuren under viser klimagassreduksjonen, her er produksjon av materialer (A1-A3) og energibruk i drift (B6) inkludert [21].



Figur 14: Klimagassreduksjon

I Nidarvollprosjektene stod materialbruken for 20% av reduksjonen, og lavkarbonbetong stod for 20% av det igjen [29]. Figuren ovenfor viser at energireduksjonen er størst når hele byggets levetid på 60 år tas i betraktning. Det skjer en liten reduksjon fra A1-A3, lavkarbonbetongen er i hovedsak bare et ekstra tiltak i byggefasen.

Gjenbruk av materialer er også en av aspektene som bidrar til utslippsfri byggeplass. Gjenbruk av murstein fra riving av nærliggende helsestasjon, dette brukes som støyskjerm rundt skolen. Revet kjøkken som skal brukes i andre prosjekter,

---

limtrebjelker/limtre dragerene fra skolen som skal brukes som tregulv, og gjenbruk av lysmaster, ståltrapper og utearealer er noen av tiltakene som er tatt for å nå utslippsfri byggeplass. Man kan argumentere for at dette kanskje ikke gir et stort bidrag til klimagassutslipp, men det er ubestridelig faktum at det er et skritt som er tatt mot utslippsfri bygging.

Con-Form leverer en løsning med halv prefabrikater, hvor kunden selv velger påstøpet. Disse massivelementene produseres vanligvis i tradisjonell betong. Det er derfor naturlig å kutte ned på klimagassutslippene til elementene ved bruk av lavkarbonbetong. For å estimere et grovt tall på reduksjonen oppnådd, er det utført beregninger på det i vedlegg [8].

Utregningen inkluderer forspent og slakkarmert plattendekke, skallvegg, repos og trapp. Disse massivelementene ble brukt i Nidarvollprosjektet og er støpt i Lavkarbon A. Det er viktig å påpeke at tallene ikke inkluderer den plasstøpte delen, kun de prefabrikkerte elementene levert fra fabrikk. Tabellen under viser at Con-Form elementene i lavkarbonbetong har en fotavtrykk på 319.2 tonn  $CO_2$  - eq. Tilsvarende elementer støpt i standard betong har klimagassutslipp på 383.2 tonn  $CO_2$  - eq. Således en reduksjon på 64.0 tonn  $CO_2$  - eq på grunn av Skanskas forespørsel om lavkarbonbetong. Senere i rapporten vil vi se nærmere på klimagassutslippene for skallvegg og forspent plattendekke.

	<b>Lavkarbonbetong</b>	<b>Standard betong</b>
$CO_2$ - eq (kg) totalt	319168.5	383187.7

Tabell 13: Klimagassutslipp Con-Form elementer i standard- og lavkarbonbetong

---

## 5 Befaringer

Dette kapittelet vil gi en oversikt over de ulike befaringene utført og opplevelsene gruppen har tilegnet seg under Bacheloroppgaven. Dette inkluderer befaringen hos Nidarvollprosjektene, betongleverandør Unicon, og halv-fabrikatprodusent Con-Form.

### 5.1 Nidarvollprosjekt

Hovedmålet med Nidarvollbefaringen var å få en oversikt over prosjektet som helhet. Befaringen begynte med lærerik prat med prosjektlederen, Frode Sæther, samtalen inkluderte planleggingen og utførlesen av prosjektet. Gruppen fikk også muligheten til å se hele prosjektet på Solibri og materialene som var brukt, slik som trapper, dekker, og søyler. Her fikk vi også innsikt i byggeprosessen, hvor plaststøp ble utført og prefabrikkerte elementer montert. Gruppen fikk innsikt i 'Halv-fabrikater' som ble utført i Lavkarbon A, dette var et nytt konsept og kjennskapet var ikke så stort. I tillegg fikk vi informasjon om den geotekniske prosessen som ble gjennomgått for å oppnå sterkt fundament, siden grunnforholdene er leire ca. 7 m ned i bakken. Geoteknikkere har modellert utgravningen, som de skulle ha minst mulig av. Det ble likevel lagt mest fokus på betongelementene og hvor betongstøpene ble utført, samt hvordan plasseringen av pumpebilten så ut til enhver tid.



Figur 15: Nidarvoll - Rehab.bygg inne

---

Etter beskrivelsen fikk gruppen muligheten til å være med å se rehabiliterings bygget i virkeligheten. Omvisningen startet i første etasje og det tok ikke lang tid før gruppen oppdaget sandwichveggene fra Con-Form. Gitteret mellom skivene fanget oppmerksomheten, og det er her gruppen fikk se halv-fabrikerte sandwich vegger og Con-Form løsningen som helhet for første gang. Con-Form veggen var et unikt byggelement som hadde en fin overflate og overgang til dekket, og samsvarte med dekkets bredde, noe vi ikke forstod grunnen bak. Gruppen fikk et veldig godt inntrykk av dette systemet, og ønsket å forstå hvordan dette ble produsert ytterligere, dermed var Con-Form kontaktet om mulighet til befaring.

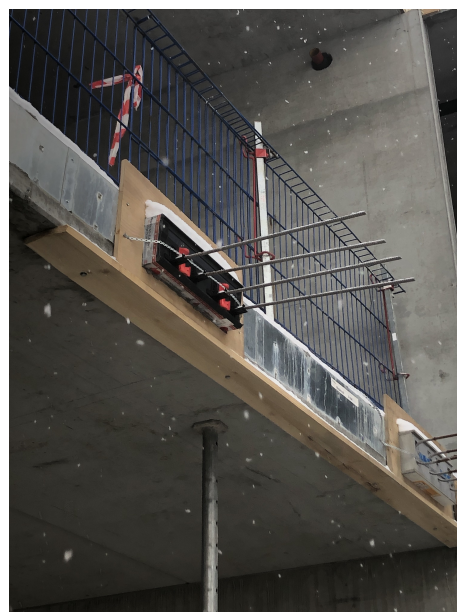
Det viste seg at Con-Form dekket var et forspent dekke, hvor oppspenningen utføres på fabrikk, og så plasstøpes på byggeplassen til en fullstendig dekkekonstruksjon. Vi ble fortalt at dekket ble støpt i lavkarbonbetong, som utseendesmessig ikke var merkbart. Søylene var massive, støpt i B45 som strakk seg fra fundamentet helt opp til den øverste etasjen. Con-Form vegg og dekke ble gjennomgått i kapittel [4.3.1]

Videre ble vi vist flere etasjer opp, for å se på hvordan korttidsplassene vil bli utformet. Den innvendige delen av konstruksjonen og hvordan alt henger sammen ble gjennomgått, eksempelvis hvordan plassen for toalett og andre elektriske materialer var satt og planlagt for fremtidig installasjon. Her fikk vi innblikk i dekket ovenfra, der et stort firkantet hull markerte hvor badet skulle ligge. Grunnen til et lavere gulv på badet er kravet om fall til sluk, og evt. varmekabler.

Etter en kort tur ut på balkongen, la gruppen merke til stenger hengende ut av dekket. Dette var forankringen til balkongen som skulle monteres senere



Figur 16: Dekke, vegg og søyle ute



Figur 17: Forankringstenger

---

På andre etasje observerte gruppen en vegg som skilte seg ut grunnet mønsteret og fargen på betongen. Vi ble fortalt at det finnes en god forklaring for hvorfor det var tilfellet. På starten antok gruppen at det kunne skyldes lavkarbonbetong, ettersom inntrykket på starten var at denne var problematisk. I realiteten var dette en feil utført av betongarbeiderene som resulterte i betongsvikt.

Støpearbeidet ble stanset på grunn av brudd i betongskivene. Trykket ble for høyt grunnet at støpingen gikk for fort, og derfor sviktet betongskiven. Selv om slik skade ofte fører til dårlig sluttresultat og i noen tilfeller et stort opprydningsarbeid, ble veggene reddet. For å reparere veggene ble den defekte delen skåret ut, ny forskaling ble montert og vanlig betong ble støpt. Som resultat vil veggene ha forskjellig mønster og farge på betongen, men funksjonen forblir den samme. Etter innredningsarbeidet er ferdig vil ikke feilen vises. I utgangspunktet bør man støpe 1 meter om gangen, for å unngå for høyt trykk og dermed svikt i skivene. Fig. 18 og 19 viser den reparerte Con-Form veggene i andre etasje på rehabiliteringsbygget.



Figur 18: Repareert vegg



Figur 19: Repareert vegg

## 5.2 Unicon AS

Andre befaringen var på Unicon Fossegrenda i Trondheim. Grappa fikk en varm velkomst av fagsjefen, Kari Aarstad. Etter en kort introduksjon utførte vi intervju hvor gruppa spurte tekniske- og praktiske driftsspørsmål om fabrikkene. Blant annet fikk vi innsikt i fordelingen av salg til anleggsprosjekter og etterspørselen av lavkarbonbetong.

Kari A. gav utdypende svar, spesielt om tilbud og etterspørsel av lavkarbonbetong. Før intervjuet hadde gruppen begrenset forståelse for hvordan lavkarbonbetong var

---

produsert og de relaterte utfordringene. Intervjuet satte lys på lavkarbonbetong som et materiale med potensiale om å fullstendig erstatte standard betong i fremtiden.

Vi ble derfor overrasket over at lavkarbonbetong hovedsaklig ble bestilt av Skanska, som prosjekterende med høyest miljøambisjoner av alle bestillende hos Unicon. Dette reiste spørsmål om hvorfor dette ikke var et vanligere praksis. Vi innså raskt at det var prisen som var bestemmende, lavkarbonbetong medfører ekstra kostnader, og mindre prosjekter foretrekker å bruke en billigere variant ettersom det er et alternativ.

Gruppen fikk informasjon om at flyveaske importeres fra Tyrkia og Polen, og at det innimellom kan være mindre volum tilgjengelig på markedet. Dette resulterte i værste fall med at Unicon gikk tom for flyveaske i to/tre dager. Vi fikk også litt mer utdypende informasjon om lavkarbonbetongproduksjon, og deretter var det tid til neste fase.



Figur 20: Unicon Silo



Figur 21: Blandemaskin

Gruppen mottok sikkerhetsutstyr, og gikk inn i laboratoriet for å se hvordan dette utføres i praksis. Bildene over viser sement- og flyveaskesiloen ved blandemaskinen.

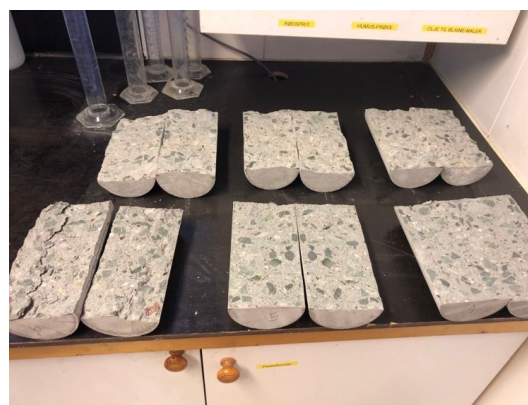
Vi så hvordan betongen blandes og prosessen som utføres til fremstillingen. Åpningene til de forskjellige tilsetningsmaterialene ble vist, hvor disse ble droppet på en vekt som førte til blanderemaskinen. Sement, aggregat og andre tilsetningsoffer ble blandet inn direkte fra siloer, hvor vekter også var innebygd. I tillegg var det interessant å observere hvor kjemikaliene oppbevares, og hvordan de styrer temperaturen, slik at temperaturen på den produserte betongen har 20 grader ved ankomst til byggeplass. Dette var nyttig for å knytte sammenhengen mellom den teoretiske kunnskapen vi hadde og det vi så i virkeligheten.

---

Deretter ble vi vist til testlabben for å se hvordan kontroll av betongens trykkstyrke ble gjennomført. Standardisert måte å måle trykkstyrken på er ved å trykke sammen en støpt betongsylinder i en trykkpresse. Det er likevel flere som benytter betongterninger istedenfor sylindre. Terningene støpes i støpeform og har en størrelse på (10 x 10) cm. Terningene dekkes til med plast frem til de har herdet. Betongen settes i vannbad med kontrollert temperatur på 20 °C og trykkes etter 2, 7 og 28 døgn. Styrken etter 28 døgn brukes i referanse til fasthetsklassen. Det ble også informert om krav om å teste tilsetningsmaterialene minst daglig for å kalibrere vannmengden i betongen med sikkerhetsmargin. 1.1 kg prøver ble tatt ut og målt, for å så bli tørket ut i mikrobølgeovnene. Disse var plassert i rekke på hyllen over lavkarbonbetong prøvene [Figur 23].



Figur 22: Vannbad



Figur 23: LKB test for Nidarvoll

### 5.3 Con-Form AS

Befaringen til Con-Form var avtalt med hjelp av ekstern veileder Sverre Smeplass. Fabrikksjefen Ole Kvåle på fabrikken i Orkanger tok gruppen godt imot. Veggdekke løsningen var tidligere introdusert gjennom befaringen til Nidarvollprosjektet. Gruppen ønsket å utdype forståelsen bak prosessene, samt utfordringene fabrikken opplevde ved prosjektet.

Innledningsvis tok vi en prat med blant annet Jomar Fugløy og Jonas Wuttudal Øyaas som er produksjonsledere hos Con-Form. Flere spørsmål knyttet til produksjonsfasen ble besvart og gjennomgått. Det ble delt rikelig med spennende og nyttig informasjon rundt løsningen, som knyttet flere tråder sammen.

Det ble blant annet gjennomgått hvordan forskalingsveggen produseres. Det var



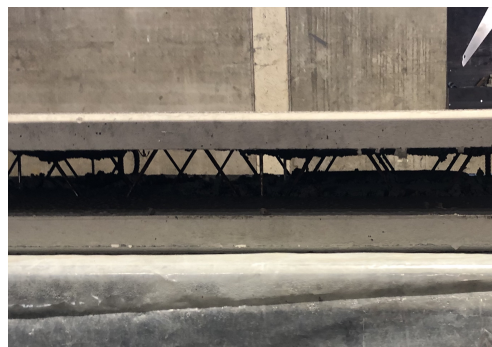
---

spesielt viktig for den støpte skiven å herde raskt for å kunne snu veggen og deretter støpe videre. Figuren under viser resultat av en ferdig støpt betongvegg [Fig. 25]. Lavkarbonbetong oppnår 25% av fastheten etter ett døgn som er noe mindre enn standard betong som ligger på (30-35)%. Dette resulterte i en del utfordringer i logistikken.

I produksjonsfasen er det kun produksjonstekniske utfordringer. I fabrikkkjøres det vanligvis to støp i samme form, og støp i lavkarbonbetongen halverte produksjonen. Formene kunne varmes opp for å opprettholde 2 støp i døgnet. Som nevnt tidligere forårsaker dette en mørkere overflate i betongen. Derfor ble det hovedsakelig støpt om kvelden, slik at lavkarbonbetongen kunne herde over natten. Det ble også informert om flere tilleggskostnader som er forårsaket støp i lavkarbonbetong. Kostnaden som påføres kunden er ikke så veldig stor, det er fabrikkens logistikk som blir påvirket mest.



Figur 24: Vegg under produksjon



Figur 25: Vegg ferdigstøpt

Proessen bak slakkarmerte og forspente dekker ble også forklart godt under befaringen. Forspenningskraften er på 12 kN. Betongen må ha rundt 25 MPa trykkstryke før stengene kan kuttes. Det ble kommentert at de forspente dekkene er mest problematiske, ettersom det naturligvis tar lengre tid for disse å oppnå den nødvendige fastheten i lavkarbonbetong. Det var meget lærerikt å se denne prosessen i virkeligheten, da vi tidligere kun har regnet på forspente betongelementer.

Innsiden av fabrikkkjøres som imponerende, men også uoversiktlig og rotete. Formene betongen ble støpt i vibrerte periodisk, noe som forårsaket mye støy i fabrikkkjøren. Vibrasjonene sørget for at betongen fylte ut alle hulrom i forskalingen. Det var viktig å viberere betongen nylagt for å fjerne eventuelle luftbobler og optimalisere spredningen av tilslag. Prosessen sørget også for at sementblandingen la seg best mulig rundt armeringen.



Figur 26: Støp av forskalingskive

Avslutningsvis gikk gruppen utenfor fabrikken for å se sluttresultatet til de forskjellige elementene, disse stod utenfor og var klare til leveranse. Noe som fanget oppmerksomheten til gruppen, var en defekt betongvegg med mørkere overflate. Det viste seg at denne vegg var støpt i Biocrete. Grunnet for høyt trykk ved støp, sviktet forskalingen i vinduet og betongen begynte å strømme ut, som resulterte i en ødelagt vegg. [Figur 28] Heldigvis er dette bare tester som pågår hos Con-Form for Skanska, og vegg blir brukt til videre testing.



Figur 27: Forspente dekker



Figur 28: Biocrete vegg

---

## 6 Dimensjonering

I dette kapitlet ønsker gruppen å se nærmere på interessante konstruksjonselementer som ble brukt i Nidarvollprosjektene. Her skal vi se nærmere på om forandring av tverrsnitt er en mer effektiv måte å redusere karbonavtrykket på, enn økning av lavkarbonklasse.

Naturlig falt fokuset på Rehabiliteringsbygget, ettersom det var utvekslet mest informasjon rundt denne under befaringen. Som følge av at Rehab-bygget var uten bjelker med forspente dekker, ble ideen om å dimensjonere en teoretisk påstøpt bjelke over samme spenn som dekket utviklet. Her ønsket vi å se på hva dimensjonen på bjelken måtte være for å bære dekket, samt benytte denne til å se hvordan tverrsnitt påvirker karbonberegningen. Dimensjonering av bjelken er derfor basert på antagelser og forenklinger, hvor flere mulige løsninger ble gjennomgått. Derfor skal parameterene som ble brukt, antagelsene, forenklingene og resultatene vi kom frem til under arbeidet gjennomgås.

### 6.1 Laster

Ved dimensjonering har gruppen hentet ut relevant prosjekteringsgrunnlag fra tilsendte dokumenter. Egenlasten ble beregnet for hånd, den armerte betongtettheten brukt var  $25kN/m^3$ . Tabellen under viser lastene brukt i dimensjoneringen.

<b>Karakteriske laster</b>	<b>Verdier</b>
Nyttelast	$2.0 kN/m^2$ NS-EN 1991-1-1, tabell 6.1 og 6.2
Snølast	$2.8 kN/m^2$ NS-EN 1991-1-3
Vindlast	$1.53 kN/m^2$ NS-EN 1991-1-4
<b>Egenlast</b>	<b>Verdier</b>
Påstøpt bjelke	$4.43kN/m$
Dekke bært av den påstøpte bjelken	$34.8kN/m$
Forspent dekke	$6.75kN/m^2$

Tabell 14: Karakteriske Laster

<b>Dimensjonerende laster [Lastfaktor 1.5]</b>	<b>Verdier</b>
Nyttelast	3.0 kN/m <sup>2</sup>
Snølast	4.2 kN/m <sup>2</sup>
Vindlast	2.3 kN/m <sup>2</sup>
<b>Egenlast [Lastfaktor 1.2]</b>	<b>Verdier</b>
Påstøpt bjelke	4.32kN/m
Dekke bært av den påstøpte bjelken	41.76kN/m
Forspent dekke	10.13kN/m <sup>2</sup>

Tabell 15: Dimensjonerende Laster

## 6.2 Materialer

### 6.2.1 Betong

Fasthet-, eksponering- og bestandighetsklasser for betongelementer definerer egenskapene de må tilfredsstillende basert på miljøet de befinner seg i. Andre egenskaper som frostsikkerhet, konsistens og tilslagsmengde defineres også i betongresepten som ønskes levert på byggeplass. Lavkarbonbetong produseres med samme fasthetsegenskaper, dette resulterer i at lavkarbonbetong i realiteten dimensjoneres likt. Verdiene brukt i formlene fra standarder er uforandret mellom standard- og lavkarbonbetong [5].

#### Fasthetsklasser

For å dimensjonere betongen må fasthetsklassen angis. Fasthetsklassen viser styrken til betongen og brukes til mekaniske beregninger. I betong er det flere benevnelser for fasthetsklasse som B20, B30, B35 og lignende. Høyere tall gir større trykkstyrke og beskriver trykkfastheten målt i MPa, eller  $N/mm^2$ . Med trykkfasthet menes det maksimale trykket betongen kan utsettes for uten å gå i brudd.

I dimensjonering av påstøpt bjelke er det benyttet en betong med fasthetsklasse B35. Dette valget ble tatt på bakgrunn av dokumenter tilgjengelige i tidlig fase av rapportskrivningen, hvor B35 ble hovedsaklig benyttet. I denne delen er EPD'en meget viktig ved utregning av karbonavtrykk til bjelke. Følgende tabell viser egenskaper en B35 betong kjennetegnes av.

Betongegenskaper	Verdier
Betongkvalitet	B35
Karakteristisk trykkfasthet, $f_{ck}$	35 MPa <small>NS-EN 1992-1-1 NA.3.1</small>
Materialfaktor bruddgrense, $\gamma_c$	1.5
Lastkoeffisient betong, $\alpha_{cc}$	0.85
Dim. Trykkfasthet brudd, $f_{cd}$	19.8 MPa <small>NS-EN 1992-1-1 NA.3.1.6</small>
Tyngdetetthet armert betong, $\gamma$	25 kN/m <sup>3</sup>

Tabell 16: Betongegenskaper

### Bestandighetsklasser

Betsandighetsklasser velges på bakgrunn av eksponeringsklassen fra NS-EN 206:2013 +NA:201. Vanlige verdier er blant annet M90, M60, M45 og M40. Tallet angir trykkfastheten i MPa og forteller oss vanninnholdet i betongen. Dersom en F plasseres før tallet, betyr dette at frostsikkert tilslag anvendes. Et lavere vanninnhold gir høyere bestandighet. Eksempelvis kan M90 bare brukes i eksponeringsklasse X0, som er den mildeste klassen. Bestandighetsklassen for betongen brukt i dimensjoneringen er M45, hentet fra resepten til betongen.

### Eksponeringsklasser

Det er flere aktuelle eksponeringsklasser. Eksponeringsklasser forteller hvor utsatt konstruksjonen er for korrosjon, kjemisk angrep og lignende. Eksempelvis forteller eksponeringsklassen X0 at det ikke er noe risiko for korrosjon mens XC1-4 medfører korrosjon framkalt av karbonatisering. Eksponeringsklassen må velges på bakgrunn av miljøet konstruksjonselementet befinner seg i. Her dimensjonerer vi for elementer inni bygget, hvor konstruksjonselementet ikke utsettes for angrep eller korrosjon, resulterende i eksponeringsklasse X0.

### Pålitelighetsklasse

Bygg må konstrueres med passende nivå av kvalitetskontroll i fabrikkasjonsprosessen. Dette hjelper pålitelighetsklasse med gjennom å gi grunnlag for bygningstype, byggehøyde og gulvareal per etasje. Pålitelighetsklassen forteller også om det er planlagt stor menneskeansamlinger i bygningen. For oppgaven er det valgt pålitelighetsklasse 2 [41].

#### 6.2.2 Armeringsstål

Selv med betongens høye trykkapasitet, tar den likevel ikke opp strekkrefter. Stål er et duktilt materiale og har stor strekkapasitet. Det er derfor betongkonstruksjoner

---

må armeres for å kunne ta både strekk- og trykkrefter. Armeringsstålet legges på strekksiden i konstruksjonen. Stål har en flytegrense som forteller hvor mye den tåler av belastning før det oppstår deformasjon ved strekk eller trykk.

Armeringsstålet brukt i oppgaven er av kvaliteten B500NC. Følgende tabell viser egenskaper som følger av at B500NC er brukt.

Armeringsegenskaper	Verdier
Karakteristisk flytegrense, $f_{yk}$	500 MPa <small>NS-EN 1992-1-1 NA.3.1</small>
Materialfaktor bruddgrense, $\gamma_s$	1.15
Dim. Flytegrense, $f_{yd}$	434 MPa <small>NS-EN 1992-1-1 Tab NA.2.1N</small>
E-modul, $E_s$	200 GPa

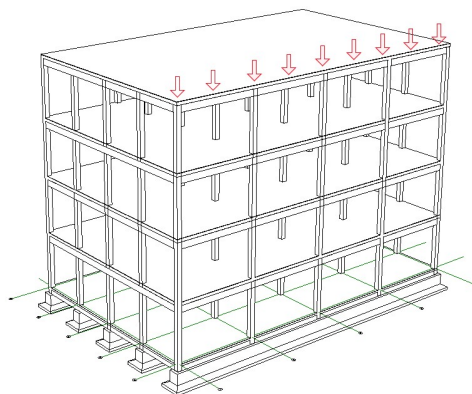
Tabell 17: Armeringsegenskaper

## 6.3 Konstruksjonselementer i Nidarvollprosjektene

### 6.3.1 Påstøpt bjelke

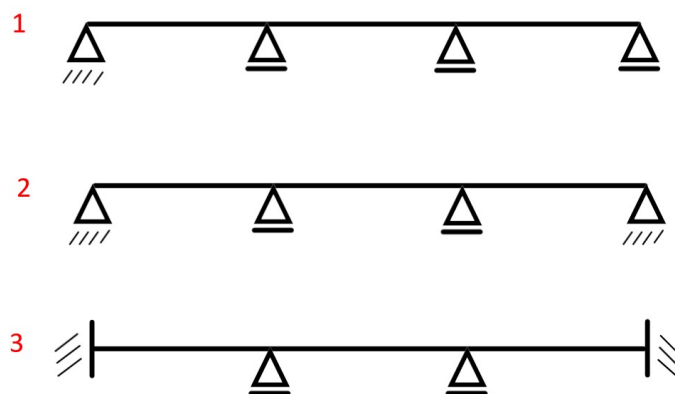
Her vil resultatene fra dimensjoneringen av den plaststøpte bjelken presenteres, beregninger befinner seg under vedlegg [79]. Hovedmålet med disse beregningene er å sammenligne hvor mye  $CO_2$  utslipp som kan bli spart på bare en bjelke. Valgt bjelke ligger i rehabiliteringsbygget.

Dimensjoneringen ble gjort to ganger grunnet manglende forståelse og dokumentasjon på hvordan bygget var utformet. Ved første dimensjonering ble forenklet modell av Øst-fløyen til rehabiliteringsbygget skissert. Plassering og spenn på bjelken ble deretter bestemt. Snølast var inkludert i dimensjoneringen ettersom plasseringen var i øverste etasjen på bygget.



Figur 29: Forenklet skisse av Rehabiliteringsbygget

I senere fase av prosjektet, etter nøyere gjennomgåelse av plantegninger og monstasjeplan supplert ble flere mulige løsninger av den statsiske modellen fremstilt. I arbeidslivet er det vanlig å undersøke flere statiske systemer og velge den mest optimale. I dette tilfellet måtte rehab-bygget undersøkes. Dette ble utført gjennom befaring til Nidarvollprosjektenen samt Con-Form. Sammenligning av bilder opp mot plantegninger ga flere statiske systemer, som vist i figuren under. Rammen i rehab-bygget er sammensatt av to forskalingsvegger og en plattendekke. Dette resulterte til en rammekonstruksjon med to understøttede innspente søyler. Det vil si at konstruksjonselementene er momentstivt forbundet med hverandre. Den dimensjonerte bjelken skal være plasstøpt, men systemet i seg selv tar utgangspunkt i den virkelige konstruksjonen. For å forenkle rammekonstruksjonen ble statisk system nummer 3 valgt, fra figur 30.



Figur 30: Statiske modeller

Bjelken ble plassert inn i rehab-bygget, noe som tillot gruppen å utelate snølasten. Bjelken med gitt plassering hadde 3 spenn. En spennlengde på 5 650 mm og to spenn på 9 200 mm. Dimensjoneringen tok utgangspunkt i et tverrsnitt på (600 x 370) mm. Disse dimensjonene ble hentet fra tilsendt tegninger.

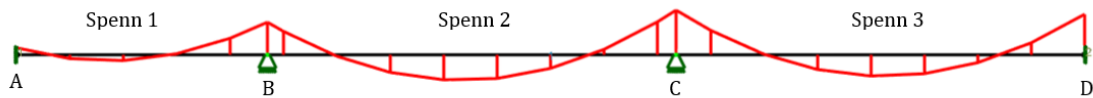
### 6.3.1.1 Bruddgrensetilstand

Armert betong dimensjoneres i to tilstander, både bruddgrense og bruksgrense. Ved dimensjonering i bruddgrensetilstand benyttes sikkerhetsfaktorer. Dette fører til at konstruksjonen dimensjoneres slik at den tåler påkjenningene den blir utsatt for og mer. Her benyttes det materialfaktorer hentet ut fra det nasjonale tillegget. I bruddgrensetilstand vil last også multipiseres med lastfaktor slik at dimensjonerende lastpåvirkning øker. Brudd i konstruksjoner oppstår enten som flyt i armeringen eller som trykkbrudd i betongen.

---

## Momentkapasitet

Moment kan defineres som kraft  $\cdot$  arm. Momentkapasiteten uttrykkes  $M_{Rd}$  og har benevnning kNm. Den indikerer hvor mye moment betongkonstruksjonen tåler før den bryter sammen. Dersom opptredende moment er lik momentkapasiteten til bjelken,  $M_{Ed} = M_{Rd}$  er tverrsnittet fullt utnyttet. Momentkapasiteten varierer langs lengden til en bjelke. Det er derfor mulig å uttrykke momentkapasiteten som en funksjon av  $x$  som er lengden på bjelken i et bestemt punkt,  $M_{Rd}(x)$ .



Figur 31: Påstøpt bjelke - Momentdiagram

Momentdiagrammet ovenfor er hentet fra programvaren Focus og viser at dimensjonerende moment enten er i opplager C eller i spenn 2. Det er derfor viktig å sjekke momenter i alle nødvendige punkt. Tabellen nedenfor viser forskjellige verdier for opptredende moment over hele bjelken. Dimensjonerende opptredende moment ble dermed  $M_{Ed} = 471.8$  kNm over opplager C, som antatt.

Spenn	1	2	3	
Moment (kNm)	60.4	249.3	223.3	
Opplager	A	B	C	D
Moment (kNm)	73.4	344.7	471.8	428.7

Tabell 18: Opptredende moment i bruddgrensetilstand

I forkant av beregningen, basert på tidligere erfaring fra dimensjoneringen antas det at nødvendig armeringsdimensjon i strekksonen blir  $\varnothing 20$  og  $\varnothing 10$  i trykksonen. Skjærbøyler medregnes basert på minimumskravet fra [EC2.6.2.3(3), eq.(8)] og settes til å være  $\varnothing 10$ . Disse antagelsene er nødvendige for å finne avstanden  $d$ , som trengs for å regne ut momentkapasiteten til bjelken. Grunnet vanlig praksis i Norge om å underarmere konstruksjonen, er  $\alpha = 0.412$ , dette er trykksonehøyde vinkelen.

$M_{Rd} = 489$  kNm. Momentkapasiteten i dette tilfellet er mindre enn det dimensjonerende momentet, derfor må strekk og trykkarmering legges inn i bjelken.



---

## Skjærkapasitet

For å finne skjærkapasiteten til en bjelke må man ta for seg både skjærstrekkkapasitet og skjærtrykkkapasitet. Etersom stålet hovedsaklig blir påført strekkrefter, er det ofte skjærstrekkkapasiteten som er dimensjonerende av de to. Bergeninegen av det er vist i vedlegg (7)

For å finne ut om konstruksjonen har behov for skjærbøyler må den opptredende skjærkraften og den reduserte skjærkraften regnes ut. Dersom  $V_{rd}$  er mindre enn  $V_{ed}$  vil konstruksjonen ha behov for skjærbøyler. I dette tilfellet har tevrnsnittet behov for skjærbøyler. Som tidligere nevnt, ble det valgt en minimum skjærbøyle dimensjon på Ø10.

### 6.3.1.2 Bruksgrensetilstand

Bruksgrensetilstand (SLS) som står for servicability limit state. SLS er knyttet til konstruksjonens funksjonsdyktighet og bestandighet som ikke bør overskrides ved regelmessig bruk [22].

Når en betongkonstruksjon støpes og herdes vil den ikke ha like stor kapasitet som i bruddgrensetilstand. I virkeligheten dannes det sprekker, riss og deformasjon på konstruksjonen. I Norske EC2 er det gitt krav om hvor mye nedbøying som er tillatt, som er  $\frac{\text{spennvidde}}{250}$  (19). I Bruksgrensetilstand tas det også hensyn til kryp og svinn. Det er dette som ble regnet ut for den plasstøpte bjelken for å sjekke om den oppfyller kravene i bruksgrensen også.

Spenn	1	2	3	
Moment (kNm)	42.7	186.2	157.6	
Opplager	A	B	C	D
Moment (kNm)	51.8	241.8	333.1	302.6

Tabell 19: Opptredende moment i bruksgrensetilstand

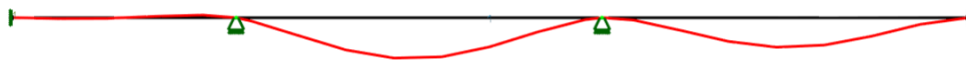
Tabellen ovenfor viser moment i bruksgrensetilstand for dimensjonert bjelke. Verdiene er hentet ut fra programvaren Focus. Her også er største moment over opplager C og spenn 2. Materialfaktoren brukt er 1.

---

## Nedbøyning

Nedbøyning er regnet ut fra kryp og svinn bidraget. Svinn er volumendringen av betong på grunn av fordampning av vann gjennom konstruksjonstid. Det er et av de langsiktige tapene som skjer i en betongkonstruksjon [47]. Uttørkingssvinn er når vann forlater kapillærporene dermed nedbøyes ellers sprekkes konstruksjonen.

I beregningene er det gjort noen forutsetninger basert på omstendighetene og stedet prosjektet er lokalisert. Utbygging av rehabiliteringssenteret startet på slutten av juni [28], det antas derfor at uttørking ved riving av forskalling begynner 5 dager senere. Nyttelasten påføres 90 dager etter støping. Andre antagelser ble gjort ved utregning av nedbøyning. For eksempel at ca. 45% av nyttelasten bregnes til å være en permanent last. Dimensjonerende levetid for bygget er 50 år. I beregninga er det valgt semetklasse R på bakgrunn av sementen brukt i prosjektet, som har rask herdeprosess. Kryp og svinn er beregnet i henhold til kravene gitt i EC2-vedlegg B. Figuren under viser nedbøyningen til bjelken.



Figur 32: Nedbøyning - bjelke

Det er tydelig at nedbøyningen er størst i spenn 2. Dette avhenger delvis av stivheten og spennvidden til bjelken. Skissen ovenfor [32] viser tydelig at bjelken er momentstivt i begge endene. Spenn 2 har størst moment på 186.6 kNm, dermed er deformasjonen størst i denne delen av bjelken. Deformasjonen på grunn av kryp og svinn ligger på 42 mm (21). Den tillatte nedbøyning er ca. 37 mm, basert på dette resultatet er nedbøyninga ikke ok.

Nedbøyning har omvendt forhold til stivheten ( $EI$ ). Differansen mellom tillatte nedbøyning og opptredende nedbøyning er 5 mm. Det er mulig å innføre komenserende tiltak som å redusere egenvekten, øke armeringsmengden eller tevrnsnittet. Bruk av forspenning er også en mulig løsning for å kutte ned på opptredende nedbøyning.

Dekket over bjelken utgjør 86% av egenvekt. Reduksjon av egenvekt til dekke oppnås ved bruk av mindre tverrsnitt eller andre dekketyper. For eksempel, kan hulldekker redusere egenvekten enormt, følgelig oppnå mindre nedbøyning. Det er også mulig å redusere betongkvaliteten, eksempelvis vil bruk av B30 i stedet for B35 redusere egenvekta til etasjeskilleren. Reduksjon av betongkvaliteten vil i tillegg kutte ned på klimagassutslippene til konstruksjonen, grunnet mindre sementinnhold.

---

Økning av armeringsmengde fra Ø20 til Ø32 er også en mulig løsning som må vurderes for å redusere opptredende nedbøyning. Beregningen er utført ved bruk av Ø20 på strekksiden, dette forårsaker mindre strekkarmering som igjen fører til redusert effektivhøyde og bøyestivhet. Bruk av armering med høyere dimensjon, vil altså øke stivheten og resultere i nedbøyning som er innenfor tillat grense. I noen tilfeller må armeringen legges i to lag, noe som vil redusere d-verdien og også føre til mindre EI. Det er også mulig å øke bredden på tverrsnittet, for å plassere armering i samme lag. Denne løsningen må vurderes grundig ettersom egenvekten øker betydelig. Det er verken økonomisk eller miljøvennlig å gå videre med en slik løsning. Alternativt løsning er å bruke spennbetong. Det vil si at armeringsjernet strammes før utstøping [38].

Ettersom opptredende nedbøyning for dimensjonert bjelke var stor, ble det utført kontroll om nedbøyning kan utelattes (23). Resultatet bekrefter at deformasjonskontroll kan bli utelatt. Alt tatt i betraktning kan man argumentere om det er verdt å gjøre store endringer for å redusere nedbøyning med kun 5 mm med tanke på prosjektkapasitet og økonomi.

## Riss

En av svakhetene til betong er at den ikke tåler strekkpåkjenninger. Når det er stor last i en bjelke, i dette tilfellet 45.1 kN/m, vil lasten bøye bjelkestrukturen. Som et resultat av det får bjelken trykk- og strekkspenninger. Spenningene vil derfor føre til sprekker/opprissing i betongen. Det er derfor meget viktig å sjekke at opprisset er innenfor gitte krav. For store riss vil gi eksponering av stålet, og kan føre til rustskader som videre gir svekket bæreevne.

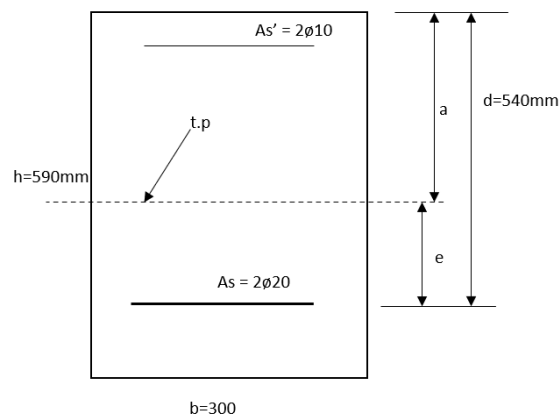
I beregningene på vedlegg [8] tas det hensyn til tidsavhengige tap, nemlig kryp og svinn. Overskridelsen av strekkfastheten fører til risset. Det ble derfor utført rissviddekontroll ved beregning av rissvidden. Denne utregningen ble gjort basert på armert betong med valgt eksponeringsklasse gjennom følgende formel (24). Resultatet viser at verdien er dobbelt så stor som maks tillatt rissvide. Grunnen til den vesentlige forandringen i rissvidden er forårsaket av armeringsspenningen  $\sigma_s = 615MPa$ , som er større enn den tillatte armeringsspenningen  $\sigma_{tillatt} = 240MPa$  (25), ved bruk av forenklet metode [46].

Som tidligere nevnt er det umulig å unngå sprekker 100%, men man kan utføre tiltak for å minimere sprekker i betongen. Noen av de samme tiltakene for nedbøyning, kan benyttes for riss. Eksempelvis er det mulig å redusere på egenvekta til dekket for å få mindre opptredende moment. Høyere stivhet for bjelken oppnås gjennom

økning av armeringsdimensjonen, dette medfører at bjelken tåler mer, men det må passes på at betongen ikke overarmeres. Det er viktig å nevne at bruk av lavkarbonbetong kan være gunstig mot påkjenninger av riss . Ettersom betongen er tettere og temperaturutviklingen er langsommere. Det vil i realiteten si at rissberegningen ikke stemmer 100% overens med praksisen i dette tilfellet.

Det er viktig å være oppmerksom på at det kan oppstå sprekker i begge bærebjellene på grunn av skjær. Den typen sprekker kan unngås ved å legge inn ekstra bøyler.

### 6.3.1.3 Optimalisering av tverrsnittet



Figur 33: Optimalisert Tverrsnitt, med t.p som tyngdepunkt

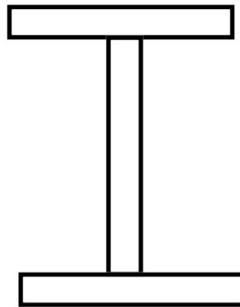
Ønsker å se på bespart klimagassutslipp gjennom optimalisering av tverrsnitt.  $M_{Rd}$  settes lik  $M_{Ed}$  for å oppnå fullt utnyttet tverrsnitt og med dette regne ut d-verdien og den nye høyden. Momentverdiene hentes ut fra bruddgrensetilstanden. Tverrsnittet blir (300 x 590) mm, som er en reduksjon på  $0.045^{mm^2}/m$ . Vedlegg [8] viser utregningene. Med det nye tverrsnittet blir egenlasten redusert, dette minker påkjenningen mens kapasiteten øker. Dermed ender vi opp med samme armeringsmengde i begge tverrsnittene.

Andre alternative løsninger man kan benytte for å redusere klimagassutslippene er endring av tverrsnitt, slik som det er vist på figur [34]. Man kan eksempelvis benytte en I-bjelke, på denne måten minimaliserer man betongmengden brukt. En slik løsning må vurderes nøye, ettersom det er større torsjon i åpne tverrsnitt. Trykkfastheten til betongen kan økes for I-bjelken slik at kapasiteten holder, likevel vil den forårsake mindre klimagassutslipp på grunn av mindre betongmengde.

Total mengde betong = 282 tonn



Total mengde betong = 218 tonn



Figur 34: Rektangulært tverrsnitt og I-tverrsnitt

### 6.3.1.4 CO<sub>2</sub> utslipp

I vedlegg [8] ble det regnet ut CO<sub>2</sub>-utslipp for begge tverrsnittene. Ved utregning av klimagassutslipp ble tilsendte EPD'er brukt, standardbetong B35 M45 målt opp mot B35 M45 lavkarbon A og Pluss. I disse EPD'ene er det flere parametere som påvirker miljøet. Det ble tatt hensyn til parameter GWP. Stadiene som ble inkludert i beregningene er A1, A2, A3 og A4. Dette omfatter råmaterialet, transport og tilvirkning. Det vil si at verdiene består av karbonavtrykk til betongen fra produksjonsfasen til den leveres på byggeplassen. Klimagassutslippene i tabellen, tar for seg kun betongen i tverrsnittet, det vil si at armeringsmengden ikke er inkludert. Produksjon av stål er energikrevende og fører ofte til noe høyere GWP-verdier.

CO <sub>2</sub> -eq	Opprinnelig tverrsnitt	Optimalisert tverrsnitt
Standard betong	1233,86	983,75
Lavkarbon A	1172,41	934,76
Lavkarbon Pluss	919,87	733,41
<b>Bespart CO<sub>2</sub>kg-eq/m<sup>3</sup></b>	<b>250,11</b>	Ved å endre tverrsnittet
	<b>61,45</b>	Ved å endre til lavkarbon A
	<b>313,99</b>	Ved å endre til lavkarbon Pluss

Tabell 20: Sammenligning av CO<sub>2</sub> – eq(kg)

Her kan vi se at en reduksjon på tverrsnittet sparerte bjelken for 250 kg CO<sub>2</sub>-eq som er en større besparelse enn ved bytte til Lavkarbon A. Størst effekt vil oppnås av bytte til Lavkarbon Pluss, men med utfordringene dette medbringer for prosjektet er det ikke alltid det optimale valget. Selv om reduksjonen er minimal er forstatt målet med optimalisering av tverrsnitt oppnådd. Det er derfor fullt mulig å spare CO<sub>2</sub> ved å benytte mindre mengde betong, som også blir billigere for prosjektet.

Det er viktig å understreke at både  $M_{Rd}$  og  $M_{Ed}$  settes like store for begge tverr-

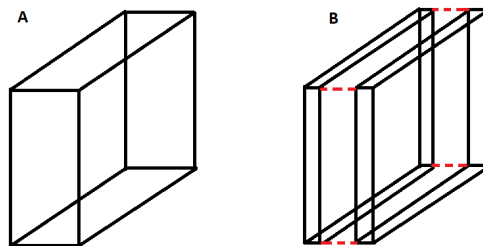
---

snittene ved optimaliseringen. Hele poenget med å redusere tverrsnittet er at den tåler like mye med redusert karbonavtrykk, grunnet avrundinger vil den egentlige bjelken ha større  $M_{Rd}$  enn det opptredende momentet  $M_{Ed}$ .

### 6.3.2 Con-Form vegg

Ved bruk av en forskalingsvegg oppnår man raskere byggetid sammenlignet med tradisjonelt plasstøpt betongvegg. Herdetiden til konstruksjonselementene er hovedgrunnen til den besparte tiden. Produktet kan kombineres med både plasstøpte konstruksjonsdeler- og andre prefabrikkerte betong eller trekonstruksjoner. Ikke nok med det, er veggens økonomisk sett ganske rimelig. Dette fordi man kan redusere fastheten til betongen i hulrommet og dermed oppnår reduksjon i pris. Besparelsen av kostnadene på den lavere fastheten er i utgangspunktet ikke utslagsgivende.

Skissen nedenfor viser to vegger. En plasstøpt betongvegg og en Con-Form forskalingsvegg. Begge veggene under er (1 x 1 x 0.2) m. Forskjellen er den plasstøpte delen, eksempelvis har vegg A naturligvis større areal som skal plasstøpes. Dette fører til krevende arbeid med montasje av forskalings og lang herdetid. Herdetiden for denne vegg har mye å si ettersom den må oppnå fastheten sin før man kan støpe videre i prosjektet. Mens vegg B har to prefabrikkerte tverrsnitt som tar bæringen. Hulrommet inni har som sagt lite å si for bæringen, herdetiden for hulrommet påvirker derfor ikke funksjon og bæreevne for vegg. For å se nærmere på årsaken bak Skanska sitt valg om bruk av forskalingsvegg i rehabiliteringsbygget, utførte gruppen beregning på klimagassutslipp. Målet er å sammenligne fotavtrykk for flere veggtyper, samtidig se om valget som ble gjort var optimalt.



Figur 35: Tradisjonell vegg og Con-Form vegg

For å kunne regne ut utslippene for veggene brukt i rehabiliteringsbygget, var det

---

behov for EPD'er fra både Con-Form og Unicon. I denne utregningen ble følgende EPD'er benyttet:

- Forskalingsvegg B35 Lavkarbon A
- Forskalingsvegg B35 Standard betong
- B35 Lavkarbon Pluss
- B20 Lavkarbon Pluss

For å regne ut utslipp på hele veggen brukt i rehabiliteringsbygget, må man legge sammen utslippene forårsaket påstøpet i hulrommet i B20 Lavkarbon Pluss. Ettersom hulrommet er 0.1 m bredt, må verdiene A1-A4 ganges med denne faktoren for å få riktig tall for tykkelsen. I vedlegg [8] er det mulig å se utregningene gjort for forskalingsveggen.

Det ble deretter regnet ut klimagassutslipp på samme vegg i standard betong. For hulrommet ble det benyttet standard betong med samme fasthetsklasse. Grunnet mangel på EPD fra Unicon ble bransjereferansen brukt. Maksimalt tillatt klimagassutslipp for B20 i standard betong er 240 kg  $CO_2$  - eq per  $m^3$ . Her også ble tallet ganget med 0.1 for å få korrekt tall.

Tabellen under viser resultatene fra utregningene. Skallveggen brukt i Nidarvollprosjektet har tilsammen 47.4 kg  $CO_2$  - eq per  $m^2$  vegg. Mengden for skallvegg levert til prosjektet er totalt 3901.50  $m^2$ . Det fører til en klimagassutslipp på 184.9 tonn  $CO_2$  - eq. Hvis Skanska hadde valgt å benytte seg av en skallvegg i tradisjonell betong ville utslippene vært 255.5 tonn  $CO_2$  - eq. Det er ingen tvil om at man kutter utslippene med å benytte løsningen med forskalingsveggen, i form av fasthetsreduksjon i skjernen. Største reduksjonen er likevel oppnådd ved bruk av lavkarbonbetong.

For å finne ut om det er mulig å redusere utslippene ytterligere, ble det gjort samme beregning på plasstøpt vegg i Lavkarbon Pluss. I vedlegg er utregningene gjort på bakgrunn av at veggen er 200 mm tykk. Ettersom det ikke er mulig å få EPD for kvadratmeter vegg, ble det først benyttet GWP-verdier for kubikkmeter ferdig betong. Verdiene A1-A4 ble derfor ganget med 0.2 m i dette tilfellet for å få riktig tall til veggen. Det viser seg at en plasstøpt vegg med samme fasthet og bestandighet i Lavkarbon Pluss vil redusere utslippene enda mer sammenlignet med de to andre veggene. Med utslipp på 134.6 tonn  $CO_2$  - eq. Det vil si at løsningen som reduserer utslippene mest vil være plasstøpt vegg i samme fasthet og bestandighet, Lavkarbon Pluss.

---

	<b>Skallvegg lavkarbon A/pluss</b>	<b>Skallvegg standard betong</b>	<b>Plasstøpt vegg lavkarbon pluss</b>
$CO_2$ - eq (kg)/ $m^2$	47.4	64.5	34.5
$CO_2$ - eq (kg) totalt	184 931.1	255 548.3	134 601.8

Tabell 21: Klimagassutslipp vegg

Det kan være ulike årsaker til hvorfor Skanska valgte å gå videre med Con-Form vegg, ovenfor plasstøpt betongvegg i Lavkarbon Pluss. Det er klart at Skanska er ledende innenfor miljøvennlige løsninger, og vil oppnå størst mulig reduksjon i klimagassutslipp. Likevel, er entreprenøren nødt til å se på ønskene til byggherren og vurdere mulige løsninger. I dette tilfellet, har Skanska valgt en løsning som kombinerer effektivitet og miljøbevissthet. Skanska viser hvordan man kan oppnå et økonomisk vellykket prosjekt samtidig bidra mot kampen for klimaskiftet.

Som nevnt tidligere, vil Con-Form vegger spare vesentlig mye tid grunnet mindre areal som skal plasstøpes. Det er lett å tenke seg at lavkarbonbetong gjør dette vanskeligere fordi temperaturutviklingen er langsommere. Som følge av tidligere prosjekter, har Skanska lært hvordan håndtere lavkarbonbetong på en dyktig måte. Dette resulterer i mindre avvik i herdetiden fra standard betong og lavkarbonbetong. Dersom man støper betong i sommerforhold er det mulig å fortsette jobben allerede dagen etter. Dette krever at betongen har oppnådd en trykkfasthet på rundt 10 MPa. I vinterforhold er det ikke mulig å holde jevn framdrift uten tiltak. Den største utfordringen med slike skallvegger er de relativt tynne skivene med lav temperatur i vintertiden. Dette kan forårsake at betongen fryser før den kjemiske prosessen settes i gang, noe som kan ødelegge betongen. For å unngå slike problemer, krever tynnere elementer tilført varme det første døgnet. I prosjektet er tiltak som fjernvarme benyttet for å opprettholde stabil temperatur i Con-Form skivene før støp av betong. Varm luft blåses inn i hulrommet et døgn før støping. I tillegg til dette betaler Skanska ekstra for å få betongen levert på byggeplassen med 20 grader varme. Betongen som må plasstøpes trenger for øvrig ingen forskaling som må monteres, fjernes eller flyttes. Noe som fører til enda mer tidseffektivitet i byggeplassen og god framdrift i prosjektet. For entreprenører tilsvarer tid penger. Det er slik Skanska har oppnådd rimeligere prosjekt samtidig kuttet ned på fotavtrykket til hele bygget. Selv om man kunne redusert  $CO_2$  utslippene ytterligere, er dette likevel en løsning som balanserer miljø og økonomi, noe som er ettertraktet i bygg- og anleggsbransjen.



---

### 6.3.3 Forspent dekke

I Nidarvollprosjektet er plattendekker brukt i rehabiliteringsbygget. Den prefabrikkerte betongskiven har fasthetsklasse B35, Lavkarbon A. En fullstendig dekkekonstruksjon inkluderer prefabrikkert betongskive som støpes ut på byggeplass for å oppnå en komplett etasjeskiller. For påstøpet blir det brukt to ulike lavkarbonklasser, Lavkarbon A brukes under vanskelige vinterforhold, ellers brukes lavkarbonklasse Pluss. For å undersøke bakgrunn av valgt dekke, ble det regnet ut klimagassutslipp på forskjellige elementer. Utregningen utført er i vedlegg [8].

I beregningene er det brukt lavkarbonklasse A for påstøpet. For å få korrekte tall er GWP-verdiene i dette tilfellet også ganget med tykkelsen av påstøpet. Det er regnet på dekke som er 270 mm tykt, den prefabrikkerte skiven er 75 mm. Dermed ble verdiene ganget med 0.195 m.

For å kunne regne ut utslippene for dekke brukt i rehabiliteringsbygget, var det behov for EPD'er fra både Con-Form og Unicon. I denne utregningen ble følgende EPD'er benyttet:

- Forspent plattendekke B35 Lavkarbon A
- Forspent plattendekke B35 Standard betong
- Hulldekke B45 Lavkarbon A
- B35 Standard betong
- B35 Lavkarbon Pluss
- B35 Lavkarbon A

Med disse EPD'ene var det mulig for gruppen å regne ut klimagassutslipp for dekke brukt i rehabiliteringsbygget i Lavkarbon A. Deretter sammenligne den med plattendekke i tradisjonell betong. De to dekkene ble tilslutt sammenlignet med plasstøpt dekkekonstruksjon i Lavkarbon Pluss.

Tabellen under viser klimagassutslipp for alle tre dekker. Con-Form har levert 342 forspente plattendekker til Nidarvollprosjektet. Dette tilsvarer en mengde på 6865,13  $m^2$ . Prefabrikkert plattendekke i lavkarbonbetong er et godt valg, ettersom fotavtrykk er mindre sammenlignet med tilsvarende dekke i tradisjonell betong. Det er

likevel mulig å redusere utslippene ytterligere ved bruk av plasstøpt dekke i Lavkarbon Pluss. Som hadde forårsaket kun 407.1 tonn  $CO_2$  - eq for alle dekkene i rehabiliteringsbygget.

	<b>Plattendekke lavkarbon A</b>	<b>Plattendekke standard betong</b>	<b>Plasstøpt dekke lavkarbon A</b>
$CO_2$ - eq (kg)/ $m^2$	66.8	74.4	59.3
$CO_2$ - eq (kg) totalt	458 590.7	510 765.7	407 102.2

Tabell 22: Klimagassutslipp dekke

En annen etasjeskiller brukt i Nidarvollprosjektet er hulldekke, som er kun brukt i skolene. Ved hjelp av EPD'ene utareidet av Contiga AS, var det mulig å regne ut hvor mye klimagassutslipp hulldekkene står for. Deklarert enhet for denne EPD'en er 1 tonn element og betongen er i B45. Det vil si at GWP-verdiene inkluderer produksjon og transport i tillegg til armeringsmengde. Tallene i tabellen under viser at hulldekkene forårsaker totalt sett 1 432.7 tonner  $CO_2$  - eq. Utslipet er naturligvis mye høyere for dekkene på grunn av mengden og fasthetsklassen. Det er dessuten ulik deklarerert enhet for utslippene i tabell 22. Sammenligning av fotavtrykk for de fire dekkene blir dermed feil. For å kunne sammenligne må man benytte EPD med samme deklarerert enhet og trykkfasthet.

	<b>Hulldekke lavkarbon A</b>
$CO_2$ - eq (kg)/tonn	108.2
$CO_2$ - eq (kg) totalt	1 432 568

Tabell 23: Klimagassutslipp hulldekke

I utgangspunktet er det logisk å tenke at hulldekker i Lavkarbon A har enda mindre klimagassutslipp sammenlignet med plattendekker i samme lavkarbonklasse og er derfor mer miljøvennlig. Dette fordi volum på dekke er mye mindre. Ut i fra det er det mulig å inkludere hulldekke i vurderingen.

Skanska sitter dermed igjen med flere optimale dekkekonstruksjoner. Hulldekke og plasstøpt dekke i lavkarbon A er blant de konstruksjonene som har minst klimagassutslipp. Det er flere årsaker som ligger til grunn for valg av plattendekke. Det er først og fremst ikke kun klimagassutslipp som bestemmer hvilke løsninger som passer best. Bruksområdet til bygget har mye å si. Hulldekkene passer godt inn i skolebygget siden den krever store spenn, god lydisolasjon og høy brannsikker-

---

het. Plasstøpt dekke i lavkarbon A hadde spart prosjektet for mye  $CO_2$  utslipp. På grunn av langsom herdetid og tiltalk som må til for å opprettholde gjennomsnittlig fasthetsutvikling, vil fremdriften påvirkes. Det vil igjen føre til stor økonomiske tap for entreprenøren. Plattendekke levert fra Con-Form fremstår som en del av en rammekonstruksjon. Når konstruksjonen støpes sammen med skallveggene oppnår den monolittiske og momentstive forbindelser som bærer en del moment. Samtidig er byggetiden lav fordi man slipper tradisjonell forskaling. Dersom Skanska bytter ut plattendekke vil ikke konstruksjonen oppnå momentstive forbindelsen. Con-Form selger ikke bare produkter men et helt konsept. Utbytte av visse konstruksjonselementer gir en ikke komplett løsning. Ved valg av en annen dekkekonstruksjon vil det være nødvendig med blant annet avtvingning i knutepunktene. Det kan også oppstå fare for logistikk problemer i byggeplassen. Alt tatt i betraktning var valget Skanska tok med å investere i rammekonstruksjonen kostnadseffektivt og smart.

---

## 7 Diskusjon

Oppgaven har vært innom flere temaer med lavkarbonbetong i fokus, det ble gjort rede for betongens egenskaper. Samt sammensetning og utfordringer dette kan resultere i på byggeplassen. Rapporten har også tatt for seg dimensjoneringsspørsmålet og hvilke tiltak som gir størst klimagevinst.

Nidarvollprosjektene har vært eksempelprosjektet denne rapporten baserte seg på. De høye klimaambisjonene til Trondheim kommune og lange erfaringen til Skanska Norge resulterte i et prosjekt som stort sett har gått bra. Med dyktige rådgivere på Skanska Teknikk har prosjektet brukt lavkarbonbetong så langt det lot seg gjøre uten problemer også i minusgrader på vinterstid.

I denne delen av oppgaven vil vi gå innom hvert kapittel og veie opp utfordringene mot gevinsten oppnådd. Det skal gjøres rede for hvorfor lavkarbonbetong ikke blir brukt i større grad, og om større implementering er hensiktsmessig.

### 7.1 Lavkarbonbetong

Betong er den mest brukte byggevaren i verden og står for betydelige mengder av klimagassutslippene på verdensbasis. Indirekte vil dette være tilnærmet utslippene sementproduksjonen står for, på bakgrunn av at sement medfører 90% av utslippene ved betong. Derfor kan det være naturlig å spekulere at ved reduksjon av sementinnhold i betong vil klimagassutslippene forårsaket betongproduksjonen gå ned. Det kan dog ha store konsekvenser for de gode egenskapene betong er kjent for. Lavkarbonbetong er utarbeidet som et forsøk på å redusere  $CO_2$ -utslipp i byggebransjen.

#### 7.1.1 Lavkarbon i praksis

Nidarvollprosjektene har i stor grad benyttet seg av lavkarbonbetong både i de prefabrikkerte elementene og ved de fleste støp i prosjektet. Grunnet mangel av flygeaske på betongfabrikken var de nødvendige til støp i standard betong for å unngå forsinkelser i fremgangen. Dette valget ble tatt som en løsning på en uforutsigbar utfordring, og dersom alt gikk etter planen ville Nidarvollprosjektene vært et prosjekt støpt fullt ut i lavkarbonbetong.

Det har likevel ikke oppstått noen problemer eller forsinkelser på bakgrunn av be-

tongbruk valget. Det kan derfor være lett å anta at lavkarbonbetong ikke medfører noen utfordringer i produksjon, og at prisen alene er utløsende. Gjennom rapporten har flere utfordringer ved produksjonen av lavkarbonbetong blitt gått gjennom, som gjør det interessant å undersøke hva som ligger i grunn til den uproblematisk fremdriften på Nidarvollprosjektene.

Skanska Norge er et massivt firma med dyktige arbeidere, både i ledelsen og på produksjonsfronten. Dette resulterer i at Skanska har et økonomisk sikkerhetsnett som tillater interne miljøkrav og eksperimentering med klimabesparende tiltak. Dette gir Skanska et enormt konkurransefortrinn, ettersom det grønne skiftet er i full gang, og omsetningen til grønnere løsninger skjer raskere enn noensinne.

Beliggenheten av prosjektet har mye å si for EPD'ene ettersom disse inkluderer transport [A4]. Det er enighet om at grenseverdien i NB37 ekskluderer transporten, ettersom avstanden mellom betongleverandør og byggeplassen er veldig individuelt for hvert prosjekt. Hvis Lavkarbon Pluss grenseverdien for B35 sammenlignes med den prosjektspesifikke EPD'en for tilsvarende tilsendt av Unicon kan følgende noteres.

Fasthetsklasse og lavkarbonklasse	Grenseverdi B35	EPD GWP B35 [A1-A4]	Ekskludert transport [A1-A3]
Bransjereferanse	330	231,098	220,898
Lavkarbon A	210	219,589	209,389
Lavkarbon Pluss	160	172,289	162,089

Tabell 24: Grenseverdier tatt fra NB37 VS. Prosjektspesifikke EPD fra Unicon

Når transporten fra betongfabrikken fjernes resulterer dette i 162.09 kg  $CO_2 - eq$ , som fortsatt ligger 2 kg over grensen. I utgangspunktet skal denne verdien ligge under, eller være lik grenseverdien for å kunne klassifiseres som Lavkarbon Pluss. Det bør også noteres at standardbetongen fra Unicon ligger langt under bransjereferansen som i realiteten var lik Lavkarbon C fra NB37 før revisjonen [Tabell 5]. Det er derfor ikke usannsynlig at NB37 revideres ytterligere, med Lavkarbon B som den nye bransjereferansen.

## Egenskaper

Egenskapene til betong endres når tilsetningsstoffer og tilsetningsmaterialer benyttes, disse kan justere synkmålet, øke luftinnholdet, akselerere eller retardere herdeprosessen og påvirke permeabiliteten og porestrukturen. Tilsetningsmaterialer som flygeaske og slagge påvirker de sistnevnte, som er viktige fysiske parametre som

---

styrer hvorvidt aggressive stoffer trenger inn i betongen. Dette kan være klorider, sulfater eller karbondioksid som medfører karbonisering, korrosjon og tap av betongtverrsnitt [16].

Økt pozzolaninnhold har dessuten gunstig effekt på betongen. Grunnet lengre varmeutvikling unngår konstruksjonselementet en rask sammentrengning og dette reduserer faren for riss og i en finere overflate. Ved at betongen er tettere, reduseres også kloridinntrengingen og karbonatiseringen som i realiteten øker levetiden til konstruksjonen. Betongens støpelighet påvirkes også av de ulike tilsetningsmaterialene, men denne er ofte lett forutsigbar og akseptabel. Prøvestøp er uansett fornuftig før bruk av slagginnenholdende sementer, da komprimerbarheten er redusert selv om betongen har tilsynelatende god støpelighet ved lavt bindemiddelinnhold. [37]

Selv ved betong i høy lavkarbonklasse, som i realiteten gir større utslag på støpelighet, kan ønskede støpelighetegenskaper oppnås ved riktig tilpassende tiltak. Det kan i noen tilfeller være uansvarlig å bruke Lavkarbon Pluss og Ekstrem, spesielt om vinteren ettersom temperatursensitiviteten er såpass ugunstig at prosjektet kan forsinkes og i værste fall så oppnår ikke betongen sin dimensjonerte fasthet.

### **Tilgjengelighet**

Det er imidlertid noen ulemper med produksjon av lavkarbonbetong. Eksempelvis er utfordringen med tilgjengeligheten på tilsetningsmaterialer hovedsaklig grunnet usikkerheten rundt tilgang og kostnad. Det blir nevnt at tilsetningsmaterialene er restprodukter fra industri som står for store mengder  $CO_2$ -utslipp, og at nedleggelsen av disse industriene er et høyt sannsynlig scenario.

Andre problemer som opplevdes i produksjonen var blant annet slitasje av maskiner grunnet lengre blandetid og problemer knyttet produksjonsflyt. Ettersom Skanska er den første og eneste som ettertrakter lavkarbonbetong fra Unicon og Con-Form kan det hende at slike opplevelser er vanlige or lett merkbare ved nytt praksis i fabrikkene. Betong Øst, som leverer betong til Con-Form på Orkanger kommenterte i en rask telefonsamtale at det bare var den ekstra siloen, som trengs til oppbevaring av flygeaske som var litt upraktisk. Alt tatt i betraktning er utfordringene størst på byggeplassen, og betong- og elementleverandørene må være klare for omsetningen og et langt større behov for lavkarbonbetong.

### **Temperaturpåvirkning og gjennomføring**

Den totale varmeutviklingen blir redusert ved bruk av flygeaske som tilsetningsmateriale. Det er dermed gunstig i prosjekt med store anleggskonstruksjoner, ettersom maksimumstemperaturen begrenses. Denne langsomme fasthetsutviklingen reduse-

---

rer faren for opprissing, der temperaturoyningene er fastholdt. Det blir derimot problematisk ved tynne konstruksjoner og små volum betong, slik det var med Con-Form veggen.

Lavkarbonbetong har dermed ikke spesielt ugunstige egenskaper for vinterbruk. Det må derimot utføres ekstra tiltak som må tas med i det totale karbonregnskapet.

### 7.1.2 EPD

Det har dog vist seg etter samtale med Con-Form under EPD gjennomgåelsen, at mange verdier må antas grunnet mangel på EPD'er og GWP-verdier på produkter som blir kjøpt utenlands. Blant disse landene var Polen, som også står for en betydelig mengde flygeaske kjøpt av Norge. Dette øker skepsien rundt mangel på slike tilsetningsmaterialer, ettersom flere land i Europa er langt i fra utslippsfrie. Andre produkter er armeringsstål kjøpt utenlands, hvor utarbeidelse av EPD'er ikke er praktisert i stor grad. Dette medfører uspesifikke tall for EPD'er som inkluderer armeringsstål kjøpt fra utlandet. Det er selvsagt ønskelig å bruke miljøvennlig og resirkulert armeringsstål, dette kan for eksempel leveres fra Celsa. Produksjonen i Celsa baserer seg på energi fra vann og vind i Norge. Flere entreprenører og fabrikker velger likevel å benytte armeringsstål fra utlandet. Selv om produksjonen er mye mer kraftkrevende hvor kullkraft ofte benyttes, er prisen konkurransedyktig. På grunn av lite etterspørsel om miljøvennlig stål, velges den billigste løsningen. Kjøp av stål fra Celsa kan forårsake at elementfabrikkene priser seg ut fra markedet. EPD'er for betongkonstruksjoner som inkluderer armeringsstål kjøpt fra utlandet, vil dermed få inkorrekte GWP-verdier.

Det er et spørsmål om hvor strengt vi skal holde oss til EPD'ene. På bakgrunn av at mange verdier er ukjente og må derfor antas, vil validiteten av slike deklarasjoner være usikker. Det blir derfor også usikkert hvor strenge grenseverdiene i NB37 skal være. I dette prosjektet var Lavkarbon Pluss ikke oppnådd med en overstigelse på 2 kg, dette utgjør mindre enn 2% forskjell. Arbeidet om oppnåelse av Lavkarbon Pluss burde ikke skrotes, men heller lagt merke til og oppmuntret.

Byggebransjen etterlyser rimelige priser, selv om det har en negativ miljøpåvirkning. På grunn av lite bevissthet rundt temaet er det ikke et prioriteringsmoment. Nyutdannede ingeniører vil ha et mer kritisk syn på dette i fremtiden. Et konkurransefortrinn må til for å premiere de som faktisk har brukt tid og penger på å utvikle gode og korrekte EPD'er for varene sine. Her også, er myndighetene nødt til å gripe inn og sette strengere krav for å oppmuntre alle til å sette i gang.

---

### 7.1.3 Karbonatisering

Som nevnt i Kap. [3.3.4] kan karbonatisering gi et positivt bidrag dersom hele livsløpet tas i betraktning. Dette blir ofte glemt ved betong.

Man kan argumentere at karbonatisering er et stort klimabidrag fra betongkonstruksjon. Lav pH-verdi som resultat derimot, kan føre til armeringskorrosjon og resultere i kortere levetid til betongelementet.

Ved lavkarbonbetong (LKB) kan mengden av ( $CO_2$ ) som tas opp av betongen være mindre, fordi LKB har større mengde av flygasje enn det som er i vanlig standard betong, resulterende i mindre mengde sement. Dette kan virke ugunstig og det er lett å tenke at LKB gir mindre klimabidrag i løpet av byggets levetid. Det er imidlertid viktig å merke at hvis et element ikke trekker ( $CO_2$ ) fra omgivelsen, vil ikke pH-verdien til konstruksjonen falle like raskt som for standardbetong. På den måten vil armeringen være beskyttet lengre, og som et resultat vil elementets levetid være lengre. Dermed er konstruksjonen mer bærekraftig på lang sikt.

## 7.2 Besparelse av $CO_2$ i prosjekt

I løpet av denne bacheloroppgaven kom det tydelig fram at lavkarbonbetong bidrar til reduksjon av klimagassutslippene. For å oppnå klimamålene er det likevel mye mer som må til. Miljøvennlige løsninger i byggenæringen avhenger av en kombinasjon med flere faktorer. Der bestemmelser og krav, samhandlingsfasen, prosjektering og produsenter er innblandet.

### 7.2.1 Forhåndsbestemmelser og krav

For mange entreprenører kan det å innføre tiltak de ikke er så godt kjent med være, grunnen til at lavkarbonbetong unngås. Dette medfører selvfølgelig økonomiske ugunstigheter, der kostnadstillegg fremkommer i hvert ledd av prosjektprosessen. Uten krav vil det være liten motivasjon til å bruke mer tid og penger enn nødvendig for å oppnå det samme byggtekniske resultatet. Derfor må reglene og kravene ved betongbruken på prosjektet settes av byggherren på forhånd.

Trondheim kommune har ved dette prosjektet fremstått som en byggherre som ønsker å tilrettelegge for det grønne skiftet. Skanska har utarbeidet miljøvennlige og økonomiske løsninger. Miljøkrav fra byggherre er en viktig pådriver for å oppnå gode



---

løsninger i alle prosjekter. De har til tross for mangel på midler klart å finansiere el-anleggsmaskinene gjennom støtte fra Enova.

Skanska har satt som mål å ha redusert klimautslippet deres med 70% innen 2030, og være klimanøytrale innen 2045. De er også et av verdens ledende entreprenørkonsern og har de nødvendige midlene for å kunne sette og jobbe mot slike mål. Det er dog viktig å få de små bedriftene med i det grønne skiftet. Dette kan oppnås ved for eksempel støtte fra staten dersom de benytter seg av klimavennlige løsninger, eller at betongens klimagassutslipp rett og slett innsnevres til et utslipp ekvivalent Lavkarbon A og blir en standard i byggebransjen. Dette vil medføre at enhver betongleverandør vil ha nytte av siloer til ulike tilsetningsmaterialer, og er bedre forberedt for skiftet fremover.

### **7.2.2 Samhandlingsfase**

Per i dag sier arkitekten hvordan bygget skal se ut, RIB'en tilpasser slik at det er byggteknisk utførbart og sikkert, og til slutt kommer geoteknikeren og lager eksempelvis peleløsning. Dette resulterer ofte i at prosjektet ikke oppnår det fulle og optimaliserte potensialet. Utslipet under bakken gir også et vesentlig klimagassutslipp, prosjektet må derfor samarbeide tidligere og tilpasse mye bedre. Helt fra arkitektfasen burde bærekonstruksjonen bli tilpasset.

Under samhandlingsfasen er det utrolig viktig å tillate tidsbruk for optimalisering av bærekonstruksjoner. Det krever blant annet at byggherren, entreprenøren og alle involverte aktører balanserer klimamålene og økonomien. Eksempelvis, var det litt motstand internt i Skanska angående utslippsfri byggeplass. Skepsisen til fossilfri byggeplass er grunnet kostbare tiltak med begrenset effekt. Det kom også fram at det er meget viktig å planlegge tidlig og alltid ha en plan B for å få bedre resultat i prosjektet. Det kan også være nødvendig med støtte fra staten for å oppmuntre virksomhetene til å implementere klimatiltak.

Opp igjennom årene har det blitt diskutert hvorvidt tiden entreprenørene faktisk får på byggeprosjektene er lang nok. Det er ofte alfor hektisk i slutføringen av ulike prosjekter. Byggetiden er normalt innenfor rimelig grense og tillater ferdiggjøring av bygg ved god planlegging. Dersom man i tillegg ønsker å benytte lavkarbonbetong må både byggherren og entreprenøren være klar over konsekvensene som kan oppstå. Dette er selvsagt knyttet til økonomien, hvor man ønsker å binde minst mulig kapital innen man kan forvente å få inntekter tilbake. Det er samtidig viktig å konkurrere med andre i markedet. Gode rådgivere trengs for å sette lys på problematikken,

---

og utarbeide tiltak slik sjefs- og miljørådgiveren for Skanska Teknikk gjorde på Nidarvollprosjektet.

For å klare unngå å havne i utrivelige og hektiske perider må planleggingen utføres bedre i fellesskap. Gjennom nye samarbeidsformer, for eksempel ved samspillentrepriser hvor de ulike partene diskuterer prosjektet grundig. Det vil i større grad skape et realistisk bilde av en gjennomførbar fremdriftsplan. Slik vil byggherren være klar over hvilke utfordringen man kan støte på underveis.

### 7.2.3 Dimensjonering

Dimensjonering er et viktig poeng i besparelse av klimagassutslipp. Bestandighetene og styrken påvirker utslippene mye. Optimale spenn og tverrsnitt er også svært viktig. Forandring på tverrsnitt sparer ofte mer enn bytte til Lavkarbon A. Dersom man reduserer tverrsnitt og i tillegg benytter Lavkarbon Pluss, vil man kutte utslippene ytterligere. Dette kan spare opp til 500 kg  $CO_2$  - eq på en bjelke [fig.36].

<b>Bespart kg <math>CO_2</math>-eq/m<sup>3</sup></b>	<b>299,10</b>	Ved å endre tverrsnitt og til lavkarbon A
	<b>500,45</b>	Ved å endre tverrsnitt og til lavkarbon Pluss

Figur 36: Optimalisering av  $CO_2$  utslipp

Klimagassutslippene til et rektangulært tverrsnitt støpt med B35 kan kuttes ned gjennom å for eksempel redusere på høyden/bredden. Dette ble utført i [Kapittel .6.3.1.2], hvor bespart  $CO_2$  utslipp på grunn av optimalisert tverrsnitt var 250.1 kg  $CO_2$  - eq /  $m^3$ . Det er i tillegg gjort noen tiltak for å kunne redusere nebøyning og riss på bjelken. Endring på egenvekt og armeringsmengde samt reduksjon av betongkvalitet er eventuelle løsninger. Alt dette avhenger av de faktiske kostnadene som følger med endringene. For eksempel å øke antall trykkarmering fra 2Ø20 til 4Ø30 kan være den billigste løsningen for å heve stivheten til bjelken. De andre tiltakene er økonomisk dyre og kan ofte velges bort.

Samtidig, kan man bruke en I-bjelke støpt med høyere trykkfasthet. Det rektangulære tverrsnittet vil naturligvis ha mindre klimagassutslipp per tonn betong brukt, ettersom det er lavere trykkfasthet på betongen. I-bjelken forårsaker mer klimagassutslipp per tonn betong. Alt i alt vil I-bjelken likevel å ha mindre  $CO_2$  utslipp på grunn av mengden betong brukt. Dette er en annen måte å optimalisere betong konstruksjonen på og dermed oppnår kutt i GWP-veridene.

Slike vurderinger må utføres for at entreprenøren skal vellykkes med å optimalisere

---

prosjektet. Det er da viktig å prosjektere hele bygget før byggeprosessen sette i gang.

#### 7.2.4 Produsenter

Betong og element leverandører er svært innblandet og utgjør en vesentlig forskjell i GWP-verdiene til et byggeprosjekt. Da de vanligvis enten leverer betong eller pre-fabrikerte elementer. Bæresystemet i de fleste prosjektene utgjør en stor del av helheten til prosjektet. Fabrikker, må på lik linje som byggherre og entreprenører, optimalisere alle prosesser, slik at mindre avfall og utslipp blir produsert. Ikke nok med det, sette fokus på produksjon av miljøvennlige produkter. Ansattes holdninger til de globale utfordringene er avgjørende i overgangen til det grønne skiftet. Hvert ledd må ta ansvar og komme med alternative løsninger. Det kan i noen fabrikker kreve grundig gjennomgang eller gjennomføring av kurs hvor alvorligheten av miljøansvaret understrekes.

For å få til et godt samarbeid må det tilrettelegges. Noe som kan forenkle denne overgangen er utvikling av små byer i symbiotisk forhold. Der flere fabrikker plasseres i samme område og restprodukter fra en fabrikk går til neste fabrikk. Det vil sette i gang sirkulær økonomi hvor avfall får nytt liv som råvarer i nye kretsløp.

Som nevnt i [Kapittel. 3.4.1] er det større bevissthet rundt alternative tilslag i fabrikkene. Gjenbruk av betong i form av tilslag er en av mulighetene som kan utnyttes, i teorien kan resirkulert betong brukes som tilslag. Alternativt kan man vaske betong med vann i høy temperatur for å utskille tilslaget til videre bruk, avfallsvannet kan også brukes. Imidlertidlig krever denne prosessen mye energi og avfallsvannet kan inneholde andre kjemikalier. Det blir derfor bedre å fokusere på andre tilsetningsmaterialer, og tilrettelegge utstyr til det nye behovet.

Selv om fabrikkene ønsker å være konkurransedyktige, er det ofte nyttig å samarbeide om gode løsninger med andre aktører. For eksempel, er Con-Form elementene i utgangspunktet effektive og økonomiske, men også miljøvennlige spesielt ved bruk av lavkarbonbetong.

---

## 8 Konklusjon

Denne oppgaven har tatt utgangspunkt i klassifikasjon, utfordringer og anvendelser av lavkarbonbetong. Hovedaspektene som påvirker valg av de forskjellige lavkarbon klassene er blant annet tilgjengeligheten, prispåvirkningen og erfaringen. Lavkarbonbetong er et vagt konsept som fortsatt er uklart for mange. Det er fort gjort å definere betongen sin som lavkarbonbetong fordi det er trendy å være grønn, uten å legge inn det nødvendige arbeidet som faktisk utgjør en forskjell. Det blir derfor viktig å presisere skillen mellom lavvarme- og lavkarbonbetong, ettersom lavvarmebetong benyttes der prosjekt ønsker en langsom temperaturutvikling, hvorav lavkarbonbetong er et rent klimagassreducerende tiltak. Det burde altså ikke være et skrytepoeng at man har brukt en klimavennlig betong der denne typen betong skulle brukes uansett.

Det blir kritisk å sette mål, enten det er pålagt eller internt, og jobbe mot, samt dokumentere prosessen. EPD'ene må bli en vanligere og mer effektiv praksis, der ansatte tar initiativet om å lære og utarbeide korrekte miljødeklarasjoner. Brukeren burde ha muligheten til å se beskrivelsen av innholdet EPD'en baserer seg på, for å vurdere gyldigheten selv. Virksomheter må følges opp for validitet og motiveres ytterligere for å fortsette den gode innsatsen.

Det har blitt klarere at lavkarbonbetong alene ikke er løsningen på klimamålene i byggebransjen. Det ble diskutert hvor nyttig det er å optimalisere et tverrsnitt, i form av bytte til eksempelvis I-bjelke. Denne reduksjonen oppnås i standard betong, på grunn av mindre betongmengde. Ved å benytte lavkarbonbetong i tillegg vil man oppnå ytterligere reduksjon. Dette gjelder ikke kun plasstøpte betongkonstruksjoner men også prefab. elementene. Man er derfor avhengig av å prosjektere smart og effektivt, hvor miljømålene ligger til grunn tidlig i alle prosjekter.

Løsningene benyttet i Nidarvollprosjektene er et godt eksempel på vellykket samspill mellom de ulike partene. Skanska har strekt ut så langt det lot seg gjøre, spesielt siden Nidarvollprosjektene hovedsaklig satte seg interne mål uten å sette strenge krav. Det er viktig å se på byggets og betongens hele livsløp, og selv om karbonatisering ikke ble tatt med i klimaregnskapet, har sluttresultatet av Nidarvollprosjektene spart mange kg  $CO_2$ -eq i byggets levetid. Nøyaktig 14 000 tonn  $CO_2$ -eq ble spart, som er ekvivalent med 7 400 tur-retur reiser per person fra Oslo, Norge til Sydney, Australia [18]. Lavkarbonbetong står for en liten del av reduksjonen oppnådd i hele prosjektet, men utgjorde fortsatt en relativt stor forskjell i byggefasen sett på materialbruken.

---

Nidarvollprosjektene er ikke det første og definitivt ikke det siste prosjektet Skanska legger til under beltet. Med naboprojektet Nydalsbrua som også støpes fullt i lavkarbonbetong er det vanskelig å forestille seg at firmaet reverterer tilbake til standard betong. Det skal ikke konkurreres på helse, sikkerhet eller miljø, og entreprenører som ikke tar klimaet på alvor og prioriterer utviklingen av klimatiltak vil etterhvert falle utenfor.

Avslutningsvis har gruppens kunnskap om lavkarbonbetong blitt styrket gjennom dette prosjektet. Gruppen gikk fra å vite nesten ingenting om lavkarbonbetong til å forstå utfordringene og mulighetene lavkarbonbetong presenterer i fremtiden, som er en stor læringsopplevelse.

---

## Referanser

- [1] Hokksund Betong. *Lavkarbonbetong*. Aug. 2021. URL: <https://hokksundbetong.no/lavkarbonbetong/>.
- [2] Norsk Betongforening. *CO<sub>2</sub>-utslipp - sement og betong UTFORDRINGER OG PERSPEKTIVER*. 2009, s. 6.
- [3] Norsk Betongforening. *Betong og Miljø*. 2015.
- [4] Norsk Betongforening. *NB37 - Lavkarbonbetong*. 2020.
- [5] Betongsentrum. *Valg av Riktig Betongkvalitet*. Nov. 2020. URL: <https://www.betongsentrum.no/valg-av-riktig-betongkvalitet/>.
- [6] *Bygging av Nidarvollprosjektene*. Apr. 2021. URL: <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/klart-for-bygging-av-nidarvollprosjektene?publisherId=89647&releaseId=17905183>.
- [7] *CO<sub>2</sub>-Ekvivalent*. Apr. 2020. URL: <https://no.wikipedia.org/wiki/CO2-ekvivalent>.
- [8] Hanne Eldby og Vilde Haarsaker. «Klima, miljø og jordbruk–Hva gjør EU?» I: *Transport 2010.2017 (2005)*, s. 2020. URL: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/klima/miljomal-5.2/>.
- [9] Elin Randli. *Samtale med Elin Randli, Trondheim Kommune*. Mar. 2022.
- [10] *EPD Norge*. Apr. 2015. URL: [www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/](http://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/).
- [11] *Etablering av referansebygg og mål for klimagassreduksjoner I byggeprosjekter 1*. Jan. 2019. URL: <https://docplayer.me/136841648-Etablering-av-referansebygg-og-mal-for-klimagassreduksjoner-i-byggeprosjekter-1.html#:~:text=Et%5C%20referansebygg%5C%20skal%5C%20representere%5C%20en,funksjon%5C%20som%5C%20det%5C%20prosjekterte%5C%20bygget..>
- [12] Frode Sæther. *Samtale med Frode Sæther, Skanska*. Feb. 2022.
- [13] *Globale Klimaendringer*. Feb. 2018. URL: <https://www.npolar.no/tema/globale-klimaendringer/>.
- [14] Edward Harrison, Aydin Berenjian og Mostafa Seifan. «Recycling of waste glass as aggregate in cement-based materials». I: *Environmental Science and Ecotechnology* 4 (2020), s. 100064. ISSN: 2666-4984. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ese.2020.100064>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666498420300569>.
- [15] R Stuart Haszeldine. «Carbon capture and storage». I: *Science* 325.5948 (2009), s. 1647–1652.
- [16] Frederic Aarnæs Hermansen. «Betong med høy flyveaskedosering». 2018, s. 19–21.

- 
- [17] *Hva er BREEAM/BREEAM-NOR?* Mai 2022. URL: <https://byggjeneste.no/breeam-nor/>.
- [18] ICAO. Apr. 2022. URL: <https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Pages/default.aspx>.
- [19] *Industrisement EPD*. Apr. 2022. URL: [https://www.norcem.no/no/system/files\\_force/assets/document/52/15/2020\\_nepd-2276-1028\\_epd\\_19358-norcem-industrisement-brevik-cem-i-52-5r.pdf?download=1](https://www.norcem.no/no/system/files_force/assets/document/52/15/2020_nepd-2276-1028_epd_19358-norcem-industrisement-brevik-cem-i-52-5r.pdf?download=1).
- [20] Kari Aarstad. *Samtale med Kari Aarstad, Unicon*. Mar. 2022.
- [21] Oda Kyllingstad. *Klimagassregnskap Nidarvollprosjektene*. Apr. 2022.
- [22] *Limtreboka*. Kolbein Bell, 2018. URL: [https://www.moelven.com/globalassets/moelven-limtre/limtre\\_eksmpl\\_digital.pdf](https://www.moelven.com/globalassets/moelven-limtre/limtre_eksmpl_digital.pdf).
- [23] Tatiana Maria Mediros. «Sirkulær økonomi i den norske byggebransjen». 2020, s. 68–95.
- [24] Klima- og miljødepartementet. *Prop. 182 L (2020–2021)*. Apr. 2021. URL: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/prop.-182-l-20202021/id2844566/?ch=2>.
- [25] *Miljøstyring og miljøsertifisering*. Apr. 2021. URL: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energitiltak/miljostyring-miljosertifisering/>.
- [26] Norcem. "Hva er karbonfangst?" 2022. URL: <https://www.norcem.no/no/CCS>.
- [27] Norcem. *Norcem med fullskala karbonfangst*. Mai 2021. URL: <https://www.advansia.no/aktuelt/norcem-brevik-blir-verdens-forste-sementfabrikk-med-fullskala-karbonfangst>.
- [28] Skanska Norge. «klart for bygging av nidarvollprosjektene». I: *Bygg og anlegg* (2021). URL: <https://www.bibme.org/bibliographies/2c0beded-9c87-4b7f-a8d8-69ab18119dfc>.
- [29] Oda Kyllingstad. *Samtale med Oda Kyllingstad, Skanska*. Feb. 2022.
- [30] Ole Kvåle. *Samtale med Ole Kvåle, Conform*. Apr. 2022.
- [31] Rambøll. *Hvorfor bygge i massivtre?* Apr. 2022. URL: <https://c.ramboll.com/no-no/massivtre-hvorfor-bygge-i-massivtre>.
- [32] Alexandra Rassat. *Fra avfall til klimapositiv betong*. Jun. 2021. URL: <https://www.biokull.info/nyheter/fra-avfall-til-klimapositiv-betong>.
- [33] Ingrid Staveland Reppe. «Ombruk av betongelementer: Analyse av marked, barrierer, muligheter og potesiale for klimagassreduksjon ved ombruk av hulldekker fra Regjeringskvartalet». 2021, s. 5–6.
-

- 
- [34] *Satser Stort på mindre utslipp*. Des. 2021. URL: <https://pka.no/aktuelt/nidarvoll>.
- [35] Sintef. *Betong er en del AV klimaløsningen*. Aug. 2021. URL: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/-betong-er-en-del-av-klimalosningen/>.
- [36] Sintef. *De best bærekraftige byggene finnes allerede*. 2022. URL: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/de-mest-barekraftige-byggene-finneres-allerede/>.
- [37] Sverre Smepllass. *Samtale med Sverre Smepllass, Skanska*. Apr. 2022.
- [38] *Spennbetong*. Jul. 2019. URL: <https://snl.no/spennbetong>.
- [39] SSB. *Avfallsregnskap for Norge*. Apr. 2022. URL: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfallsregnskapet>.
- [40] SSB. *Avfallsregnskap for Norge, etter materialtype*. Apr. 2022. URL: <https://www.ssb.no/statbank/table/10513/tableViewLayout1/>.
- [41] Norsk St. Jun. 2014. URL: <https://www.en1090.no/konsekvensklasse.htm>.
- [42] *Standardsement FA EPD*. Apr. 2022. URL: [https://www.norcem.no/no/system/files\\_force/assets/document/33/03/2020\\_nepd-2336-1064\\_-\\_norcem-standardsement-fa-justert-brevik-cem-ii-b-m-42-.pdf?download=1](https://www.norcem.no/no/system/files_force/assets/document/33/03/2020_nepd-2336-1064_-_norcem-standardsement-fa-justert-brevik-cem-ii-b-m-42-.pdf?download=1).
- [43] Svein Ivar Sørensen. *Armeringsspenning, formel 5.55*. Kanalveien 51, Bergen: Fagbokforlaget, 2013.
- [44] Svein Ivar Sørensen. *Langtidsbøyning pga permanentelaster, side.129*. Kanalveien 51, Bergen: Fagbokforlaget, 2013.
- [45] Svein Ivar Sørensen. *Nedbøyning pga svinn, side 135-136*. Kanalveien 51, Bergen: Fagbokforlaget, 2013.
- [46] Svein Ivar Sørensen. *Nedbøyning pga svinn, side. 151-152*. Kanalveien 51, Bergen: Fagbokforlaget, 2013.
- [47] Svein Ivar Sørensen. *Virkning av svin på nedbøyningne, 5.2.6, side.131*. Kanalveien 51, Bergen: Fagbokforlaget, 2013.
- [48] Trondheim Kommune. *Trondheim skal lede verdens byer i bærekraftig utvikling*. Apr. 2022. URL: <https://www.trondheim.kommune.no/aktuelt/nyhetssaker/2018/trondheim-skal-lede-verdens-byer-i-barekraftig-utvikling/>.
- [49] *Unicon*. Nov. 2020. URL: <https://www.unicon.no/om-unicon/nyheter/futurecem/>.
- [50] Betong Øst. *Samtale med Betong Øst avd. Orkanger*. Mai 2022.
- [51] Aalborgportland. *"FUTURECEM - ny cementtype med reduceret CO2-udledning"*. 2022. URL: <https://www.aalborgportland.dk/baeredygtighed/futurecem/>.
-



## CO<sub>2</sub>-verstingen du kanskje ikke visste om

Mohtadin Al-Anbary; Lidia Jiorgio; and Julia Gucwa

Sementproduksjonen står for omtrent 7-8% av globale CO<sub>2</sub>-utslipp. Lavkarbonbetong er derfor utarbeidet som et forsøk på å redusere sementinnholdet i betongblandingen. Avgangsstudenter ved NTNU belyser eventuelle utfordringer ved overgang og bruk av lavkarbonbetong.

**B**etong utgjør en stor andel av klimagassutslippene i byggenæringen i dag. Innen 2030 skal klimagassutslipp i Norge reduseres med 55%. Her er byggbransjens rolle betydelig for å nå målet. FNs bærekraftsmål "Bærekraftige byer og lokalsamfunn" er relevant mål for byggenæringen. Ved å innføre innovative og fremtidsrettede løsninger i alle bedrifter, basert på krav utarbeidet internasjonalt, kommer man et steg nærmere bærekraftsmålene. Skanska Norge er en ledende entreprenør, og har vist initiativ om å sette i gang det grønne skiftet. Med Norges største plusshus Powerhouse i Trondheim som inspirasjon, har Nidarvollprosjektene mål om å bli ledende i sektoren.

---

*Lavkarbonbetong kort forklart er betong som erstatter deler av sementen med alternative bindemidler, i hovedsak flygeaske og silikastøv, men også slagg. Lavkarbonbetongen kjennetegnes tradisjonelt med lang herdetid grunnet lav varmeutvikling og dette gir den et dårligere rykte da brukspotensialet blir redusert.*

Nidarvollprosjektet er Trondheim kommunes største prosjekt under utbygging hittil med en kontraktsverdi på 800 millioner. Prosjektet omfatter Nidarvoll- og Sunnland skole med idrettshall, og Nidarvoll rehabiliteringssenter. Trondheim kommune er byggherren, og har satt miljøkrav om å redusere utslippene med 30% i forhold til et referansebygg. Nidarvollprosjektene har derfor tatt i bruk flere klimareduserende tiltak. Det inkluderer bruk av lavkarbonbetong, gjenvinning og gjenbruk av materialer fra tidligere konstruksjon og drift av en fossilfri byggeplass. Implementering av disse, sammen med optimaliseringer gjort for energieffektivitet, sparte prosjektet for ca. 50% av klimagassutslippene.

Bacheloroppgaven har tatt utgangspunkt i Nidarvollprosjektene. Resultat viser at betongen er foreløpig ikke kostnadseffektiv, og uten insentiver og kunnskap vil ikke de fleste entreprenørene påføre seg den ekstra tiden og kostnadene bruken medfører. Derfor må det utføres tiltak slik at de små bedriftene tas med i den grønne utviklingen.

## Klimagassutslipp Con-Form forskalingsvegg

Parameter	GWP kg CO2- eq	A1	A2	A3	A4	Totalt	
Skallvegg m2 - Con-Form AS	30,5	1,54	0,756	0,833		33,629	B35 M60 (lavkarbon A)
Hulrommet m3 - Unicon AS	125	12	0,489	0,406		137,895	B20 M90 (lavkarbon pluss)
Hulrommet m2 - Unicon AS	12,5	1,2	0,0489	0,0406		13,7895	B20 M90 (lavkarbon pluss)
						47,4185	
Skallvegg m2 - Con-Form AS	37,4	1,54	0,756	0,833		40,529	B35 M60 (Standard betong)
Hulrommet m3 - Unicon AS						240	B20 M90 (Standard betong)
Hulrommet m2 - Unicon AS						24	B20 M90 (Standard betong)
						64,529	
Plasstøpt vegg m3 - Unicon AS	148	13,6	0,489	10,2		172,289	B35 M45 (lavkarbon pluss)
Plasstøpt vegg m2 - Unicon AS	29,6	2,72	0,0978	2,04		34,4578	B35 M45 (lavkarbon pluss)

## Klimagassutslipp Con-Form plattendekke

Parameter	GWP kg CO2- eq	A1	A2	A3	A4	Totalt	
Plattendekke m2 - Con-Form AS	22,1	0,669	0,615	0,636		24,02	B35 M60 (lavkarbon A)
Påstøpet m3 - Unicon AS	191	17,9	0,489	10,2		219,589	B35 M45 (lavkarbon A)
Påstøpet m2 - Unicon AS	37,245	3,4905	0,095355	1,989		42,819855	B35 M45 (lavkarbon A)
						66,839855	
Plattendekke m2 - Con-Form AS	27,4	0,669	0,615	0,636		29,32	B35 M60 (tradisjonell betong)
Påstøpet m3 - Unicon AS	212	8,44	0,458	10,2		231,098	B35 M60 (tradisjonell betong)
Påstøpet m2 - Unicon AS	41,34	1,6458	0,08931	1,989		45,06411	B35 M60 (tradisjonell betong)
						74,38411	
Plasstøpt dekke m3 - Unicon AS	191	17,9	0,489	10,2		219,589	B35 M45 (lavkarbon A)
Plasstøpt dekke m2 - Unicon AS	51,57	4,833	0,13203	2,754		59,28903	B35 M45 (lavkarbon A)
						59,28903	
Hulldekker 1 tonn - Contiga AS	86,7	5,76	11,6	4,14		108,2	B45 M45 (lavkarbon A)
						108,2	

## Klimagassutslipp for alle Con-Form elementer

Parameter	GWP kg CO2- eq	A1	A2	A3	A4	Totalt	
Forspent Plattendekke m2	21,1	0,669	0,615	0,636		23,02	B35 M60 (lavkarbon A)
Slakkarmert Plattendekke m2	19,6	0,951	0,419	0,481		21,451	B35 M60 (lavkarbon A)
Skallvegg m2	30,5	1,54	0,756	0,833		33,629	B35 M60 (lavkarbon A)
Repos m2	57,6	1,89	1,72	1,66		62,87	B35 M60 (lavkarbon A)
Trapp tonn	97,1	0,413	3,29	3,35		104,153	B35 M60 (lavkarbon A)
						245,123	
Forspent Plattendekke m2	27,4	0,669	0,615	0,636		29,32	B35 M60 (standard)
Slakkarmert Plattendekke m2	23,4	0,951	0,419	0,481		25,251	B35 M60 (standard)
Skallvegg m2	37,4	1,54	0,756	0,833		40,529	B35 M60 (standard)
Repos m2	71,5	1,89	1,72	1,66		76,77	B35 M60 (standard)
Trapp tonn	126	0,423	3,29	3,35		133,063	B35 M60 (standard)
						304,933	

Massivelementer	Menge	Antall	Lavkarbonbetong	Standard betong
			kg CO2 - eq	kg CO2 - eq
Forspent Plattendekke m2	1473,38	177	33917,2076	43199,5016
Slakkarmert Plattendekke m2	6865,13	342	147263,9036	173351,3976
Skallvegg m2	3901,5	406	131203,5435	158123,8935
Repos m2	43,34	7	2724,7858	3327,2118
Trapp tonn	38,972	14	4059,050716	5185,731236

Betongtype	kg CO2 - eq totalt
Lavkarbonbetong	319168,4912
Standard betong	383187,7358

	kg CO2 - eq totalt
Redusert CO2 utslipp	64019,24452

---

## Dimensjonering av plastøptbjelke - BRUDDGRENSE

Midt i oppgaveskrivingen, fikk gruppen tilsendt RiB-tegningene til Rehabiliteringsbygget. Dette gjorde at antagelsene som ble gjort hittil begynte å være uforsvarlige, og gruppen begynte å idemylde flere mulige statiske modeller og laster.

Etter undersøkelse av bilder som ble gjort på befaring og flere samtaler med intern veileder, står gruppen for antagelsene og forenklingene som ble gjort i den endelige dimensjoneringen. Med den gamle kunnskapen og arbeidsmetoden hadde vi større innsikt i det opptredende dimensjonerende momentet, og dermed kunne antagelsene våre om tverrsnitt, armeringsmengde og cnom være mer nøyaktig.

Materialer:

Betong B35

Armering B500NC

Stålkvalitet S355

Materialstyrke:

$$f_{cd} = 19.8 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = 434.8 \text{ N/mm}^2$$

Fra programvaren Focus var det største opptredende momentet over opplageret C, med  $M_{Rd} = 471 \text{ kNm}$ , som skal verifiseres senere.

I forkant av beregningen, antas det at det vil være nødvendig med armeringsstenger  $\varnothing 20$  i strekksonen,  $\varnothing 10$  i trykksonen og  $\varnothing 10$  skjærbøyler. En  $C_{nom}$  av 30mm er forventet. Derfor regnes det med

$$d = 600 - 30 - 10 - 10 = 550 \text{ mm}$$

Grunnet vanlig praksis i Norge om å underarmere konstruksjonen, er  $\alpha = 0.412$  \*referer til NS-en\*.

Tverrsnitt:

$$b = 370 \text{ mm}, h = 600 \text{ mm}, L = 5 \text{ } 650 \text{ mm i spenn 1, } L = 9 \text{ } 200 \text{ mm i spenn 2 og 3; } d = 550 \text{ mm}$$

Karakteristiske Laster:

Egenlast:  $25 \text{ kN/m}^3$  (Antatt betongvekt + armering)

$$\text{Bjelke: } 0.37 \text{ m} * 0.6 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 5.55 \text{ kN/m}$$

$$\text{Dekke over: } 0.27 \text{ m} * 5.155 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 34.8 \text{ kN/m}$$

$$\text{Total egenvekt: } 5.55 \text{ kN/m} + 34.8 \text{ kN/m} = 40.35 \text{ kN/m}$$

Nyttelast:  $2 \text{ kN/m}^2$

$$\text{Snølast: } \mu_1 * C_e * C_t * s_k = 0.8 * 1.0 * 1.0 * 3.5 \text{ kN/m}^2 = 2.8 \text{ kN/m}^2$$

Her regner vi på bjelke inne, og snølasten blir derfor ikke med. Dersom nyttelasten plasseres på dekket over:

---

$Nyttelast_{Dekke}: 2.0kN/m^2 * 5.155m = 10.3kN/m$

Dimensjonerende jevnt fordelt last:

$$q_{Ed} = 40.35kN/m * 1.2 + 10.3kN/m * 1.5 = 63.89kN/m$$

Det dimensjonerende momentet er  $M_{Ed} = 471kNm$  over opplageret C.

Kan nå beregne momentkapasiteten til konstruksjonen  $M_{Rd}$

$$M_{Rd} = [0.8\alpha(1 - 0.4\alpha) \cdot f_{cd}] \cdot b \cdot d^2 \quad (2)$$

$$M_{Rd} = 0.8 * 0.412 * (1 - 0.4 * 0.412) * (\frac{35}{1.5} * 0.85) * 370 * 550^2 = \mathbf{611.08 \text{ kNm}}$$

Momentkapasiteten er da i vårt tilfelle større enn det opptredende momentet, derfor legger vi inn minimumsarmering, som beregnes ved bruk av NA.9.2.1.1 tabell [Tabell 3.1]

$$A_{smin} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d > 0.0013 \cdot b \cdot d \quad (3)$$

$$A_{smin} = 338.6mm^2 > 264.6mm^2$$

Siden det blir plassert trykkarmeringsstenger, må dette balanseres ved å benytte et større armeringstverrsnitt i strekksonen

Mengde armering i trykksonen:

$$A_{s2} = 2 * \pi * 5^2 = 157.1mm^2$$

$$A_{s1} = 337.6mm + 157.1mm = 494.7mm^2$$

$$n = \frac{495mm^2}{\pi * 10^2} = 1.55 \approx 2stenger$$

$$A_s = 2 * \pi * 10^2 = 628.3mm^2$$

Sjekker at armeringen tilfredstiller minste og største armeringverdi

$$A_{smax} = 0.04 \cdot A_c \quad (4)$$

$$A_{smax} = 0.04 * (370 * 600) = 8880mm^2$$

$$A_{smin} < A_s < A_{smax} \Rightarrow \text{OK!}$$

Overdekning:

Antar konstruksjon inne, ikke utsatt for vann eller klorider, **Eksponeringsklasse: X0**

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev} = [C_{minb}; C_{mindur} + \Delta C_{dur,y} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10mm] + 10mm \quad (5)$$

---

$$C_{nom} = [20mm; 10mm; 10mm] + 10mm = \mathbf{30mm}$$

Avstand mellom armeringsstengene:

I strekksonen; faktisk  $a_h = (370mm - 2 \cdot (30mm) - 2 \cdot 10mm - 2 \cdot 20mm) = 250mm$

I trykksonen; faktisk  $a_h = (370mm - 2 \cdot 30mm - 2 \cdot 10mm - 2 \cdot 10mm) = 270mm$

Minste horisontale avstand mellom stengene regnes ut ved hjelp av:

$$a_h = \max[2 \cdot \emptyset; d_g + 5mm; 20mm] \quad (6)$$

$a_h = 40mm$  minste horisontalavstand i strekksonen

$a_h = 20mm$  minste horisontalavstand i trykksonen

Begge er innenfor kravet => Ok!

Videre skal skjærarmering beregnes.

Finner opptredende Ved og den reduserte Ved.red og sjekker den opp mot skjærkapasiteten Vrd.c.

$V_{Ed} = 294kN$  tatt fra Focus

$V_{Ed.red} = 294kN - 63.89kN/m \cdot 0.55m = 258.86kNm$

Skjærkapasiteten Vrd.c:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (7)$$

$C_{Rd,c} = 0.12$

$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} < 2.0mm = 1.60mm$

$\rho_1 = \frac{A_s}{b_w \cdot d} < 0.02mm = 0.003mm$

$V_{Rd,c} = [0.12 \cdot 1.60(100 \cdot 0.003 \cdot 35)^{\frac{1}{3}}] \cdot 370 \cdot 550 = \mathbf{86.4kN}$

Dersom  $V_{Rd,c} < V_{Ed}$  vil konstruksjonen ha behov for skjærbyler, dette beregnes ved bruk av:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta) \quad (8)$$

Typiske verdier for  $\theta$  er  $21.8^\circ$  eller  $45^\circ$ , i denne beregningen velges  $\theta = 21^\circ$  dermed er  $\cot(\theta) = 2.5$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{258.86 \cdot 10^3 N}{434 N/mm^2 \cdot (0.835 \cdot 550 mm) \cdot 2.5} = 0.520 mm^2/mm$$

Velger minimum skjærbyler  $\emptyset 10$

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot 5^2}{s} = 0.520 mm^2/mm \Rightarrow s = 302 \approx 300 mm$$

---

Den største avstanden mellom skjærbøyler bestemmes av:

$$S_{L,max} = 0.6 \cdot z < 600 \quad (9)$$

$$S_{L,max} = 0.6 \cdot (0.835 \cdot 550) = \mathbf{275.6mm}$$

Dermed vil avstanden mellom skjærbøylene være  $s = 275mm$

Sjekker skjærtrykkkapasiteten:

$$V_{Rd,max} = \frac{v_1 \cdot f_c d \cdot b \cdot z}{\cot(\theta) + \tan(\theta)} \quad (10)$$

$$V_{Rd,max} = \frac{0.6 \cdot 19.83 \cdot 370 \cdot 0.835 \cdot 550}{\cot(21.8) + \tan(21.8)} = 697kN$$

Denne betongbjelken over 3 spenn gir oss:

$$CO_2eq = 2(0.37m \cdot 0.6m) \cdot (9.2m) + (0.37m \cdot 0.6m \cdot 5.65m) \cdot 231.1 CO_2eq/m^3 betong = 1233.87kg$$

## Optimalisering av tverrsnitt

Ønsker å se på bespart klimagassutslipp ved optimalisering av tverrsnittet, velger derfor et mindre tverrsnitt, starter med å sette bredde lik 300mm, som er en reduksjon på 70mm. Deretter settes  $M_{Rd} = M_{Ed}$  for å oppnå fullt utnyttet tverrsnitt.

Fra den tidligere beregningen fant vi en  $M_{Ed}$  på 471 kNm, dersom vi finner ved bruk av denne nye  $d$ , kan vi beregne ny nødvendig høyde av bjelken.

$$M_{Rd} = [0.8\alpha(1 - 0.4\alpha) \cdot f_{cd}] \cdot b \cdot d^2 = 471kNm \quad (11)$$

$$d = \sqrt{\frac{M_{Rd}}{0.8\alpha(1 - 0.4\alpha) \cdot f_{cd} \cdot b}} \quad (12)$$

$$d = \sqrt{\frac{471kNm}{0.8\alpha(1 - 0.4\alpha) \cdot 19.83 \cdot 300}} \approx 537mm$$

Med denne nye  $d$ 'en kan den nødvendige høyden på bjelken beregnes,  $h = 537mm + 30mm + 10mm + 10mm = 587mm \approx 590mm$  Det nye tverrsnittsarealet blir nå  $300 \times 590$  som er en reduksjon på  $0.045m^2$  per løpemeter bjelke. Dette medfører endring i egenlast, som videre gir mindre opptredende moment, og ved å runde opp høyden, får vi også større dimensjonerende moment.

$$M_{Rd} = 0.275 \cdot 19.83 \cdot 330 \cdot 540^2 = 524.75kNm \quad M_{Ed} = 461.9kNm \text{ fra Focus programvare}$$

---

Siden det dimensjonerende momentet er større enn det opptredende, kan vi bruke minimumsarmering. Kan se om det blir stor forandring i armeringsmengde fra tidligere.

Tidligere  $A_{s1} = 495mm^2$  og  $A_{s2} = 157mm^2$

De nye verdiene vil nå være:

$$A_{smin} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d > 0.0013 \cdot b \cdot d \quad (13)$$

$$A_{smin} = 295mm^2 > 210.6mm^2$$

$$A_{s2} = 2 * \pi * 5^2 = 157.1mm^2$$

$$A_{s1} = 295mm^2 + 157.1mm^2 = 452mm^2$$

$$n = \frac{452mm^2}{\pi * 10^2} = 1.44 \approx 2stenger$$

$$A_s = 2 * \pi * 10^2 = 628.3mm^2$$

Som er det samme som beregnet tidligere, det vil si at armeringsmengden forblir den samme, men tverrsnittet blir redusert. Dette gir en klimabesparelse på:

$$CO_2 - eq \text{ bespart} = 1233.87 \text{ kg } CO_2 - eq - 983.76 \text{ kg } CO_2 - eq \text{ betong} = 250 \text{ kg } CO_2 - eq$$

---

## Dimensjonering av plasstøptbjelke - BRUKSGRENSE

### NEDBØYNING

Geometri

$$b = 300mm$$

$$d = 540mm$$

$$h = 590mm$$

$$L_1 = 5650mm$$

$$L_2 = 9200; L_3 = 9200mm$$

Materialer

Betong: B35

Armering: B500NC

Eksponeringsklasse: X0

$$C_{nom} = 30mm$$

Egenlast med armering (g) = 40.35 kN/m

Nyttelast(p) = 10.31 kN/m

Materialfaktorer og armeringsareal

$$y_c = 1.50$$

$$y_s = 1.15$$

$$A_s = 628.3 \approx 628mm^2$$

$$A'_s = 157mm^2$$

Fastheter, EC2. tabell 3.1

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot 35 / 1.50 = 19.8N/mm^2$$

$$f_{yd} = 435N/mm^2$$

$$f_{yk} = 500/mm^2$$

$$f_{ctm} = 3.2N/mm^2 \text{ [EC2.tabell3.1]}$$

Elastisitetsmodul (EC2 tabell.3.1)

$$\text{Betong ; } E_{cm} = 34000N/mm^2$$

$$\text{Stål ; } E_s = 200000N/mm^2$$



---

## Nedbøying på grunn av permanente laster (Kryp)

Antagelser

Sementklasse R

ca.45% av nyttelast er permanent last

Egenlast = 5dager

Nyttelast = 90dager

Karakteristiske laster

$$g = 40.35kN/m; \text{lasthistore}(t_0) = 5\text{dager}; E_{c1} \text{ for } \phi = (\infty, 5)$$

$$p_{\text{lang}} = 10.3kN/m \cdot 45\% = 4.6kN/m; \text{lasthistore}(t_0) = 5\text{dager}; E_{c2} \text{ for } \phi = (\infty, 90)$$

$$q_k = g + p = 40.3 + 4.6 = 45.1kN/m$$

## Kryptallberegning

Beregnes ut fra EC2 tillegg B, men her skal vi bruke EC2 fig. 3.1.

*Effektivt tversnittstykkelsen*

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot (b \cdot h)}{2 \cdot b + h} = \frac{300 \cdot 590}{(300 + 590)} = 198.88 \approx 199mm;$$

$$t_0 = 5\text{dager}; \phi(\infty, 5) = 2.87$$

$$t_0 = 90\text{dager}; \phi(\infty, 90) = 1.65$$

$$E_{c1}(5) = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, 5)} = \frac{34000}{1 + 2.87} = 8785.53 \approx 8785N/mm^2$$

$$E_{c1}(90) = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(\infty, 90)} = \frac{34000}{1 + 1.65} = 12830.19 \approx 12830N/mm^2$$

Merk at kryptallet er tatt ut fra interpolering av verdiene i [EC2, figur 3.1]

## Momenter

Moment verdiene er tatt fra data programm Focus konstruksjon.

<i>Spenn 1</i>	<i>Spenn 2</i>	<i>Spenn 3</i>
$M_{\text{plang}} = 4.35 \approx 4.4kNm$	$M_{\text{plang}} = 18.99 \approx 19.0kNm$	$M_{\text{plang}} = 16.08 \approx 16.1kNm$
$M_g = 38.17 \approx 38.2kNm$	$M_g = 166.57 \approx 166.6kNm$	$M_g = 141.03 \approx 141.0kNm$

---

Spenn 2 har vi det største moment, derfor Deformasjonen beregnes på spenn 2.

Bruker gjennomsnittlig E-modul tilnærming  $E_{middel}$  formelen for å finne verdien av stivheten.

$$\frac{M_{total}}{E_{middel}} = \frac{M_{plang}}{E_{cl(90)}} \cdot \frac{M_g}{E_{cl(5)}} \quad (14)$$

Hvor  $M_{total}$  er summen av alle momenter i absolutt verdi.  $M_g$  av  $M_{plang}$  er momenter på grunn av langtidseffektene der hver påføres på et bestemt tidspunkt som definerer den tilsvarende effektive elastisitetsmodulen  $E_{clt}$ .

### Bøyestivheten

$$E_{middel_{spenn2}} = \frac{(19.0+166.6)kNm}{\frac{19.0kNm^2}{12830N/mm^2} + \frac{166.6kNm^2}{8785N/mm^2}} = 9077.99 \approx 9077N/mm^2$$

Videre finner vi trykksoneandelen ( $\alpha \cdot d$ ) av effektiv høyden, men først skal vi regne ut materialstivhetsforhold ( $\eta$ ) og armerings forhold ( $\rho$ ). Som igjen viser forholdet mellom E-modulen av stål og det gjennomsnittlig E-modulen. Trykksonehøyden ( $\alpha \cdot d$ ) er hvor det er spenningen i betongen [44].

$$\eta_{spenn2} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000N/mm^2}{9077N/mm^2} = 22.0313 \approx 22.0$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{628.3mm^2}{300mm \cdot 540mm} \approx 0.0038$$

$$\eta \cdot \rho = 22.0 \cdot 0.0038 = 0.0854$$

Produkt av materialstivhetforhold og armeringsforhold gir effektivhøyden i trykksone. For å kunne bergene effektivhøyden i trykksonen før må vi beregne ( $\alpha$ )

$$\alpha = \sqrt{((\eta \cdot \rho)^2 + 2 \cdot \eta \rho)} - \eta \rho = \sqrt{(0.0854^2 + 2 \cdot 0.0854)} - 0.0854 = 0.33669 \approx 0.337$$

Bøyestivheten EI opprisset tverrsnitt regnes ut fra :  $EI = E_{cm} \cdot I_c$

hvor :

$$I_c = \frac{1}{2} \cdot (\alpha)^2 \cdot (1 - \frac{\alpha}{3}) \cdot b \cdot d^3 = \frac{1}{2} \cdot 0.337^2 (1 - \frac{0.337}{3}) \cdot 300 \cdot 540^3 = 23.8 \cdot 10^8 mm^4$$

$$EI = E_{middel_{spenn2}} \cdot I_c = 9077N/mm^2 \cdot 23.8 \cdot 10^8 mm^4 \approx 21.6 \cdot 10^{12} Nmm^2$$

### Nedbøyning etter langtid

---

Spenn 2

$$\delta_{lang} = \frac{1}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{EI} = \frac{5 \cdot 45 \cdot 1 \cdot 9 \cdot 2^4 \cdot 10^{12}}{384 \cdot 21 \cdot 6 \cdot 10^{12}} = 38.99 \approx 39 \text{ mm}$$

### Nedbøyning på grunn av svinn

Antar uttørking starter etter 7 dager  $t_s = 7 \text{ dager}$ .

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca} \quad (15)$$

$\epsilon_{cs}$  - totale svinntøyningen

$\epsilon_{cd}$  - svinntøyningen ved uttørking

$\epsilon_{ca}$  - autogene svinntøyning

### Utvikling av Svinntøyning over tid [EC2.3.1.4(3.9)]

$$\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \cdot \epsilon_{cd,0} \quad (16)$$

Nominell svinntøyning ved uttørking ( $\epsilon_{cd,0}$ );

$$\epsilon_{cd,0} = 0.85 \cdot [(220 + 334) \cdot \alpha_{ds1} \cdot \exp\left(\frac{-\alpha_{ds2} \cdot f_{cm}}{f_{cm0}}\right)] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} \quad (17)$$

hvor;

$\alpha_{ds1}$  - 6

$\alpha_{ds2}$  - 0.11

$f_{cm}$  -  $43 \text{ N/mm}^2$

$f_{cm0}$  -  $10 \text{ N/mm}^2$

$\beta_{RH} = 1.55 \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0}\right)^3\right] = 1.55 \left[1 - \left(\frac{50}{100}\right)^2\right] \approx 1.16$

Antar at RH = 50% siden det er 50% for at mengden vanndamp i luften i det periode av byggingfasen

$$\epsilon_{cd,0} = 0.85 \cdot [(220 + 110 \cdot 6) \cdot \exp\left(\frac{-0.11 \cdot 43}{10}\right)] \cdot 10^{-6} \cdot 1.16 = 5.418 \cdot 10^{-4}$$

*Fra tidligere verdier ;*

$h_0 \approx 199 \text{ mm} \rightarrow k_h \approx 0.83$  [EC2 tabell3.3]

$$\beta_{ds}(\infty, 7) = 1$$

derfor:

$$\epsilon_{cd}(\infty) = \beta_{ds}(\infty, 7) \cdot k_h \cdot \epsilon_{cd0} = 1 \cdot 0.83 \cdot 5.418 \cdot 10^{-4} = 4.497 \cdot 10^{-4} \quad (18)$$

$t_s = 7 \text{ dager} \rightarrow$  autogen svinntøyning i alder  $t = \infty$  blir

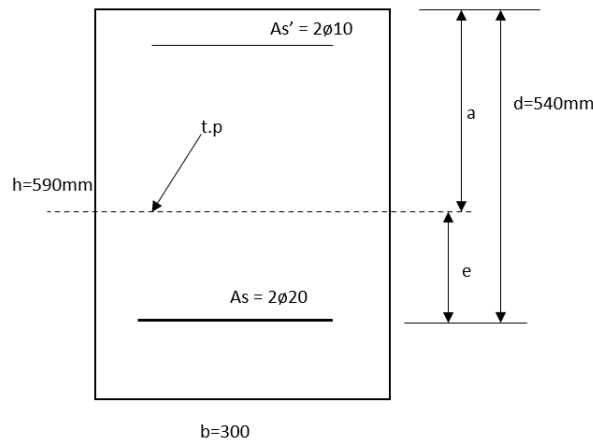
$$\epsilon_{ca}(\infty) = 2.5(f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} = 2.5 \cdot (35 - 10) \cdot 10^{-6} = 0.625 \cdot 10^{-4} \quad (19)$$

### Svinntøyning

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd}(\infty) + \epsilon_{ca}(\infty) = 4.497 \cdot 10^{-4} + 0.625 \cdot 10^{-4} = 5.122 \cdot 10^{-4} \quad (20)$$

### Krummning

$$\kappa = \frac{\epsilon_{cs} \cdot E_s \cdot A_s \cdot e}{E_{middel}} = \epsilon_{cs} \cdot \eta \cdot \frac{A_s \cdot e}{I}$$



Figur 37: Optimalisert tverrsnitt, med t.p som tyngdepunkt)

$$a = \frac{A_c \cdot 0.5h + \eta \cdot A_s \cdot d}{A_s + \eta \cdot A_s} = \frac{(300 \cdot 590) \cdot 0.5 \cdot 590 + 22 \cdot 620.3 \cdot 540}{(300 \cdot 590) + 22 \cdot 628.3} = 312.75 \text{ mm}$$

$$e = d - a = 540 - 312.75 = 227.2529 \approx 227.25 \text{ mm}$$

### Bøyestivhet i stadium I (EI)

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \cdot \left(a - \frac{h}{2}\right)^2 + \eta \cdot A_s \cdot e^2 = \frac{300 + 590^3}{12} + 300 \cdot 590 \cdot \left(312.75 - \frac{590}{2}\right)^2 + 22 \cdot 628.3 \cdot 227.25^2 = 5.90 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\kappa = \epsilon_{cs} \cdot \eta \cdot \frac{A_s \cdot e}{I_c} = 5.122 \cdot 10^{-4} \cdot 22 \cdot \frac{628.3 \cdot 227.25}{5.90 \cdot 10^9} = 2.72508 \cdot 10^{-7} \text{ mm}^{-1} \approx 2.72 \cdot 10^{-7} \text{ mm}^{-1}$$

---

Nedbøying ved bruk av enhetslastmetoden ([45])

$$\delta_{svinn} = \int_L \kappa \cdot M_{virtuell} = \frac{\kappa \cdot L^2}{8} = \frac{2.72 \cdot 10^{-7} \cdot 9.2^2 \cdot 10^6}{8} = 2.883 \approx 2.9mm$$

**Total nedbøying etter lang tid**

$$\delta_{totalt} = \delta_{lang} + \delta_{svinn} = 38.99 + 2.88 \approx 42mm \quad (21)$$

I følge EC2.7.4.1(4) den tillate nedbøying for for å kompensere nedbøyinga til tilnærmet permanente laster og overhøyde er,

$$\frac{L}{250} \quad (22)$$

dvs.  $\frac{L}{250} = \frac{9200}{250} = 36.8$  derfor resultatet viser stor nedbøying enn det som er tillat.

**Kontroll om nedbøying kan utelattes (EC2.7.4.2).**

$$\rho_0 = 10^{-3} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 10^{-3} \cdot \sqrt{35} = 5.916 \cdot 10^{-3} \approx 0.0059$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{628.3mm^2}{300 \cdot 540mm^2} = 0.00388$$

$$\rho \leq \rho_0 \rightarrow \frac{L}{d} = K[11 + 1.5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} + 3.2 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot (\frac{\rho_0}{\rho} - 1)^{\frac{3}{2}}]$$

$$1[11 + 1.5\sqrt{35} \cdot \frac{0.0059}{0.00388} + 3.2 \cdot \sqrt{35} \cdot (\frac{0.0059}{0.00388} - 1)^{\frac{3}{2}}] = 22.609 \approx 22.6$$

$$\frac{L}{d} = \frac{9200mm}{540mm} = 17.0 < 22.6 \quad (23)$$

Derfor kan nedbøyingkontroll utelates.

---

## RISS

Overskridelsen av strekkfasthet bestemmer risset. Derfor skal det utføre rissviddekontroll ved beregning av rissvidden, og dette er basert på armert betong med **Eksponeringsklasse : X0**. Merk at verdier fra Nedbøying bergeninga er brukt i beregning av spenning.

Armerings spenning i opprisset tilstand ([43])

$$\sigma_s = E_s \frac{M_{ed}(1 - \alpha) \cdot d}{EI} = 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{185.6 \cdot 10^6 Nmm(1 - 0.337) \cdot 540}{21.6 \cdot 10^{12} Nmm^2} \approx 615 MPa \quad (24)$$

$$\sigma_s > \sigma_{tillat} = 240 MPa \quad (25)$$

### Rissvidden beregning [EC2.7.3.4]

$$w_k = s_{r,max}(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) \quad (26)$$

hvor ;

$s_{r,max}$  = rissavstand som kan beregnes ut fra [EC2.7.3.4(fig.7.2)] ;

$\epsilon_{sm}$  - midlere tøyning i armering

$\epsilon_{cm}$  = midlere tøyning i betong

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\sigma_s = 615 N/mm^2$$

$k_t = 0.4$  - langvarig belastning EC2 7.3.4(2)

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 3.2 N/mm^2$$

$$\alpha_e = \eta = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2 \cdot 10^5}{3.4 \cdot 10^4} = 5.88$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

$$h_{ef} = \min[2.5(h - d); \frac{(h - \alpha d)}{3}; \frac{h}{2}] = \min[2.5(590 - 540)mm; \frac{590mm - 0.337 \cdot 540}{3}; \frac{590mm}{2}] = 125mm$$

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 300 \cdot 125 = 37500 mm^2$$

---

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{628.3mm^2}{37500mm^2} = 0.01675 \approx 0.0167$$

Tøyningsdifferanse

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{615 - 0.4 \cdot \left(\frac{3.2}{0.0167}\right) \cdot (1 + 5.88 \cdot 0.0167)}{2 \cdot 10^5} = 2.6986 \cdot 10^{-3} \approx 2.70 \cdot 10^{-3}$$

I følge EC2.7.3.4(3) står det at armering med heft i strekksonen hvor lengdearmerings overdekning  $c_{nom} = 30mm$

$$\text{senteravstand} \leq 5 \cdot \left(c_{com} + \frac{\varnothing}{2}\right) = 200mm$$

Største rissavstand

$$k_1 = 0.8; k_2 = 0.5; k_3 = 3.4; k_4 = 0.425$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing}{\rho_{e,eff}} \quad (27)$$

$$s_{r,max} = 3.4 \cdot 30mm + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{20mm}{0.0167} = 305.593 \approx 306mm$$

**Rissvidde**

$$w_k = s_{r,max}(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 306mm \cdot 2.70 \cdot 10^{-3} = 0.826 \approx 0.8mm$$

$$w_{max} = 0.4 < w_k = 0.8 \quad (28)$$

Rissviddekravet er ikke tilfredsstilt, for max rissvidde er mye mindre enn bergenet rissvidde.

# ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:	Unicon AS
Programoperatør:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Utgiver:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Deklarasjonsnummer:	
Publiseringsnummer:	Ikke tildelt
ECO Platform registreringsnummer:	Ikke tildelt
Godkjent dato:	25.08.2021
Gyldig til:	

## B35 M45 Lk:P, UP55A-D000 Fossegrenda

Unicon AS



[www.epd-norge.no](http://www.epd-norge.no)





## Generell informasjon

**Produkt:**

B35 M45 Lk:P, UP55A-D000 Fossegrenda

**Programoperatør:**

Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner  
Pb. 5250 Majorstuen, 0303 Oslo  
Phone: +47 23 08 80 00  
e-post: [post@epd-norge.no](mailto:post@epd-norge.no)

**Deklarasjonsnummer:****ECO Platform registreringsnummer:****Deklarasjonen er basert på PCR:**

EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjerne-PCR  
NPCR 020:2018 Part B for Concrete and concrete elements

**Erklæring om ansvar:**

Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.

**Deklarert enhet:**

1 m3 B35 M45 Lk:P, UP55A-D000 Fossegrenda

**Deklarert enhet med opsjon:**

A1,A2,A3,A4

**Funksjonell enhet:****Generelt om verifikasjon av EPD fra verktøy:**

Uavhengig verifikasjon av data, annen miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO 14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4. Individuell tredjepartsverifisering av hver EPD er ikke nødvendig når verktøyet er i) integrert i bedriftens miljøstyringssystem, ii) prosedyrer for bruk av verktøyet er godkjent av EPD-Norge og iii) prosessen granskes årlig. Se vedlegg G i EPD-Norges retningslinjer for ytterligere informasjon om EPD-verktøy.

**Verifikasjon av EPD-verktøy:**

Uavhengig tredjepartsverifikasjon av verktøy, bakgrunnsdata og test-EPD er gjort i henhold til EPD-Norge sine prosedyrer og retningslinjer for verifisering og godkjenning av EPD-verktøy.

Anne Rønning, Norsus AS

(krever ikke signatur)

**Eier av deklarasjonen:**

Unicon AS  
Kontaktperson: Berit Gudding Petersen  
Telefon: 97171734  
e-post: [bgpe@unicon.no](mailto:bgpe@unicon.no)

**Produsent:**

Unicon AS

**Produksjonssted:**

Unicon AS  
Prof. Birkelandsvei 27B 1081 Oslo  
Norway

**Kvalitet/Miljøsystem:**

NS-EN 14001 No. S-024

**Org. no.:**

No 942822979

**Godkjent dato:**

25.08.2021

**Gyldig til:****Årstall for studien:**

2020

**Sammenlignbarhet:**

EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.

**Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:**

Deklarasjonen er utarbeidet og verifisert ved bruk av EPDverktøy lca.tools ver EPD2020.11, utviklet av LCA.no AS. EPDverktøyet er integrert i bedriftens miljøstyringssystem, og godkjent av EPD-Norge

EPD er utarbeidet av:

Arnt Magne Moen

Bedriftsspesifikke data og EPD er kontrollert av:

Kari Aarstad

**Godkjent:**

Sign

Håkon Hauan, Daglig leder EPD-Norge

## Produkt

### Produktbeskrivelse:

Betongkvalitet B35 M45 Lavkarbon Pluss UP55A-D000, proporsjonert på synk 200.

### Produktspesifikasjon:

Betong som er byggemateriale bestående av sement, sand, stein, vann og tilsetningsmaterialer/stoffer.

Materialer	kg	%
Cement	214,00	8,76
Aggregate	1993,07	81,62
Water	135,53	5,55
Chemicals	5,15	0,21
SCM	94,12	3,85
Totalt	2441,86	

### Tekniske data:

Produsert iht. krav i NS-EN 206 og NB37.

### Markedsområde:

Trøndelag

### Levetid, produkt:

### Levetid, bygg:

## LCA: Beregningsregler

### Deklarert enhet:

1 m3 B35 M45 Lk:P, UP55A-D000 Fossegrenda

### Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (mindre enn 1%) er ikke inkludert. Disse cut-off kriteriene gjelder ikke for farlige materialer og stoffer.

### Datakvalitet:

Spesifikke data for produktsammensetningen er fremskaffet av produsenten. De representerer produksjonen av det deklarete produktet og ble samlet inn for EPD-utvikling i det oppgitte året for studien. Bakgrunnsdata er basert på registrerte EPDer i henhold til EN 15804, Østfoldforskning sine databaser, ecoinvent og andre LCAdatabaser. Datakvaliteten for råmaterialene i A1 er presentert i tabellen nedenfor.

Materials	Source	Data quality	Year
Aggregate	Modified EcoInvent	Database	2012
SCM	TI, Denmark	EPD	2013
Chemicals	EPD-EFC-20150086-IAG1-EN	EPD	2015
Chemicals	EPD-EFC-20150091-IAG1-EN	EPD	2015
Aggregate	Østfoldforskning	Database	2016
Cement	NEPD 211, 15	EPD	2016
Water	ecoinvent 3.4	Database	2017
SCM	ecoinvent 3.6	Database	2019

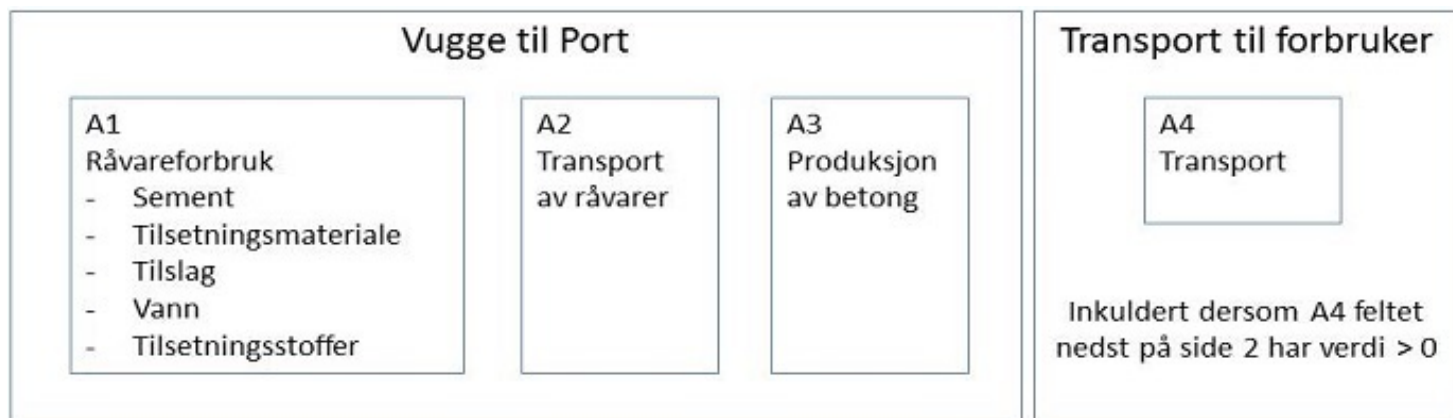
### Allokering:

Allokering er gjort iht. bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Miljøpåvirkning og ressursforbruk for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til det opprinnelige produktsystemet. Bearbeidingsprosessen og transport av materialet til produksjonssted er allokert til analysen i denne EPDen.

**Systemgrenser:**

Alle prosesser fra råvareuttak til produktet ankommer byggeplass er inkludert i analysen (A1-A4).

Flytskjemaet nedenfor illustrerer systemgrensene for analysen:



**Teknisk tilleggsinformasjon**

## LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Følgende informasjonen beskriver scenariene for modulene i EPDen.

### Transport fra produksjonssted til bruker (A4)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil	53,0 %	Concrete truck, EURO 6	50	0,020216	l/tkm	1,01
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

### Byggefase A5

.	Enhet	Verdi
Hjelpematerialer	kg	
Vannforbruk	m <sup>3</sup>	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
Materialer til avfallsbehandling	kg	
Støv i luft	kg	
VOC utslipp	kg	

### Monterte produkter i bruk (B1)

.	Unit	Value

### Vedlikehold (B2)/Reparasjon

.	Enhet	Verdi
Vedlikeholdsfrekvens*	-	
Hjelpematerialer	kg	
Andre ressurser		
Vannforbruk		
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
VOC utslipp	kg	

### Utskifting (B4)/Renovering (B5)

.	Enhet	Verdi
Utskiftingsfrekvens*	stk	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Utskifting av slitte deler	0	

\* Tall eller referanselevetid

### Driftsenergi (B6) og vannbruk (B7)

.	Enhet	Verdi
Vannforbruk	m <sup>3</sup>	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Utstyrets varmeeffekt	kW	

### Sluttfase (B8)

.	Enhet	Verdi
Farlig avfall	kg	
Blandet avfall	kg	
Gjenbruk	kg	
Resirkulering	kg	
Energigjenvinning		
Til deponi		

### Transport avfallsbehandling (C2)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Scenarier etter A1-A4 er ikke inkludert

## LCA: Resultater

LCA resultatene er presentert under for den deklarerde enheten som er definert på side 2 av EPD dokumentet.

### Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklart, MNR=modul ikke relevant)

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

### Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
GWP	kg CO <sub>2</sub> -eq	1,48E+02	1,36E+01	4,89E-01	1,02E+01
ODP	kg CFC11 -eq	3,39E-06	2,63E-06	4,63E-08	1,92E-06
POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq	2,47E-02	4,05E-03	1,15E-04	1,80E-03
AP	kg SO <sub>2</sub> -eq	4,45E-01	1,11E-01	2,31E-03	3,58E-02
EP	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq	5,78E-02	1,30E-02	5,23E-04	7,44E-03
ADPM	kg Sb -eq	9,80E-05	1,97E-05	7,29E-06	2,24E-05
ADPE	MJ	9,77E+02	2,08E+02	5,00E+00	1,55E+02

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
RPEE	MJ	1,55E+02	3,61E+00	5,71E+01	2,38E+00
RPEM	MJ	1,23E+01	0,00E+00	0,00E+00	7,30E-01
TPE	MJ	1,67E+02	3,61E+00	5,71E+01	3,11E+00
NRPE	MJ	9,89E+02	2,14E+02	8,49E+00	1,58E+02
NRPM	MJ	2,47E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TRPE	MJ	1,01E+03	2,14E+02	8,49E+00	1,58E+02
SM	kg	8,55E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
RSF	MJ	1,70E+01	0,00E+00	9,88E-03	0,00E+00
NRSF	MJ	1,46E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
W	m <sup>3</sup>	3,11E+00	4,05E-02	1,84E-01	1,41E-01

RPEE Renewable primary energy resources used as energy carrier; RPEM Renewable primary energy resources used as raw materials; TPE Total use of renewable primary energy resources; NRPE Non renewable primary energy resources used as energy carrier; NRPM Non renewable primary energy resources used as materials; TRPE Total use of non renewable primary energy resources; SM Use of secondary materials; RSF Use of renewable secondary fuels; NRSF Use of non renewable secondary fuels; W Use of net fresh water

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
HW	kg	7,87E-04	1,13E-04	1,21E-05	1,20E-04
NHW	kg	3,22E+01	1,25E+01	7,66E+01	1,57E+01
RW	kg	INA*	INA*	INA*	INA*

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer (End of life - Output flow)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	2,53E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MER	kg	5,73E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*
ETE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*

CR Components for reuse; MR Materials for recycling; MER Materials for energy recovery; EEE Exported electric energy; ETE Exported thermal energy

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

## Norske tilleggskrav

### Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmiks fra import, lavspenning (inkludert produksjon av overføringslinjer, i tillegg til direkte utslipp og tap i nett) er brukt for anvendt elektrisitet i produksjonsprosessen (A3). Bakgrunnsdata er presentert i tabellen under. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet.

Elektrisitetsmiks	Datakilde	Mengde	Enhet
El-mix, Norway (kWh)	ecoinvent 3.4	31,04	g CO2-ekv/kWh

### Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten.

### Inneklima

Produktet har ingen påvirkning på inneklima.

## Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III

NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer

NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner

ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works

ecoinvent v3, Allocation, cut-off by classification, Swiss Centre of Life Cycle Inventories .

Iversen et al., (2018) eEPD v3 .0 - Background information for EPD gen. system. LCA.no OR 04.18

Vold et al. (2014) EPD-generator for betongindustrien, bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14, Østfoldforskning,

NPCR Part A: Construction products and services. Ver. 1.0. April 2017, EPD-Norge.

- PCR for Precast Concrete Products, NPCR 20:2011, www.epd-norge.no

- M. Vold og T. Edvardsen (2014); EPD-generator for betongindustrien.

Bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14 Østfoldforskning, Fredrikstad, Januar 2014

	<b>Programoperatør og utgiver</b> Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner PostBoks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo, Norge	Telefon: +47 23 08 80 00 e-post: post@epd-norge.no web: www.epd-norge.no
	<b>Eier av deklarasjon</b> Unicon AS Prof. Birkelandsvei 27B 1081 Oslo	Telefon: 97171734 e-post: bgpe@unicon.no web:
	<b>Forfatter av livsløpsrapporten</b> Østfoldforskning AS Stadion 4 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 69 35 11 00 e-post: post@ostfoldforskning.no web: www.ostfoldforskning.no
	<b>Utvikler av EPD-generator</b> LCA.no AS Dokka 1C 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 916 50 916 e-post: post@lca.no web: www.lca.no

# ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:	Unicon AS
Programoperatør:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Utgiver:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Deklarasjonsnummer:	
Publiseringsnummer:	Ikke tildelt
ECO Platform registreringsnummer:	Ikke tildelt
Godkjent dato:	25.08.2021
Gyldig til:	

## B35 M45 Lk:A UA55A-D000 Fossegrenda revidert

Unicon AS



[www.epd-norge.no](http://www.epd-norge.no)





## Generell informasjon

**Produkt:**

B35 M45 Lk:A UA55A-D000 Fossegrenda revidert

**Programoperatør:**

Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner  
Pb. 5250 Majorstuen, 0303 Oslo  
Phone: +47 23 08 80 00  
e-post: [post@epd-norge.no](mailto:post@epd-norge.no)

**Deklarasjonsnummer:****ECO Platform registreringsnummer:****Deklarasjonen er basert på PCR:**

EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjerne-PCR  
NPCR 020:2018 Part B for Concrete and concrete elements

**Erklæring om ansvar:**

Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.

**Deklarert enhet:**

1 m3 B35 M45 Lk:A UA55A-D000 Fossegrenda revidert

**Deklarert enhet med opsjon:**

A1,A2,A3,A4

**Funksjonell enhet:****Generelt om verifikasjon av EPD fra verktøy:**

Uavhengig verifikasjon av data, annen miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO 14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4. Individuell tredjepartsverifisering av hver EPD er ikke nødvendig når verktøyet er i) integrert i bedriftens miljøstyringssystem, ii) prosedyrer for bruk av verktøyet er godkjent av EPD-Norge og iii) prosessen granskes årlig. Se vedlegg G i EPD-Norges retningslinjer for ytterligere informasjon om EPD-verktøy.

**Verifikasjon av EPD-verktøy:**

Uavhengig tredjepartsverifikasjon av verktøy, bakgrunnsdata og test-EPD er gjort i henhold til EPD-Norge sine prosedyrer og retningslinjer for verifisering og godkjenning av EPD-verktøy.

Anne Rønning, Norsus AS

(krever ikke signatur)

**Eier av deklarasjonen:**

Unicon AS  
Kontaktperson: Berit Gudding Petersen  
Telefon: 97171734  
e-post: [bgpe@unicon.no](mailto:bgpe@unicon.no)

**Produsent:**

Unicon AS

**Produksjonssted:**

Unicon AS  
Prof. Birkelandsvei 27B 1081 Oslo  
Norway

**Kvalitet/Miljøsystem:**

NS-EN 14001 No. S-024

**Org. no.:**

No 942822979

**Godkjent dato:**

25.08.2021

**Gyldig til:****Årstall for studien:**

2020

**Sammenlignbarhet:**

EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.

**Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:**

Deklarasjonen er utarbeidet og verifisert ved bruk av EPDverktøy lca.tools ver EPD2020.11, utviklet av LCA.no AS. EPDverktøyet er integrert i bedriftens miljøstyringssystem, og godkjent av EPD-Norge

EPD er utarbeidet av:

Arnt Magne Moen

Bedriftsspesifikke data og EPD er kontrollert av:

Kari Aarstad

**Godkjent:**

Sign

Håkon Hauan, Daglig leder EPD-Norge

## Produkt

### Produktbeskrivelse:

Betongkvalitet B35 M45 lavkarbonkl. A, UA55A-D000, Synk 200 mm.

### Produktspesifikasjon:

Betong som er byggemateriale bestående av sement, sand, stein, vann og tilsetningsmaterialer/stoffer.

Materialer	kg	%
Cement	290,90	12,08
Aggregate	1870,93	77,69
Water	166,65	6,92
Chemicals	2,42	0,10
SCM	77,33	3,21
Totalt:	2408,23	

### Tekniske data:

Produsert iht. krav i NS-EN 206

### Markedsområde:

Trøndelag

### Levetid, produkt:

### Levetid, bygg:

## LCA: Beregningsregler

### Deklarert enhet:

1 m3 B35 M45 Lk:A UA55A-D000 Fossegrenda revidert

### Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (mindre enn 1%) er ikke inkludert. Disse cut-off kriteriene gjelder ikke for farlige materialer og stoffer.

### Datakvalitet:

Spesifikke data for produksammensetningen er fremskaffet av produsenten. De representerer produksjonen av det deklarete produktet og ble samlet inn for EPD-utvikling i det oppgitte året for studien. Bakgrunnsdata er basert på registrerte EPDer i henhold til EN 15804, Østfoldforskning sine databaser, ecoinvent og andre LCAdatabaser. Datakvaliteten for råmaterialene i A1 er presentert i tabellen nedenfor.

### Allokering:

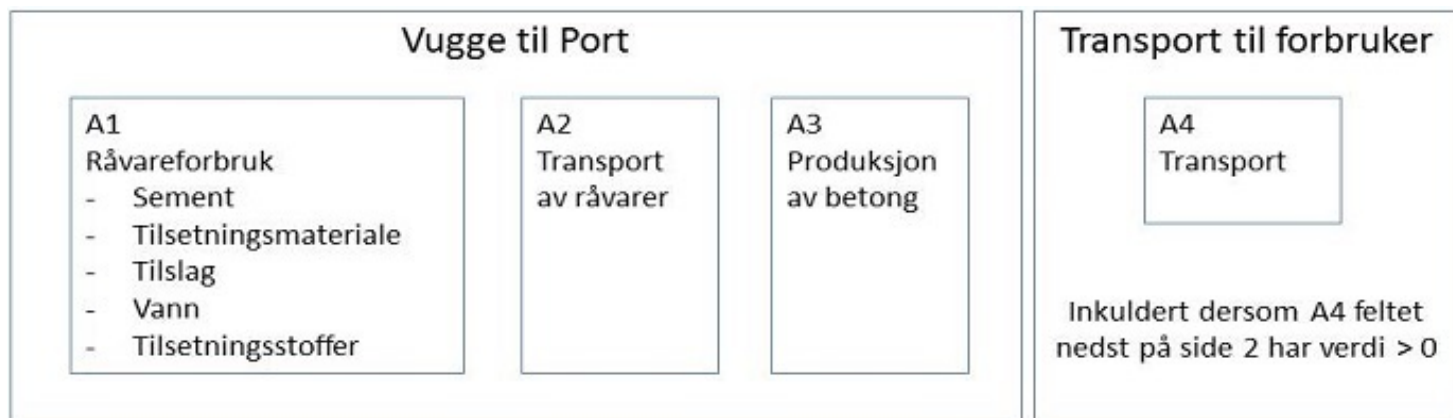
Allokering er gjort iht. bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Miljøpåvirkning og ressursforbruk for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til det opprinnelige produktsystemet. Bearbeidingsprosessen og transport av materialet til produksjonssted er allokert til analysen i denne EPDen.

Materials	Source	Data quality	Year
Aggregate	Modified EcoInvent	Database	2012
SCM	TI, Denmark	EPD	2013
Chemicals	EPD-EFC-20150086-IAG1-EN	EPD	2015
Chemicals	EPD-EFC-20150091-IAG1-EN	EPD	2015
Aggregate	Østfoldforskning	Database	2016
Cement	NEPD 211, 15	EPD	2016
Water	ecoinvent 3.4	Database	2017
SCM	ecoinvent 3.6	Database	2019

**Systemgrenser:**

Alle prosesser fra råvareuttak til produktet ankommer byggeplass er inkludert i analysen (A1-A4).

Flytskjemaet nedenfor illustrerer systemgrensene for analysen:



**Teknisk tilleggsinformasjon**

## LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Følgende informasjonen beskriver scenariene for modulene i EPDen.

### Transport fra produksjonssted til bruker (A4)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil	53,0 %	Concrete truck, EURO 6	50	0,020216	l/tkm	1,01
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

### Byggefase A5

.	Enhet	Verdi
Hjelpematerialer	kg	
Vannforbruk	m <sup>3</sup>	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
Materialer til avfallsbehandling	kg	
Støv i luft	kg	
VOC utslipp	kg	

### Monterte produkter i bruk (B1)

.	Unit	Value

### Vedlikehold (B2)/Reparasjon

.	Enhet	Verdi
Vedlikeholdsfrekvens*	-	
Hjelpematerialer	kg	
Andre ressurser		
Vannforbruk		
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
VOC utslipp	kg	

### Utskifting (B4)/Renovering (B5)

.	Enhet	Verdi
Utskiftingsfrekvens*	stk	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Utskifting av slitte deler	0	

\* Tall eller referanselevetid

### Driftsenergi (B6) og vannbruk (B7)

.	Enhet	Verdi
Vannforbruk	m <sup>3</sup>	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Utstyrets varmeeffekt	kW	

### Sluttfase (B8)

.	Enhet	Verdi
Farlig avfall	kg	
Blandet avfall	kg	
Gjenbruk	kg	
Resirkulering	kg	
Energigjenvinning		
Til deponi		

### Transport avfallsbehandling (C2)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Scenarier etter A1-A4 er ikke inkludert

## LCA: Resultater

LCA resultatene er presentert under for den deklarete enheten som er definert på side 2 av EPD dokumentet.

### Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklart, MNR=modul ikke relevant)

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

### Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
GWP	kg CO <sub>2</sub> -eq	1,91E+02	1,79E+01	4,89E-01	1,02E+01
ODP	kg CFC11 -eq	3,53E-06	3,37E-06	4,63E-08	1,92E-06
POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq	2,96E-02	5,29E-03	1,15E-04	1,80E-03
AP	kg SO <sub>2</sub> -eq	5,41E-01	1,45E-01	2,31E-03	3,58E-02
EP	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq	6,27E-02	1,69E-02	5,23E-04	7,44E-03
ADPM	kg Sb -eq	9,55E-05	3,09E-05	7,29E-06	2,24E-05
ADPE	MJ	1,10E+03	2,66E+02	5,00E+00	1,55E+02

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
RPEE	MJ	1,99E+02	4,25E+00	5,71E+01	2,38E+00
RPEM	MJ	1,67E+01	0,00E+00	0,00E+00	7,30E-01
TPE	MJ	2,16E+02	4,25E+00	5,71E+01	3,11E+00
NRPE	MJ	1,12E+03	2,73E+02	8,49E+00	1,58E+02
NRPM	MJ	1,12E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TRPE	MJ	1,13E+03	2,73E+02	8,49E+00	1,58E+02
SM	kg	1,14E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
RSF	MJ	2,32E+01	0,00E+00	9,88E-03	0,00E+00
NRSF	MJ	1,98E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
W	m <sup>3</sup>	2,98E+00	4,61E-02	1,84E-01	1,41E-01

RPEE Renewable primary energy resources used as energy carrier; RPEM Renewable primary energy resources used as raw materials; TPE Total use of renewable primary energy resources; NRPE Non renewable primary energy resources used as energy carrier; NRPM Non renewable primary energy resources used as materials; TRPE Total use of non renewable primary energy resources; SM Use of secondary materials; RSF Use of renewable secondary fuels; NRSF Use of non renewable secondary fuels; W Use of net fresh water

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
HW	kg	7,54E-04	1,50E-04	1,21E-05	1,20E-04
NHW	kg	3,87E+01	1,16E+01	7,66E+01	1,57E+01
RW	kg	INA*	INA*	INA*	INA*

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer (End of life - Output flow)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	3,44E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MER	kg	7,78E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*
ETE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*

CR Components for reuse; MR Materials for recycling; MER Materials for energy recovery; EEE Exported electric energy; ETE Exported thermal energy

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

## Norske tilleggskrav

### Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmiks fra import, lavspenning (inkludert produksjon av overføringslinjer, i tillegg til direkte utslipp og tap i nett) er brukt for anvendt elektrisitet i produksjonsprosessen (A3). Bakgrunnsdata er presentert i tabellen under. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet.

Elektrisitetsmiks	Datakilde	Mengde	Enhet
El-mix, Norway (kWh)	ecoinvent 3.4	31,04	g CO2-ekv/kWh

### Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten.

### Inneklima

Produktet har ingen påvirkning på inneklima.

## Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III

NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer

NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner

ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works

ecoinvent v3, Allocation, cut-off by classification, Swiss Centre of Life Cycle Inventories .

Iversen et al., (2018) eEPD v3 .0 - Background information for EPD gen. system. LCA.no OR 04.18

Vold et al. (2014) EPD-generator for betongindustrien, bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14, Østfoldforskning,

NPCR Part A: Construction products and services. Ver. 1.0. April 2017, EPD-Norge.

- PCR for Precast Concrete Products, NPCR 20:2011, www.epd-norge.no

- M. Vold og T. Edvardsen (2014); EPD-generator for betongindustrien.

Bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14 Østfoldforskning, Fredrikstad, Januar 2014

	<b>Programoperatør og utgiver</b> Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner PostBoks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo, Norge	Telefon: +47 23 08 80 00 e-post: post@epd-norge.no web: www.epd-norge.no
	<b>Eier av deklarasjon</b> Unicon AS Prof. Birkelandsvei 27B 1081 Oslo	Telefon: 97171734 e-post: bgpe@unicon.no web:
	<b>Forfatter av livsløpsrapporten</b> Østfoldforskning AS Stadion 4 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 69 35 11 00 e-post: post@ostfoldforskning.no web: www.ostfoldforskning.no
	<b>Utvikler av EPD-generator</b> LCA.no AS Dokka 1C 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 916 50 916 e-post: post@lca.no web: www.lca.no

# ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:	Unicon AS
Programoperatør:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Utgiver:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Deklarasjonsnummer:	
Publiseringsnummer:	Ikke tildelt
ECO Platform registreringsnummer:	Ikke tildelt
Godkjent dato:	27.10.2020
Gyldig til:	

## B35 M45 UN55A-D000 Lk:B Fossegrenda

Unicon AS



[www.epd-norge.no](http://www.epd-norge.no)





## Generell informasjon

**Produkt:**

B35 M45 UN55A-D000 Lk:B Fossegrenda

**Programoperatør:**

Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner  
Pb. 5250 Majorstuen, 0303 Oslo  
Phone: +47 23 08 80 00  
e-post: [post@epd-norge.no](mailto:post@epd-norge.no)

**Deklarasjonsnummer:****ECO Platform registreringsnummer:****Deklarasjonen er basert på PCR:**

EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjerne-PCR  
NPCR 020:2018 Part B for Concrete and concrete elements

**Erklæring om ansvar:**

Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.

**Deklarert enhet:**

1 m3 B35 M45 UN55A-D000 Lk:B Fossegrenda

**Deklarert enhet med opsjon:**

A1,A2,A3,A4

**Funksjonell enhet:****Generelt om verifikasjon av EPD fra verktøy:**

Uavhengig verifikasjon av data, annen miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO 14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4. Individuell tredjepartsverifisering av hver EPD er ikke nødvendig når verktøyet er i) integrert i bedriftens miljøstyringssystem, ii) prosedyrer for bruk av verktøyet er godkjent av EPD-Norge og iii) prosessen granskes årlig. Se vedlegg G i EPD-Norges retningslinjer for ytterligere informasjon om EPD-verktøy.

**Verifikasjon av EPD-verktøy:**

Uavhengig tredjepartsverifikasjon av verktøy, bakgrunnsdata og test-EPD er gjort i henhold til EPD-Norge sine prosedyrer og retningslinjer for verifisering og godkjenning av EPD-verktøy.

Anne Rønning, Norsus AS

(krever ikke signatur)

**Eier av deklarasjonen:**

Unicon AS  
Kontaktperson: Berit Gudding Petersen  
Telefon: 97171734  
e-post: [bgpe@unicon.no](mailto:bgpe@unicon.no)

**Produsent:**

Unicon AS

**Produksjonssted:**

Unicon AS  
Prof. Birkelandsvei 27B 1081 Oslo  
Norway

**Kvalitet/Miljøsystem:**

NS-EN 14001 No. S-024

**Org. no.:**

No 942822979

**Godkjent dato:**

27.10.2020

**Gyldig til:****Årstall for studien:**

2018

**Sammenlignbarhet:**

EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.

**Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:**

Deklarasjonen er utarbeidet og verifisert ved bruk av EPDverktøy lca.tools ver EPD2020.11, utviklet av LCA.no AS. EPDverktøyet er integrert i bedriftens miljøstyringssystem, og godkjent av EPD-Norge

EPD er utarbeidet av:

Arnt Magne Moen

Bedriftsspesifikke data og EPD er kontrollert av:

Kari Aarstad

**Godkjent:**

Sign

Håkon Hauan, Daglig leder EPD-Norge

## Produkt

### Produktbeskrivelse:

Betongkvalitet B35 M45 UN55A-D000.  
Synk 200.

### Produktspesifikasjon:

Betong som er byggemateriale bestående av sement, sand, stein, vann og tilsetningsmaterialer/stoffer.

Materialer	kg	%
Cement	324,42	13,70
Aggregate	1865,75	78,76
Water	159,03	6,71
Chemicals	2,48	0,10
SCM	17,08	0,72
Totalt	2368,77	

### Tekniske data:

Produsert iht. krav i NS-EN 206

### Markedsområde:

Trøndelag

### Levetid, produkt:

### Levetid, bygg:

## LCA: Beregningsregler

### Deklarert enhet:

1 m3 B35 M45 UN55A-D000 Lk:B Fossegrenda

### Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (mindre enn 1%) er ikke inkludert. Disse cut-off kriteriene gjelder ikke for farlige materialer og stoffer.

### Datakvalitet:

Spesifikke data for produktsammensetningen er fremskaffet av produsenten. De representerer produksjonen av det deklarete produktet og ble samlet inn for EPD-utvikling i det oppgitte året for studien. Bakgrunnsdata er basert på registrerte EPDer i henhold til EN 15804, Østfoldforskning sine databaser, ecoinvent og andre LCAdatabaser. Datakvaliteten for råmaterialene i A1 er presentert i tabellen nedenfor.

Materials	Source	Data quality	Year
Aggregate	Modified EcoInvent	Database	2012
Chemicals	EPD-EFC-20150086-IAG1-EN	EPD	2015
Chemicals	EPD-EFC-20150091-IAG1-EN	EPD	2015
Aggregate	Østfoldforskning	Database	2016
Cement	NEPD 211, 15	EPD	2016
Water	ecoinvent 3.4	Database	2017
SCM	ecoinvent 3.6	Database	2019

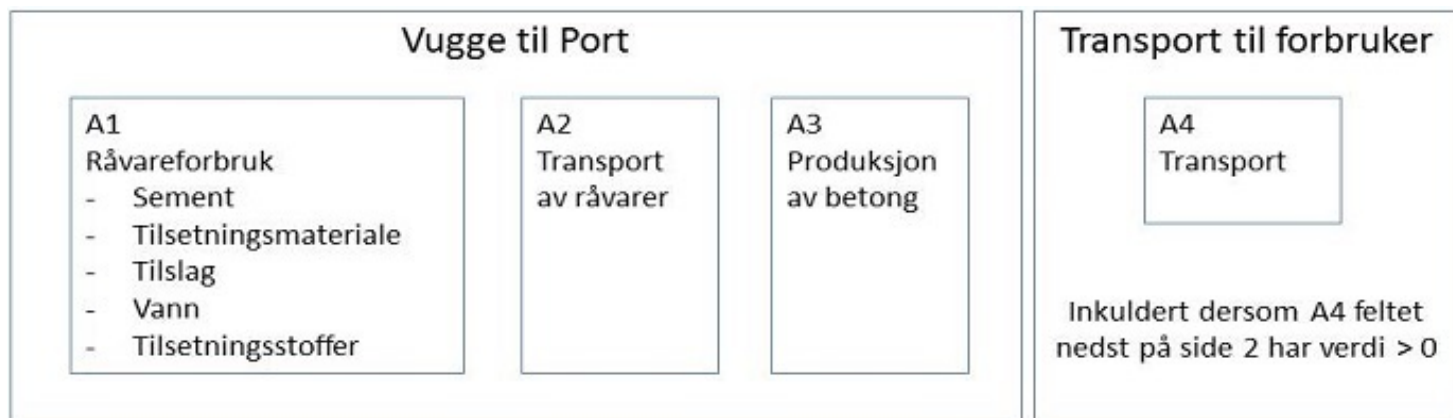
### Allokering:

Allokering er gjort iht. bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Miljøpåvirkning og ressursforbruk for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til det opprinnelige produktsystemet. Bearbeidingsprosessen og transport av materialet til produksjonssted er allokert til analysen i denne EPDen.

**Systemgrenser:**

Alle prosesser fra råvareuttak til produktet ankommer byggeplass er inkludert i analysen (A1-A4).

Flytskjemaet nedenfor illustrerer systemgrensene for analysen:



**Teknisk tilleggsinformasjon**

## LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Følgende informasjonen beskriver scenariene for modulene i EPDen.

### Transport fra produksjonssted til bruker (A4)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil	53,0 %	Concrete truck, EURO 6	50	0,020216	l/tkm	1,01
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

### Byggefase A5

.	Enhet	Verdi
Hjelpematerialer	kg	
Vannforbruk	m <sup>3</sup>	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
Materialer til avfallsbehandling	kg	
Støv i luft	kg	
VOC utslipp	kg	

### Monterte produkter i bruk (B1)

.	Unit	Value

### Vedlikehold (B2)/Reparasjon

.	Enhet	Verdi
Vedlikeholdsfrekvens*	-	
Hjelpematerialer	kg	
Andre ressurser		
Vannforbruk		
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
VOC utslipp	kg	

### Utskifting (B4)/Renovering (B5)

.	Enhet	Verdi
Utskiftingsfrekvens*	stk	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Utskifting av slitte deler	0	

\* Tall eller referanselevetid

### Driftsenergi (B6) og vannbruk (B7)

.	Enhet	Verdi
Vannforbruk	m <sup>3</sup>	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Utstyrets varmeeffekt	kW	

### Sluttfase (B8)

.	Enhet	Verdi
Farlig avfall	kg	
Blandet avfall	kg	
Gjenbruk	kg	
Resirkulering	kg	
Energigjenvinning		
Til deponi		

### Transport avfallsbehandling (C2)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Scenarier etter A1-A4 er ikke inkludert

## LCA: Resultater

LCA resultatene er presentert under for den deklarete enheten som er definert på side 2 av EPD dokumentet.

### Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklart, MNR=modul ikke relevant)

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

### Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
GWP	kg CO <sub>2</sub> -eq	2,12E+02	8,44E+00	4,58E-01	1,02E+01
ODP	kg CFC11 -eq	3,62E-06	1,39E-06	4,34E-08	1,92E-06
POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq	3,22E-02	1,50E-03	1,09E-04	1,80E-03
AP	kg SO <sub>2</sub> -eq	5,88E-01	4,09E-02	2,18E-03	3,58E-02
EP	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq	6,65E-02	7,90E-03	4,83E-04	7,44E-03
ADPM	kg Sb -eq	9,73E-05	1,36E-05	6,64E-06	2,24E-05
ADPE	MJ	1,19E+03	1,29E+02	4,71E+00	1,55E+02

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
RPEE	MJ	2,19E+02	1,60E+00	5,15E+01	2,38E+00
RPEM	MJ	1,86E+01	4,78E-02	0,00E+00	7,30E-01
TPE	MJ	2,38E+02	1,64E+00	5,15E+01	3,11E+00
NRPE	MJ	1,21E+03	1,32E+02	7,95E+00	1,58E+02
NRPM	MJ	1,17E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TRPE	MJ	1,22E+03	1,32E+02	7,95E+00	1,58E+02
SM	kg	6,12E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
RSF	MJ	2,58E+01	0,00E+00	8,91E-03	0,00E+00
NRSF	MJ	2,21E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
W	m <sup>3</sup>	2,96E+00	2,95E-02	2,22E-01	1,41E-01

RPEE Renewable primary energy resources used as energy carrier; RPEM Renewable primary energy resources used as raw materials; TPE Total use of renewable primary energy resources; NRPE Non renewable primary energy resources used as energy carrier; NRPM Non renewable primary energy resources used as materials; TRPE Total use of non renewable primary energy resources; SM Use of secondary materials; RSF Use of renewable secondary fuels; NRSF Use of non renewable secondary fuels; W Use of net fresh water

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
HW	kg	7,52E-04	6,76E-05	1,17E-05	1,20E-04
NHW	kg	4,14E+01	6,98E+00	6,09E+01	1,57E+01
RW	kg	INA*	INA*	INA*	INA*

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer (End of life - Output flow)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	3,83E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MER	kg	8,68E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*
ETE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*

CR Components for reuse; MR Materials for recycling; MER Materials for energy recovery; EEE Exported electric energy; ETE Exported thermal energy

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

## Norske tilleggskrav

### Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmiks fra import, lavspenning (inkludert produksjon av overføringslinjer, i tillegg til direkte utslipp og tap i nett) er brukt for anvendt elektrisitet i produksjonsprosessen (A3). Bakgrunnsdata er presentert i tabellen under. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet.

Elektrisitetsmiks	Datakilde	Mengde	Enhet
El-mix, Norway (kWh)	ecoinvent 3.4	31,04	g CO2-ekv/kWh

### Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten.

### Inneklima

Produktet har ingen påvirkning på inneklima.

## Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III

NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer

NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner

ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works

ecoinvent v3, Allocation, cut-off by classification, Swiss Centre of Life Cycle Inventories .

Iversen et al., (2018) eEPD v3 .0 - Background information for EPD gen. system. LCA.no OR 04.18

Vold et al. (2014) EPD-generator for betongindustrien, bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14, Østfoldforskning,

NPCR Part A: Construction products and services. Ver. 1.0. April 2017, EPD-Norge.

- PCR for Precast Concrete Products, NPCR 20:2011, www.epd-norge.no

- M. Vold og T. Edvardsen (2014); EPD-generator for betongindustrien.

Bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14 Østfoldforskning, Fredrikstad, Januar 2014

	<b>Programoperatør og utgiver</b> Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner PostBoks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo, Norge	Telefon: +47 23 08 80 00 e-post: post@epd-norge.no web: www.epd-norge.no
	<b>Eier av deklarasjon</b> Unicon AS Prof. Birkelandsvei 27B 1081 Oslo	Telefon: 97171734 e-post: bgpe@unicon.no web:
	<b>Forfatter av livsløpsrapporten</b> Østfoldforskning AS Stadion 4 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 69 35 11 00 e-post: post@ostfoldforskning.no web: www.ostfoldforskning.no
	<b>Utvikler av EPD-generator</b> LCA.no AS Dokka 1C 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 916 50 916 e-post: post@lca.no web: www.lca.no

# ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:	Unicon AS
Programoperatør:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Utgiver:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Deklarasjonsnummer:	
Publiseringsnummer:	Ikke tildelt
ECO Platform registreringsnummer:	Ikke tildelt
Godkjent dato:	07.10.2021
Gyldig til:	

## B20 M90 SKB Lk:A, UA51A-D102

Unicon AS



[www.epd-norge.no](http://www.epd-norge.no)





## Generell informasjon

**Produkt:**

B20 M90 SKB Lk:A, UA51A-D102

**Programoperatør:**

Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner  
Pb. 5250 Majorstuen, 0303 Oslo  
Phone: +47 23 08 80 00  
e-post: [post@epd-norge.no](mailto:post@epd-norge.no)

**Deklarasjonsnummer:****ECO Platform registreringsnummer:****Deklarasjonen er basert på PCR:**

EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjerne-PCR  
NPCR 020:2018 Part B for Concrete and concrete elements

**Erklæring om ansvar:**

Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.

**Deklarert enhet:**

1 m3 B20 M90 SKB Lk:A, UA51A-D102

**Deklarert enhet med opsjon:**

A1,A2,A3,A4

**Funksjonell enhet:****Generelt om verifikasjon av EPD fra verktøy:**

Uavhengig verifikasjon av data, annen miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO 14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4. Individuell tredjepartsverifisering av hver EPD er ikke nødvendig når verktøyet er i) integrert i bedriftens miljøstyringssystem, ii) prosedyrer for bruk av verktøyet er godkjent av EPD-Norge og iii) prosessen granskes årlig. Se vedlegg G i EPD-Norges retningslinjer for ytterligere informasjon om EPD-verktøy.

**Verifikasjon av EPD-verktøy:**

Uavhengig tredjepartsverifikasjon av verktøy, bakgrunnsdata og test-EPD er gjort i henhold til EPD-Norge sine prosedyrer og retningslinjer for verifisering og godkjenning av EPD-verktøy.

Anne Rønning, Norsus AS

(krever ikke signatur)

**Eier av deklarasjonen:**

Unicon AS  
Kontaktperson: Berit Gudding Petersen  
Telefon: 97171734  
e-post: [bgpe@unicon.no](mailto:bgpe@unicon.no)

**Produsent:**

Unicon AS

**Produksjonssted:**

Unicon AS  
Prof. Birkelandsvei 27B 1081 Oslo  
Norway

**Kvalitet/Miljøsystem:**

NS-EN 14001 No. S-024

**Org. no.:**

No 942822979

**Godkjent dato:**

07.10.2021

**Gyldig til:****Årstall for studien:**

2020

**Sammenlignbarhet:**

EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.

**Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:**

Deklarasjonen er utarbeidet og verifisert ved bruk av EPDverktøy lca.tools ver EPD2020.11, utviklet av LCA.no AS. EPDverktøyet er integrert i bedriftens miljøstyringssystem, og godkjent av EPD-Norge

EPD er utarbeidet av:

Arnt Magne Moen

Bedriftsspesifikke data og EPD er kontrollert av:

Kari Aarstad

**Godkjent:**

Sign

Håkon Hauan, Daglig leder EPD-Norge

## Produkt

### Produktbeskrivelse:

Betongkvalitet B20 M90 SKB Lavkarbon A UA51A-D102, proporsjonert på utbredelse 650.

### Produktspesifikasjon:

Betong som er byggemateriale bestående av sement, sand, stein, vann og tilsetningsmaterialer/stoffer.

Materialer	kg	%
Cement	176,05	7,35
Aggregate	1916,04	79,94
Water	169,79	7,08
Chemicals	4,80	0,20
SCM	130,12	5,43
Totalt	2396,80	

### Tekniske data:

Produsert iht. krav i NS-EN 206 og NB37.

### Markedsområde:

Trøndelag

### Levetid, produkt:

### Levetid, bygg:

## LCA: Beregningsregler

### Deklarert enhet:

1 m3 B20 M90 SKB Lk:A, UA51A-D102

### Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (mindre enn 1%) er ikke inkludert. Disse cut-off kriteriene gjelder ikke for farlige materialer og stoffer.

### Datakvalitet:

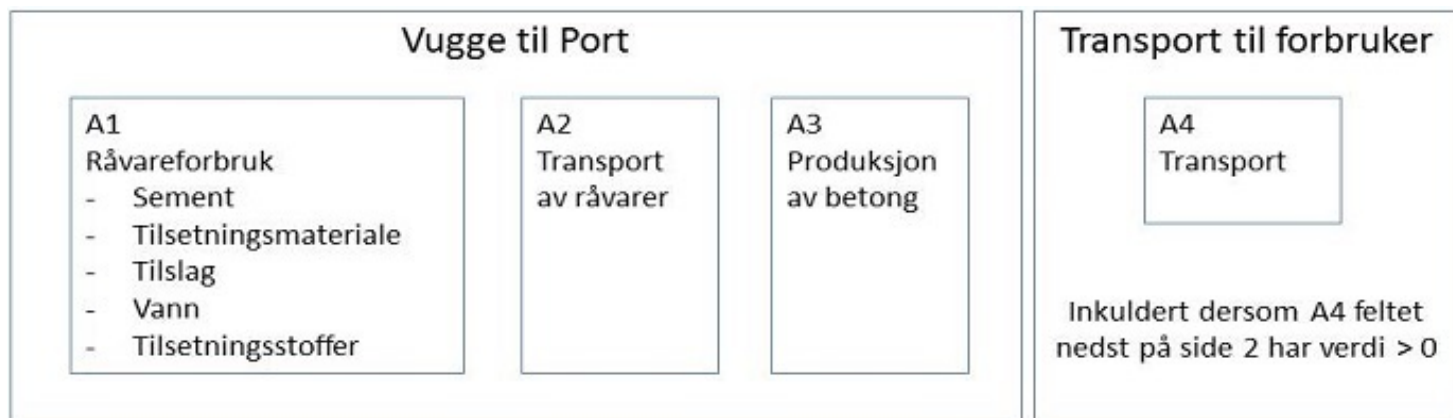
Spesifikke data for produktsammensetningen er fremskaffet av produsenten. De representerer produksjonen av det deklarete produktet og ble samlet inn for EPD-utvikling i det oppgitte året for studien. Bakgrunnsdata er basert på registrerte EPDer i henhold til EN 15804, Østfoldforskning sine databaser, ecoinvent og andre LCAdatabaser. Datakvaliteten for råmaterialene i A1 er presentert i tabellen nedenfor.

Materials	Source	Data quality	Year
Aggregate	Modified EcoInvent	Database	2012
SCM	TI, Denmark	EPD	2013
Chemicals	EPD-EFC-20150086-IAG1-EN	EPD	2015
Chemicals	EPD-EFC-20150091-IAG1-EN	EPD	2015
Aggregate	Østfoldforskning	Database	2016
Cement	NEPD 211, 15	EPD	2016
Water	ecoinvent 3.4	Database	2017
SCM	ecoinvent 3.6	Database	2019

**Systemgrenser:**

Alle prosesser fra råvareuttak til produktet ankommer byggeplass er inkludert i analysen (A1-A4).

Flytskjemaet nedenfor illustrerer systemgrensene for analysen:



**Teknisk tilleggsinformasjon**

## LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Følgende informasjonen beskriver scenariene for modulene i EPDen.

### Transport fra produksjonssted til bruker (A4)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil	53,0 %	Concrete truck, EURO 6	2	0,020216	l/tkm	0,04
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

### Byggefase A5

.	Enhet	Verdi
Hjelpematerialer	kg	
Vannforbruk	m <sup>3</sup>	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
Materialer til avfallsbehandling	kg	
Støv i luft	kg	
VOC utslipp	kg	

### Monterte produkter i bruk (B1)

.	Unit	Value

### Vedlikehold (B2)/Reparasjon

.	Enhet	Verdi
Vedlikeholdsfrekvens*	-	
Hjelpematerialer	kg	
Andre ressurser		
Vannforbruk		
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
VOC utslipp	kg	

### Utskifting (B4)/Renovering (B5)

.	Enhet	Verdi
Utskiftingsfrekvens*	stk	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Utskifting av slitte deler	0	

\* Tall eller referanselevetid

### Driftsenergi (B6) og vannbruk (B7)

.	Enhet	Verdi
Vannforbruk	m <sup>3</sup>	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Utstyrets varmeeffekt	kW	

### Sluttfase (B8)

.	Enhet	Verdi
Farlig avfall	kg	
Blandet avfall	kg	
Gjenbruk	kg	
Resirkulering	kg	
Energigjenvinning		
Til deponi		

### Transport avfallsbehandling (C2)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Scenarier etter A1-A4 er ikke inkludert

## LCA: Resultater

LCA resultatene er presentert under for den deklarete enheten som er definert på side 2 av EPD dokumentet.

### Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklart, MNR=modul ikke relevant)

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

### Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
GWP	kg CO <sub>2</sub> -eq	1,25E+02	1,20E+01	4,89E-01	4,06E-01
ODP	kg CFC11 -eq	2,88E-06	2,38E-06	4,63E-08	7,68E-08
POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq	2,10E-02	2,64E-03	1,15E-04	7,20E-05
AP	kg SO <sub>2</sub> -eq	3,76E-01	6,50E-02	2,31E-03	1,43E-03
EP	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq	5,00E-02	8,70E-03	5,23E-04	2,98E-04
ADPM	kg Sb -eq	8,78E-05	2,15E-05	7,29E-06	8,98E-07
ADPE	MJ	8,34E+02	1,88E+02	5,00E+00	6,20E+00

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
RPEE	MJ	1,30E+02	3,16E+00	5,71E+01	9,53E-02
RPEM	MJ	1,01E+01	0,00E+00	0,00E+00	2,92E-02
TPE	MJ	1,41E+02	3,16E+00	5,71E+01	1,25E-01
NRPE	MJ	8,44E+02	1,94E+02	8,49E+00	6,33E+00
NRPM	MJ	2,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TRPE	MJ	8,67E+02	1,94E+02	8,49E+00	6,33E+00
SM	kg	1,48E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
RSF	MJ	1,40E+01	0,00E+00	9,88E-03	0,00E+00
NRSF	MJ	1,20E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
W	m <sup>3</sup>	3,03E+00	3,97E-02	1,84E-01	5,64E-03

RPEE Renewable primary energy resources used as energy carrier; RPEM Renewable primary energy resources used as raw materials; TPE Total use of renewable primary energy resources; NRPE Non renewable primary energy resources used as energy carrier; NRPM Non renewable primary energy resources used as materials; TRPE Total use of non renewable primary energy resources; SM Use of secondary materials; RSF Use of renewable secondary fuels; NRSF Use of non renewable secondary fuels; W Use of net fresh water

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
HW	kg	6,56E-04	1,01E-04	1,21E-05	4,80E-06
NHW	kg	2,75E+01	1,37E+01	7,66E+01	6,27E-01
RW	kg	INA*	INA*	INA*	INA*

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer (End of life - Output flow)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	2,08E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MER	kg	4,71E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*
ETE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*

CR Components for reuse; MR Materials for recycling; MER Materials for energy recovery; EEE Exported electric energy; ETE Exported thermal energy

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

## Norske tilleggskrav

### Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmix fra import, lavspenning (inkludert produksjon av overføringslinjer, i tillegg til direkte utslipp og tap i nett) er brukt for anvendt elektrisitet i produksjonsprosessen (A3). Bakgrunnsdata er presentert i tabellen under. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet.

Elektrisitetsmix	Datakilde	Mengde	Enhet
El-mix, Norway (kWh)	ecoinvent 3.4	31,04	g CO2-ekv/kWh

### Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten.

### Inneklima

Produktet har ingen påvirkning på inneklima.

## Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III

NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer

NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner

ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works

ecoinvent v3, Allocation, cut-off by classification, Swiss Centre of Life Cycle Inventories .

Iversen et al., (2018) eEPD v3 .0 - Background information for EPD gen. system. LCA.no OR 04.18

Vold et al. (2014) EPD-generator for betongindustrien, bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14, Østfoldforskning,

NPCR Part A: Construction products and services. Ver. 1.0. April 2017, EPD-Norge.

- PCR for Precast Concrete Products, NPCR 20:2011, www.epd-norge.no

- M. Vold og T. Edvardsen (2014); EPD-generator for betongindustrien.

Bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14 Østfoldforskning, Fredrikstad, Januar 2014

	<b>Programoperatør og utgiver</b> Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner PostBoks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo, Norge	Telefon: +47 23 08 80 00 e-post: post@epd-norge.no web: www.epd-norge.no
	<b>Eier av deklarasjon</b> Unicon AS Prof. Birkelandsvei 27B 1081 Oslo	Telefon: 97171734 e-post: bgpe@unicon.no web:
	<b>Forfatter av livsløpsrapporten</b> Østfoldforskning AS Stadion 4 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 69 35 11 00 e-post: post@ostfoldforskning.no web: www.ostfoldforskning.no
	<b>Utvikler av EPD-generator</b> LCA.no AS Dokka 1C 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 916 50 916 e-post: post@lca.no web: www.lca.no

# ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:	Con-Form Group AS
Programoperatør:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Utgiver:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Deklarasjonsnummer:	Bygger på NEPD-2903-1601
Publiseringsnummer:	Ikke tildelt
ECO Platform registreringsnummer:	Ikke tildelt
Godkjent dato:	
Gyldig til:	

## Trapp Nidarvoll

Con-Form Group AS



[www.epd-norge.no](http://www.epd-norge.no)





## Generell informasjon

### Produkt:

Trapp Nidarvoll

### Programoperatør:

Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner  
Pb. 5250 Majorstuen, 0303 Oslo  
Phone: +47 23 08 80 00  
e-post: [post@epd-norge.no](mailto:post@epd-norge.no)

### Deklarasjonsnummer:

Bygger på NEPD-2903-1601

### ECO Platform registreringsnummer:

### Deklarasjonen er basert på PCR:

EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjerne-PCR  
NPCR 020:2018 Part B for Concrete and concrete elements

### Erklæring om ansvar:

Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.

### Deklarert enhet:

1 tonne Trapp Nidarvoll

### Deklarert enhet med opsjon:

A1,A2,A3,A4,A5

### Funksjonell enhet:

Betongtrapp

### Generelt om verifikasjon av EPD fra verktøy:

Uavhengig verifikasjon av data, annen miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO 14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4. Individuell tredjepartsverifisering av hver EPD er ikke nødvendig når verktøyet er i) integrert i bedriftens miljøstyringssystem, ii) prosedyrer for bruk av verktøyet er godkjent av EPD-Norge og iii) prosessen granskes årlig. Se vedlegg G i EPD-Norges retningslinjer for ytterligere informasjon om EPD-verktøy.

### Verifikasjon av EPD-verktøy:

Uavhengig tredjepartsverifikasjon av verktøy, bakgrunnsdata og test-EPD er gjort i henhold til EPD-Norge sine prosedyrer og retningslinjer for verifisering og godkjenning av EPD-verktøy.

Anne Rønning, Norsus AS

(krever ikke signatur)

### Eier av deklarasjonen:

Con-Form Group AS  
Kontaktperson: Magne Aarsland  
Telefon: +47 93239763  
e-post: [Magne.Aarsland@con-form.no](mailto:Magne.Aarsland@con-form.no)

### Produsent:

Con-Form Group AS  
Østensjøveien 36 0667 OSLO  
Norway

### Produksjonssted:

Con-Form Orkanger  
Furumoen 27 7300 Orkanger  
Norway

### Kvalitet/Miljøsystem:

Con-Forms miljøstyringssystem er basert på ISO 14001

### Org. no.:

976 736 311

### Godkjent dato:

### Gyldig til:

### Årstall for studien:

2020

### Sammenlignbarhet:

EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.

### Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:

Deklarasjonen er utarbeidet og verifisert ved bruk av EPDverktøy lca.tools ver EPD2020.11, utviklet av LCA.no AS. EPDverktøyet er integrert i bedriftens miljøstyringssystem, og godkjent av EPD-Norge

EPD er utarbeidet av:

Tore Aasen

Bedriftsspesifikke data og EPD er kontrollert av:

Jomar Fugløy

### Godkjent:

Sign

Håkon Hauan, Daglig leder EPD-Norge

## Produkt

### Produktbeskrivelse:

Betongtrapp kan brukes i alle typer bygg (bolig, kontor, næringsbygg)  
Elementene har høy mekanisk styrke, stor kapasitet og holdbarhet for klimapåkjenninger

### Produktspesifikasjon:

Trapp med betong B35 M60 LCB A. 1 tonn trapp inneholder denne prosentvise fordeling av del-materialer:

Materialer	kg	%
Reinforcement	38,71	3,87
Betong	961,29	96,13
Totalt:	1000,00	

### Tekniske data:

Trapp produsert i henhold til NS-EN-13369 Generelle regler for betongelementer og NS-EN-14843 Trapper  
Støpt med B35 M60 LCB A, eksponeringsklasse XC1 i samsvar med kravene i NS-EN-206.

### Markedsområde:

Midt-Norge. Kan også leveres i hele landet

### Levetid, produkt:

100 år

### Levetid, bygg:

100 år

## LCA: Beregningsregler

### Deklarert enhet:

1 tonne Trapp Nidarvoll

### Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert.  
Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (mindre enn 1%) er ikke inkludert. Disse cut-off kriteriene gjelder ikke for farlige materialer og stoffer.

### Datakvalitet:

Spesifikke data for produktsammensetningen er fremskaffet av produsenten. De representerer produksjonen av det deklarete produktet og ble samlet inn for EPD-utvikling i det oppgitte året for studien. Bakgrunnsdata er basert på registrerte EPDer i henhold til EN 15804, Østfoldforskning sine databaser, ecoinvent og andre LCAdatabaser. Datakvaliteten for råmaterialene i A1 er presentert i tabellen nedenfor.

Materials	Source	Data quality	Year
Reinforcement	NEPD-434.305-EN	EPD	2016
Betong	ref: NEPD-1471-490-NO	EPD	2022

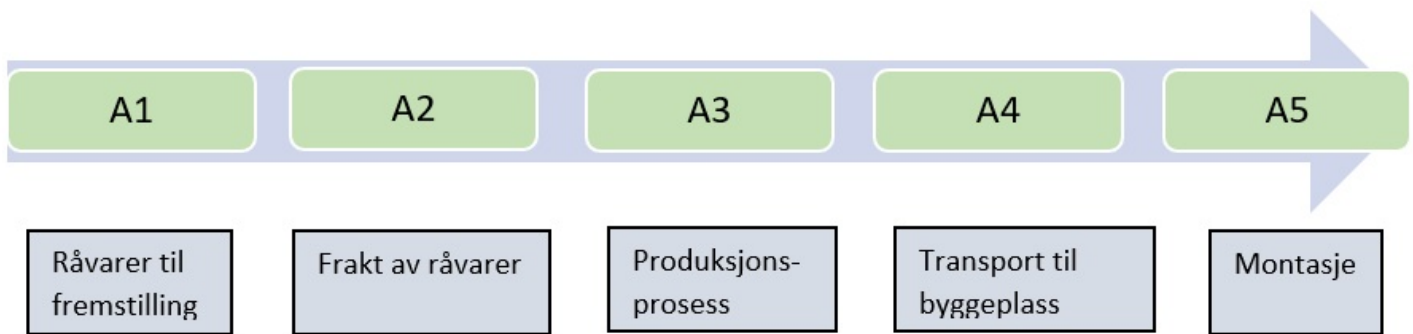
### Allokering:

Allokering er gjort iht. bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Miljøpåvirkning og ressursforbruk for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til det opprinnelige produktsystemet. Bearbeidingsprosessen og transport av materialet til produksjonssted er allokert til analysen i denne EPDen.

**Systemgrenser:**

Modulene A1, A2, A4, A4, A5 er inkludert i analysen. Det inkluderer alle prosesser fra uttak og produksjon av råmaterialer, transport til fabrikk og selve produksjonsprosessen. I tillegg er transport til byggeplass (60 km) lagt som gjennomsnittsbetraktning.

Flytskjemaet nedenfor illustrerer systemgrensene for analysen:

**Teknisk tilleggsmasjjon**

Con-Form har etablert og følger eget Kvalitetssystem / Produksjonsbeskrivelse som grunnlag for sertifiseringen fra Kontrollrådet og et Miljøstyringssystem som bygger på NS-EN-14001.

## LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Følgende informasjonen beskriver scenariene for modulene i EPDen.

### Transport fra produksjonssted til bruker (A4)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil	55,0 %	Lastebil med henger, EURO 6	41	0,022606	l/tkm	0,92
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

### Byggefase A5

	Enhet	Verdi
Hjelpematerialer	kg	1,3688
Vannforbruk	m <sup>3</sup>	
Elektrisitetsforbruk	kWh	2,6918
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
Materialer fra avfallsbehandling	kg	0,0573
Støv i luften	kg	
VOC utslipp	kg	

## LCA: Resultater

LCA resultatene er presentert under for den deklarerde enheten som er definert på side 2 av EPD dokumentet.

### Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklart, MNR=modul ikke relevant)

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

### Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
GWP	kg CO <sub>2</sub> -eq	9,71E+01	4,13E-01	3,29E+00	3,35E+00	9,64E-01
ODP	kg CFC11 -eq	2,76E-06	7,78E-08	4,17E-07	6,89E-07	7,68E-08
POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq	2,54E-01	6,26E-05	6,77E-04	5,24E-04	1,82E-04
AP	kg SO <sub>2</sub> -eq	5,83E-02	9,72E-04	1,78E-02	8,65E-03	4,09E-03
EP	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq	1,93E-02	1,28E-04	4,23E-03	1,19E-03	9,32E-04
ADPM	kg Sb -eq	5,61E-05	1,28E-06	1,89E-05	7,98E-06	1,68E-06
ADPE	MJ	6,11E+02	6,24E+00	3,65E+01	5,50E+01	8,67E+00

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
RPEE	MJ	2,40E+02	9,21E-02	1,59E+02	1,00E+00	1,60E+01
RPEM	MJ	7,09E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,24E-03
TPE	MJ	2,47E+02	9,21E-02	1,59E+02	1,00E+00	1,60E+01
NRPE	MJ	6,12E+02	6,39E+00	4,69E+01	5,67E+01	9,38E+00
NRPM	MJ	2,68E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,23E-02
TRPE	MJ	6,15E+02	6,39E+00	4,69E+01	5,67E+01	9,47E+00
SM	kg	8,31E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,55E+00
RSF	MJ	9,61E+00	0,00E+00	2,48E-02	0,00E+00	2,28E-03
NRSF	MJ	1,22E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,40E+00
W	m <sup>3</sup>	2,35E+00	1,21E-03	1,21E-01	1,34E-02	5,59E-02

RPEE Renewable primary energy resources used as energy carrier; RPEM Renewable primary energy resources used as raw materials; TPE Total use of renewable primary energy resources; NRPE Non renewable primary energy resources used as energy carrier; NRPM Non renewable primary energy resources used as materials; TRPE Total use of non renewable primary energy resources; SM Use of secondary materials; RSF Use of renewable secondary fuels; NRSF Use of non renewable secondary fuels; W Use of net fresh water

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
HW	kg	1,41E-02	3,76E-06	1,88E-02	3,03E-05	2,37E-04
NHW	kg	3,57E+01	3,42E-01	4,81E+00	5,19E+00	4,98E-01
RW	kg	INA*	INA*	INA*	INA*	INA*

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer (End of life - Output flow)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	1,49E-01	0,00E+00	5,94E+00	0,00E+00	0,00E+00
MER	kg	3,22E-02	0,00E+00	1,34E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*	INA*
ETE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*	INA*

CR Components for reuse; MR Materials for recycling; MER Materials for energy recovery; EEE Exported electric energy; ETE Exported thermal energy

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

## Norske tilleggskrav

### Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmix fra import, lavspenning (inkludert produksjon av overføringslinjer, i tillegg til direkte utslipp og tap i nett) er brukt for anvendt elektrisitet i produksjonsprosessen (A3). Bakgrunnsdata er presentert i tabellen under. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet.

Elektrisitetsmix	Datakilde	Mengde	Enhet
El-mix, Norway (kWh)	ecoinvent 3.4	31,04	g CO2-ekv/kWh

### Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten.

### Inneklima

Produktet har ingen påvirkning på inneklima

## Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III  
 NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer  
 NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner  
 ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works  
 ecoinvent v3, Allocation, cut-off by classification, Swiss Centre of Life Cycle Inventories .  
 Iversen et al., (2018) eEPD v3 .0 - Background information for EPD gen. system. LCA.no OR 04.18  
 Vold et al. (2014) EPD-generator for betongindustrien, bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14, Østfoldforskning, NPCR Part A: Construction products and services. Ver. 1.0. April 2017, EPD-Norge.

	<b>Programoperatør og utgiver</b> Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner PostBoks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo, Norge	Telefon: +47 23 08 80 00 e-post: post@epd-norge.no web: www.epd-norge.no
	<b>Eier av deklarasjon</b> Con-Form Group AS Østensjøveien 36 0667 OSLO	Telefon: +47 93239763 e-post: Magne.Aarsland@con-form.no web: www.con-form.no
	<b>Forfatter av livsløpsrapporten</b> Østfoldforskning AS Stadion 4 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 69 35 11 00 e-post: post@ostfoldforskning.no web: www.ostfoldforskning.no
	<b>Utvikler av EPD-generator</b> LCA.no AS Dokka 1C 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 916 50 916 e-post: post@lca.no web: www.lca.no

# ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:	Con-Form Group AS
Programoperatør:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Utgiver:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Deklarasjonsnummer:	Bygger på NEPD-2901-1593
Publiseringsnummer:	Ikke tildelt
ECO Platform registreringsnummer:	Ikke tildelt
Godkjent dato:	
Gyldig til:	

## Repos Nidarvoll

Con-Form Group AS



[www.epd-norge.no](http://www.epd-norge.no)





## Generell informasjon

### Produkt:

Repos Nidarvoll

### Programoperatør:

Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner  
Pb. 5250 Majorstuen, 0303 Oslo  
Phone: +47 23 08 80 00  
e-post: [post@epd-norge.no](mailto:post@epd-norge.no)

### Deklarasjonsnummer:

Bygger på NEPD-2901-1593

### ECO Platform registreringsnummer:

### Deklarasjonen er basert på PCR:

EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjerne-PCR  
NPCR 020:2018 Part B for Concrete and concrete elements

### Erklæring om ansvar:

Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.

### Deklarert enhet:

1 m2 Repos Nidarvoll

### Deklarert enhet med opsjon:

A1,A2,A3,A4,A5

### Funksjonell enhet:

Repos (i trappesjakt)

### Generelt om verifikasjon av EPD fra verktøy:

Uavhengig verifikasjon av data, annen miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO 14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4. Individuell tredjepartsverifisering av hver EPD er ikke nødvendig når verktøyet er i) integrert i bedriftens miljøstyringssystem, ii) prosedyrer for bruk av verktøyet er godkjent av EPD-Norge og iii) prosessen granskes årlig. Se vedlegg G i EPD-Norges retningslinjer for ytterligere informasjon om EPD-verktøy.

### Verifikasjon av EPD-verktøy:

Uavhengig tredjepartsverifikasjon av verktøy, bakgrunnsdata og test-EPD er gjort i henhold til EPD-Norge sine prosedyrer og retningslinjer for verifisering og godkjenning av EPD-verktøy.

Anne Rønning, Norsus AS

(krever ikke signatur)

### Eier av deklarasjonen:

Con-Form Group AS  
Kontaktperson: Magne Aarsland  
Telefon: +47 93239763  
e-post: [Magne.Aarsland@con-form.no](mailto:Magne.Aarsland@con-form.no)

### Produsent:

Con-Form Group AS  
Østensjøveien 36 0667 OSLO  
Norway

### Produksjonssted:

Con-Form Orkanger  
Furumoen 27 7300 Orkanger  
Norway

### Kvalitet/Miljøsystem:

Con-Forms miljøstyringssystem er basert på ISO 14001

### Org. no.:

976 736 311

### Godkjent dato:

### Gyldig til:

### Årstall for studien:

2020

### Sammenlignbarhet:

EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.

### Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:

Deklarasjonen er utarbeidet og verifisert ved bruk av EPDverktøy lca.tools ver EPD2020.11, utviklet av LCA.no AS. EPDverktøyet er integrert i bedriftens miljøstyringssystem, og godkjent av EPD-Norge

EPD er utarbeidet av:

Tore Aasen

Bedriftsspesifikke data og EPD er kontrollert av:

Jomar Fugløy

### Godkjent:

Sign

Håkon Hauan, Daglig leder EPD-Norge

## Produkt

### Produktbeskrivelse:

Anvendes i alle typer betongbygg og kombinert med betongtrapp. Elementene har høy mekanisk styrke, stor kapasitet og holdbarhet om klimapåkjenninger

### Produktspesifikasjon:

Repos med betong B35 M60 LCB A. 1 m2 repos inneholder denne prosentvise fordeling av del-materialer:

Materialer	kg	%
Reinforcement	32,90	6,63
Betong	462,93	93,37
Totalt:	495,83	

### Tekniske data:

Repos støpt med B35 M60 LCB A, eksponeringsklasse XC1 i samsvar med kravene i NS-EN-206.

Repos produsert i henhold til NS-EN-13369 Generelle regler for betongelementer og NS-EN-13225 Lineære konstruksjoner

### Markedsområde:

Midt-Norge. Kan også leveres i hele landet

### Levetid, produkt:

100 år

### Levetid, bygg:

100 år

## LCA: Beregningsregler

### Deklarert enhet:

1 m2 Repos Nidarvoll

### Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (mindre enn 1%) er ikke inkludert. Disse cut-off kriteriene gjelder ikke for farlige materialer og stoffer.

### Datakvalitet:

Spesifikke data for produktsammensetningen er fremskaffet av produsenten. De representerer produksjonen av det deklarete produktet og ble samlet inn for EPD-utvikling i det oppgitte året for studien. Bakgrunnsdata er basert på registrerte EPDer i henhold til EN 15804, Østfoldforskning sine databaser, ecoinvent og andre LCAdatabaser. Datakvaliteten for råmaterialene i A1 er presentert i tabellen nedenfor.

Materials	Source	Data quality	Year
Reinforcement	Østfoldforskning	Database	2012
Reinforcement	NEPD-434.305-EN	EPD	2016
Betong	ref. NEPD-1471-490-NO	EPD	2022

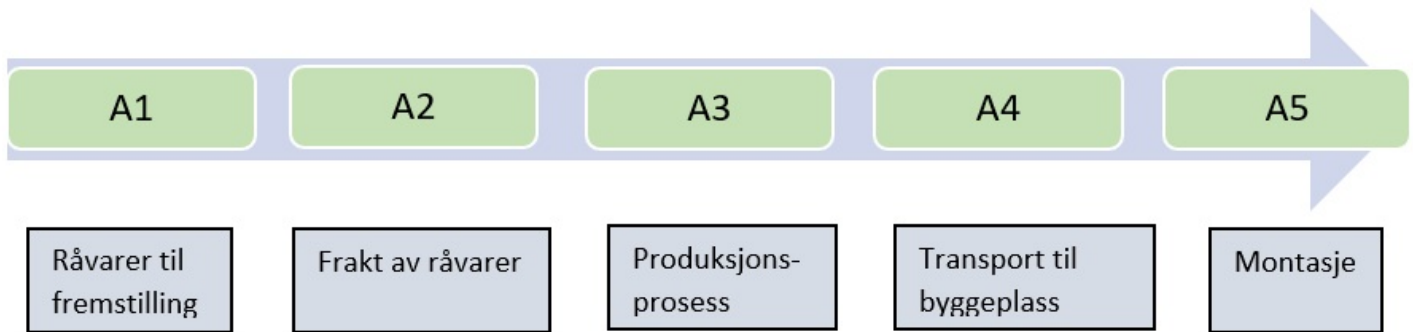
### Allokering:

Allokering er gjort iht. bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Miljøpåvirkning og ressursforbruk for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til det opprinnelige produktsystemet. Bearbeidingsprosessen og transport av materialet til produksjonssted er allokert til analysen i denne EPDen.

**Systemgrenser:**

Modulene A1, A2, A4, A4, A5 er inkludert i analysen. Det inkluderer alle prosesser fra uttak og produksjon av råmaterialer, transport til fabrikk og selve produksjonsprosessen. I tillegg er transport til byggeplass (60 km) lagt som gjennomsnittsbetraktning.

Flytskjemaet nedenfor illustrerer systemgrensene for analysen:

**Teknisk tilleggsmasjjon**

Con-Form har etablert og følger eget Kvalitetssystem / Produksjonsbeskrivelse som grunnlag for sertifiseringen fra Kontrollrådet og et Miljøstyringssystem som bygger på NS-EN-14001.

## LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Følgende informasjonen beskriver scenariene for modulene i EPDen.

### Transport fra produksjonssted til bruker (A4)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil	55,0 %	Lastebil med henger, EURO 6	41	0,022606	l/tkm	0,92
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

### Byggefase A5

	Enhet	Verdi
Hjelpematerialer	kg	0,6297
Vannforbruk	m <sup>3</sup>	
Elektrisitetsforbruk	kWh	1,2657
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
Materialer fra avfallsbehandling	kg	0,0269
Støv i luften	kg	
VOC utslipp	kg	

## LCA: Resultater

LCA resultatene er presentert under for den deklarete enheten som er definert på side 2 av EPD dokumentet.

### Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklart, MNR=modul ikke relevant)

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

### Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
GWP	kg CO <sub>2</sub> -eq	5,76E+01	1,89E+00	1,72E+00	1,66E+00	4,48E-01
ODP	kg CFC11 -eq	2,34E-06	3,84E-07	2,19E-07	3,41E-07	3,61E-08
POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq	1,32E-01	2,94E-04	3,49E-04	2,60E-04	4,63E-05
AP	kg SO <sub>2</sub> -eq	3,04E-01	4,83E-03	9,37E-03	4,29E-03	1,91E-03
EP	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq	4,01E-02	6,63E-04	2,23E-03	5,92E-04	4,36E-04
ADPM	kg Sb -eq	3,34E-05	4,63E-06	9,97E-06	3,96E-06	7,90E-07
ADPE	MJ	4,07E+02	3,07E+01	1,92E+01	2,73E+01	4,05E+00

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
RPEE	MJ	2,42E+02	5,49E-01	8,42E+01	4,96E-01	7,49E+00
RPEM	MJ	6,68E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,95E-03
TPE	MJ	2,49E+02	5,49E-01	8,42E+01	4,96E-01	7,49E+00
NRPE	MJ	4,16E+02	3,17E+01	2,46E+01	2,81E+01	4,38E+00
NRPM	MJ	1,20E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,22E-02
TRPE	MJ	4,17E+02	3,17E+01	2,46E+01	2,81E+01	4,42E+00
SM	kg	5,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,10E-01
RSF	MJ	4,63E+00	0,00E+00	1,31E-02	0,00E+00	1,07E-03
NRSF	MJ	5,71E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,44E-01
W	m <sup>3</sup>	2,20E+02	7,36E-03	6,36E-02	6,66E-03	2,57E-02

RPEE Renewable primary energy resources used as energy carrier; RPEM Renewable primary energy resources used as raw materials; TPE Total use of renewable primary energy resources; NRPE Non renewable primary energy resources used as energy carrier; NRPM Non renewable primary energy resources used as materials; TRPE Total use of non renewable primary energy resources; SM Use of secondary materials; RSF Use of renewable secondary fuels; NRSF Use of non renewable secondary fuels; W Use of net fresh water

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
HW	kg	8,55E-03	1,70E-05	2,06E-05	1,50E-05	1,09E-04
NHW	kg	1,96E+01	2,79E+00	2,54E+00	2,57E+00	2,31E-01
RW	kg	INA*	INA*	INA*	INA*	INA*

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer (End of life - Output flow)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	2,73E+00	0,00E+00	3,13E+00	0,00E+00	1,18E-01
MER	kg	1,55E-02	0,00E+00	7,12E-01	0,00E+00	0,00E+00
EEE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*	INA*
ETE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*	INA*

CR Components for reuse; MR Materials for recycling; MER Materials for energy recovery; EEE Exported electric energy; ETE Exported thermal energy

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

## Norske tilleggskrav

### Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmix fra import, lavspenning (inkludert produksjon av overføringslinjer, i tillegg til direkte utslipp og tap i nett) er brukt for anvendt elektrisitet i produksjonsprosessen (A3). Bakgrunnsdata er presentert i tabellen under. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet.

Elektrisitetsmix	Datakilde	Mengde	Enhet
El-mix, Norway (kWh)	ecoinvent 3.4	31,04	g CO2-ekv/kWh

### Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten.

### Inneklima

Produktet har ingen påvirkning på inneklima

## Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III  
 NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer  
 NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner  
 ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works  
 ecoinvent v3, Allocation, cut-off by classification, Swiss Centre of Life Cycle Inventories .  
 Iversen et al., (2018) eEPD v3 .0 - Background information for EPD gen. system. LCA.no OR 04.18  
 Vold et al. (2014) EPD-generator for betongindustrien, bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14, Østfoldforskning, NPCR Part A: Construction products and services. Ver. 1.0. April 2017, EPD-Norge.

	<b>Programoperatør og utgiver</b> Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner PostBoks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo, Norge	Telefon: +47 23 08 80 00 e-post: post@epd-norge.no web: www.epd-norge.no
	<b>Eier av deklarasjon</b> Con-Form Group AS Østensjøveien 36 0667 OSLO	Telefon: +47 93239763 e-post: Magne.Aarsland@con-form.no web: www.con-form.no
	<b>Forfatter av livsløpsrapporten</b> Østfoldforskning AS Stadion 4 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 69 35 11 00 e-post: post@ostfoldforskning.no web: www.ostfoldforskning.no
	<b>Utvikler av EPD-generator</b> LCA.no AS Dokka 1C 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 916 50 916 e-post: post@lca.no web: www.lca.no

# ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:	Con-Form Group AS
Programoperatør:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Utgiver:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Deklarasjonsnummer:	Bygger på NEPD-3005-1680
Publiseringsnummer:	Ikke tildelt
ECO Platform registreringsnummer:	Ikke tildelt
Godkjent dato:	
Gyldig til:	

## Forspent Plattendekke Nidarvoll

Con-Form Group AS



[www.epd-norge.no](http://www.epd-norge.no)





## Generell informasjon

### Produkt:

Forspent Plattendekke Nidarvoll

### Programoperatør:

Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner  
Pb. 5250 Majorstuen, 0303 Oslo  
Phone: +47 23 08 80 00  
e-post: [post@epd-norge.no](mailto:post@epd-norge.no)

### Deklarasjonsnummer:

Bygger på NEPD-3005-1680

### ECO Platform registreringsnummer:

### Deklarasjonen er basert på PCR:

EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjerne-PCR  
NPCR 020:2018 Part B for Concrete and concrete elements

### Erklæring om ansvar:

Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.

### Deklarert enhet:

1 m2 Forspent Plattendekke Nidarvoll

### Deklarert enhet med opsjon:

A1,A2,A3,A4,A5

### Funksjonell enhet:

Plattendekke produseres i fabrikk og brukes som forskaling til komplett etasjeskille.

### Generelt om verifikasjon av EPD fra verktøy:

Uavhengig verifikasjon av data, annen miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO 14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4. Individuell tredjepartsverifisering av hver EPD er ikke nødvendig når verktøyet er i) integrert i bedriftens miljøstyringssystem, ii) prosedyrer for bruk av verktøyet er godkjent av EPD-Norge og iii) prosessen granskes årlig. Se vedlegg G i EPD-Norges retningslinjer for ytterligere informasjon om EPD-verktøy.

### Verifikasjon av EPD-verktøy:

Uavhengig tredjepartsverifikasjon av verktøy, bakgrunnsdata og test-EPD er gjort i henhold til EPD-Norge sine prosedyrer og retningslinjer for verifisering og godkjenning av EPD-verktøy.

Anne Rønning, Norsus AS

(krever ikke signatur)

### Eier av deklarasjonen:

Con-Form Group AS  
Kontaktperson: Magne Aarsland  
Telefon: +47 93239763  
e-post: [Magne.Aarsland@con-form.no](mailto:Magne.Aarsland@con-form.no)

### Produsent:

Con-Form Group AS  
Østensjøveien 36 0667 OSLO  
Norway

### Produksjonssted:

Con-Form Orkanger  
Furumoen 27 7300 Orkanger  
Norway

### Kvalitet/Miljøsystem:

Con-Forms miljøstyringssystem er basert på ISO 14001

### Org. no.:

976 736 311

### Godkjent dato:

### Gyldig til:

### Årstall for studien:

2020

### Sammenlignbarhet:

EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.

### Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:

Deklarasjonen er utarbeidet og verifisert ved bruk av EPDverktøy lca.tools ver EPD2020.11, utviklet av LCA.no AS. EPDverktøyet er integrert i bedriftens miljøstyringssystem, og godkjent av EPD-Norge

EPD er utarbeidet av:

Tore Aasen

Bedriftsspesifikke data og EPD er kontrollert av:

Jomar Fugløy

### Godkjent:

Sign

Håkon Hauan, Daglig leder EPD-Norge

## Produkt

### Produktbeskrivelse:

### Produktspesifikasjon:

Plattendekke med betong B35 M60 LCB A. 1 m2 inneholder denne prosentvise fordeling av del-materialer:

Materialer	kg	%
Reinforcement	12,45	6,55
Betong	177,46	93,45
Totalt	189,91	

### Tekniske data:

Forspent plattendekke produseres i tykkelse 75/95 mm. Vekt 189,9086 kg pr m2.  
 Støpt med B35 M60 LCB A, eksponeringsklasse XC1 i samsvar med kravene i NS-EN-206, levert fra Betong Øst (samme bygg)  
 Plattendekke er produsert i henhold til NS-EN-13369 Generelle regler for betongelementer og NS-EN 13747 Gulvsystemer

### Markedsområde:

Hovedmarked er midt-Norge. Kan også leveres til hele landet

### Levetid, produkt:

100 år

### Levetid, bygg:

100 år

## LCA: Beregningsregler

### Deklarert enhet:

1 m2 Forspent Plattendekke Nidarvoll

### Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (mindre enn 1%) er ikke inkludert. Disse cut-off kriteriene gjelder ikke for farlige materialer og stoffer.

### Datakvalitet:

Spesifikke data for produktsammensetningen er fremskaffet av produsenten. De representerer produksjonen av det deklarete produktet og ble samlet inn for EPD-utvikling i det oppgitte året for studien. Bakgrunnsdata er basert på registrerte EPDer i henhold til EN 15804, Østfoldforskning sine databaser, ecoinvent og andre LCAdatabaser. Datakvaliteten for råmaterialene i A1 er presentert i tabellen nedenfor.

Materials	Source	Data quality	Year
Reinforcement	Østfoldforskning	Database	2012
Reinforcement	AENOR EPD 001-001	EPD	2015
Reinforcement	NEPD-434.305-EN	EPD	2016
Betong	ref: NEPD-1471-490-NO	EPD	2022

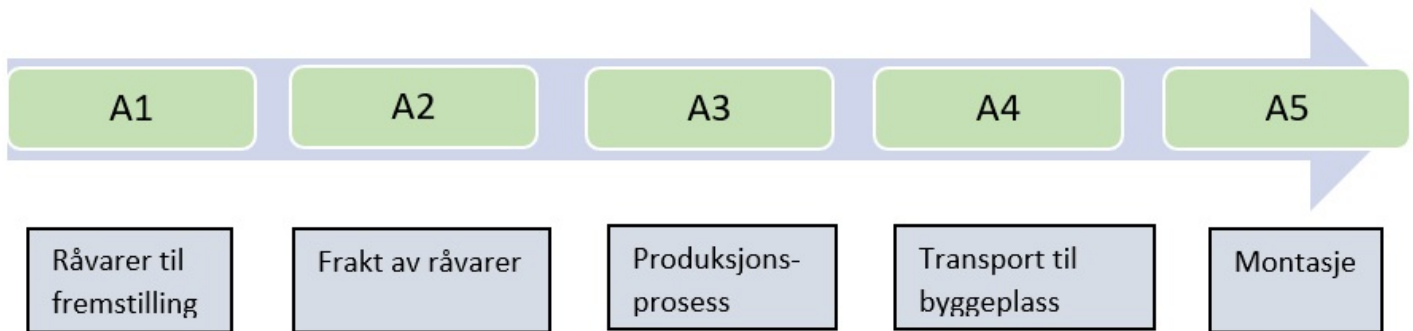
### Allokering:

Allokering er gjort iht. bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Miljøpåvirkning og ressursforbruk for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til det opprinnelige produktsystemet. Bearbeidingsprosessen og transport av materialet til produksjonssted er allokert til analysen i denne EPDen.

**Systemgrenser:**

Modulene A1, A2, A3, A4, A5, er inkludert i analysen. Det inkluderer alle prosesser fra uttak og produksjon av råmaterialer, transport til fabrikk, selve produksjonsprosessen. Transport til byggeplass (60 km) er lagt inn som en gjennomsnittsbetraktning.

Påstøp av forskalingsselement på byggeplass er ikke omfattet av denne EPD da det er mange varianter. Dette kan deklarerer i egen EPD for aktuelt prosjekt  
Flytskjemaet nedenfor illustrerer systemgrensene for analysen:

**Teknisk tilleggsinformasjon**

Con-Form har etablert og følger eget Kvalitetssystem / Produksjonsbeskrivelse som grunnlag for sertifiseringen av Kontrollrådet og et Miljøstyringssystem som bygger på NS-EN-14001

## LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Følgende informasjonen beskriver scenariene for modulene i EPDen.

### Transport fra produksjonssted til bruker (A4)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil	55,0 %	Lastebil med henger, EURO 6	41	0,022606	l/tkm	0,92
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

### Byggefase A5

	Enhet	Verdi
Hjelpematerialer	kg	0,1598
Vannforbruk	m <sup>3</sup>	
Elektrisitetsforbruk	kWh	0,5425
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
Materialer fra avfallsbehandling	kg	0,1913
Støv i luften	kg	
VOC utslipp	kg	

## LCA: Resultater

LCA resultatene er presentert under for den deklarete enheten som er definert på side 2 av EPD dokumentet.

### Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklart, MNR=modul ikke relevant)

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

### Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
GWP	kg CO <sub>2</sub> -eq	2,21E+01	6,69E-01	6,15E-01	6,36E-01	2,43E-01
ODP	kg CFC11 -eq	9,44E-07	1,01E-07	7,79E-08	1,31E-07	1,65E-08
POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq	4,94E-02	8,20E-05	1,26E-04	9,96E-05	2,43E-05
AP	kg SO <sub>2</sub> -eq	8,12E-02	1,86E-03	3,33E-03	1,64E-03	8,06E-04
EP	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq	1,29E-02	2,72E-04	7,90E-04	2,27E-04	1,85E-04
ADPM	kg Sb -eq	-6,85E-05	1,07E-06	3,53E-06	1,52E-06	3,41E-07
ADPE	MJ	1,73E+02	7,85E+00	6,82E+00	1,04E+01	1,66E+00

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

"Leseeksempl 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
RPEE	MJ	6,97E+01	1,50E-01	2,97E+01	1,90E-01	3,95E+00
RPEM	MJ	2,02E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,95E-04
TPE	MJ	7,17E+01	1,50E-01	2,97E+01	1,90E-01	3,95E+00
NRPE	MJ	1,75E+02	8,11E+00	8,76E+00	1,08E+01	2,56E+00
NRPM	MJ	3,44E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,07E-02
TRPE	MJ	1,75E+02	8,11E+00	8,76E+00	1,08E+01	2,57E+00
SM	kg	2,17E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,80E-01
RSF	MJ	1,77E+00	0,00E+00	4,63E-03	0,00E+00	4,28E-04
NRSF	MJ	2,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,63E-01
W	m <sup>3</sup>	4,81E+01	1,86E-03	2,25E-02	2,55E-03	6,92E-03

RPEE Renewable primary energy resources used as energy carrier; RPEM Renewable primary energy resources used as raw materials; TPE Total use of renewable primary energy resources; NRPE Non renewable primary energy resources used as energy carrier; NRPM Non renewable primary energy resources used as materials; TRPE Total use of non renewable primary energy resources; SM Use of secondary materials; RSF Use of renewable secondary fuels; NRSF Use of non renewable secondary fuels; W Use of net fresh water

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
HW	kg	4,39E-02	4,42E-06	3,52E-03	5,75E-06	2,00E-02
NHW	kg	6,73E+00	6,89E-01	8,98E-01	9,85E-01	1,25E-01
RW	kg	INA*	INA*	INA*	INA*	INA*

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer (End of life - Output flow)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	1,31E+00	0,00E+00	1,11E+00	0,00E+00	3,18E-02
MER	kg	5,95E-03	0,00E+00	2,50E-01	0,00E+00	1,60E-01
EEE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*	INA*
ETE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*	INA*

CR Components for reuse; MR Materials for recycling; MER Materials for energy recovery; EEE Exported electric energy; ETE Exported thermal energy

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

## Norske tilleggskrav

### Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmix fra import, lavspenning (inkludert produksjon av overføringslinjer, i tillegg til direkte utslipp og tap i nett) er brukt for anvendt elektrisitet i produksjonsprosessen (A3). Bakgrunnsdata er presentert i tabellen under. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet.

Elektrisitetsmix	Datakilde	Mengde	Enhet
El-mix, Norway (kWh)	ecoinvent 3.4	31,04	g CO <sub>2</sub> -ekv/kWh

### Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten.

### Inneklima

Produktet har ingen påvirkning på inneklima

## Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III  
 NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer  
 NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner  
 ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works  
 ecoinvent v3, Allocation, cut-off by classification, Swiss Centre of Life Cycle Inventories .  
 Iversen et al., (2018) eEPD v3 .0 - Background information for EPD gen. system. LCA.no OR 04.18  
 Vold et al. (2014) EPD-generator for betongindustrien, bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14, Østfoldforskning, NPCR Part A: Construction products and services. Ver. 1.0. April 2017, EPD-Norge.

	<b>Programoperatør og utgiver</b> Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner PostBoks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo, Norge	Telefon: +47 23 08 80 00 e-post: post@epd-norge.no web: www.epd-norge.no
	<b>Eier av deklarasjon</b> Con-Form Group AS Østensjøveien 36 0667 OSLO	Telefon: +47 93239763 e-post: Magne.Aarsland@con-form.no web: www.con-form.no
	<b>Forfatter av livsløpsrapporten</b> Østfoldforskning AS Stadion 4 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 69 35 11 00 e-post: post@ostfoldforskning.no web: www.ostfoldforskning.no
	<b>Utvikler av EPD-generator</b> LCA.no AS Dokka 1C 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 916 50 916 e-post: post@lca.no web: www.lca.no

# ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:	Con-Form Group AS
Programoperatør:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Utgiver:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Deklarasjonsnummer:	Bygger på NEPD-3006-1679
Publiseringsnummer:	Ikke tildelt
ECO Platform registreringsnummer:	Ikke tildelt
Godkjent dato:	
Gyldig til:	

## Slakkarmert Plattendekke Nidarvoll

Con-Form Group AS



[www.epd-norge.no](http://www.epd-norge.no)





## Generell informasjon

### Produkt:

Slakkarmert Plattendekke Nidarvoll

### Programoperatør:

Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner  
Pb. 5250 Majorstuen, 0303 Oslo  
Phone: +47 23 08 80 00  
e-post: [post@epd-norge.no](mailto:post@epd-norge.no)

### Deklarasjonsnummer:

Bygger på NEPD-3006-1679

### ECO Platform registreringsnummer:

### Deklarasjonen er basert på PCR:

EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjerne-PCR  
NPCR 020:2018 Part B for Concrete and concrete elements

### Erklæring om ansvar:

Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.

### Deklarert enhet:

1 m2 Slakkarmert Plattendekke Nidarvoll

### Deklarert enhet med opsjon:

A1,A2,A3,A4,A5

### Funksjonell enhet:

Plattendekke produseres i fabrikk og brukes som forskaling til komplett etasjeskille.

### Generelt om verifikasjon av EPD fra verktøy:

Uavhengig verifikasjon av data, annen miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO 14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4. Individuell tredjepartsverifisering av hver EPD er ikke nødvendig når verktøyet er i) integrert i bedriftens miljøstyringssystem, ii) prosedyrer for bruk av verktøyet er godkjent av EPD-Norge og iii) prosessen granskes årlig. Se vedlegg G i EPD-Norges retningslinjer for ytterligere informasjon om EPD-verktøy.

### Verifikasjon av EPD-verktøy:

Uavhengig tredjepartsverifikasjon av verktøy, bakgrunnsdata og test-EPD er gjort i henhold til EPD-Norge sine prosedyrer og retningslinjer for verifisering og godkjenning av EPD-verktøy.

Anne Rønning, Norsus AS

(krever ikke signatur)

### Eier av deklarasjonen:

Con-Form Group AS  
Kontaktperson: Magne Aarsland  
Telefon: +47 93239763  
e-post: [Magne.Aarsland@con-form.no](mailto:Magne.Aarsland@con-form.no)

### Produsent:

Con-Form Group AS  
Østensjøveien 36 0667 OSLO  
Norway

### Produksjonssted:

Con-Form Orkanger  
Furumoen 27 7300 Orkanger  
Norway

### Kvalitet/Miljøsystem:

Con-Forms miljøstyringssystem er basert på ISO 14001

### Org. no.:

976 736 311

### Godkjent dato:

### Gyldig til:

### Årstall for studien:

2020

### Sammenlignbarhet:

EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.

### Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:

Deklarasjonen er utarbeidet og verifisert ved bruk av EPDverktøy lca.tools ver EPD2020.11, utviklet av LCA.no AS. EPDverktøyet er integrert i bedriftens miljøstyringssystem, og godkjent av EPD-Norge

EPD er utarbeidet av:

Tore Aasen

Bedriftsspesifikke data og EPD er kontrollert av:

Jomar Fugløy

### Godkjent:

Sign

Håkon Hauan, Daglig leder EPD-Norge

## Produkt

### Produktbeskrivelse:

### Produktspesifikasjon:

Plattendekke med betong B35 M60 LCB A. 1 m2 inneholder denne prosentvise fordeling av del-materialer:

Materialer	kg	%
Reinforcement	17,21	11,99
Betong	126,36	88,01
Totalt	143,56	

### Tekniske data:

Slakkarmert plattendekke produseres i tykkelse 50 mm. Vekt 146,5638 kg pr m2.

Støpt med B35 M60 LCB A, eksponeringsklasse XC1 i samsvar med kravene i NS-EN-206, levert av Betong Øst (samme bygg)

Plattendekke er produsert i henhold til NS-EN-13369 Generelle regler for betongelementer og NS-EN 13747 Gulvsystemer

### Markedsområde:

Hovedmarked er midt-Norge. Kan også leveres til hele landet

### Levetid, produkt:

100 år

### Levetid, bygg:

100 år

## LCA: Beregningsregler

### Deklarert enhet:

1 m2 Slakkarmert Plattendekke Nidarvoll

### Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (mindre enn 1%) er ikke inkludert. Disse cut-off kriteriene gjelder ikke for farlige materialer og stoffer.

### Datakvalitet:

Spesifikke data for produktsammensetningen er fremskaffet av produsenten. De representerer produksjonen av det deklarete produktet og ble samlet inn for EPD-utvikling i det oppgitte året for studien. Bakgrunnsdata er basert på registrerte EPDer i henhold til EN 15804, Østfoldforskning sine databaser, ecoinvent og andre LCAdatabaser. Datakvaliteten for råmaterialene i A1 er presentert i tabellen nedenfor.

Materials	Source	Data quality	Year
Reinforcement	Østfoldforskning	Database	2012
Reinforcement	NEPD-434.305-EN	EPD	2016
Betong	ref: NEPD-1471-490-NO	EPD	2022

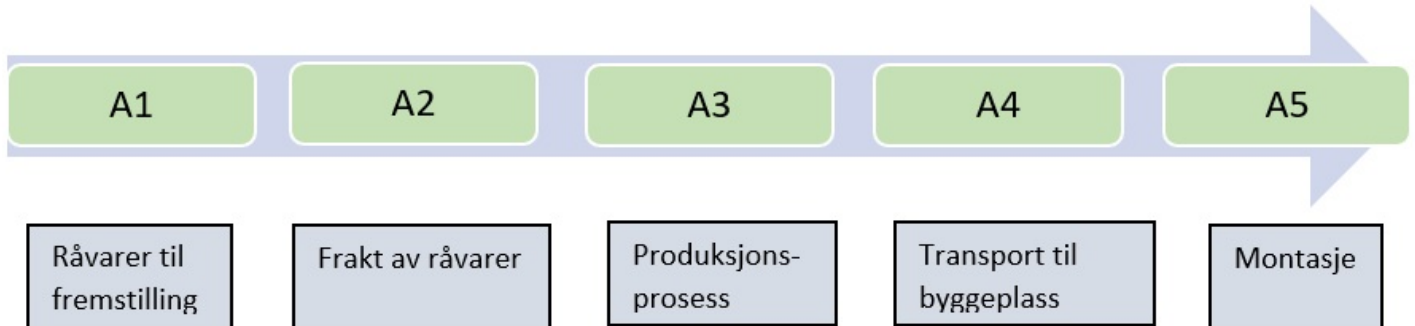
### Allokering:

Allokering er gjort iht. bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Miljøpåvirkning og ressursforbruk for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til det opprinnelige produktsystemet. Bearbeidingsprosessen og transport av materialet til produksjonssted er allokert til analysen i denne EPDen.

**Systemgrenser:**

Modulene A1, A2, A3, A4, A5 er inkludert i analysen. Det inkluderer alle prosessert fra uttak og produksjon av råmaterialer, transport til fabrikk, selve produksjonsprosessen. Transport til byggeplass (60 km) er lagt inn som gjennomsnitt-betraktning.

Påstøp av forskalingsselement på byggeplass er ikke omfattet av denne EPD da det er mange varianter. Dette kan deklarerer i egen EPD for aktuelt prosjekt  
Flytskjemaet nedenfor illustrerer systemgrensene for analysen:

**Teknisk tilleggsmasjjon**

Con-Form har etablert og følger eget Kvalitetssystem / Produksjonsbeskrivelse som grunnlag for sertifiseringen av Kontrollrådet og et Miljøstyringssystem som bygger på NS-EN-14001

## LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Følgende informasjonen beskriver scenariene for modulene i EPDen.

### Transport fra produksjonssted til bruker (A4)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil	55,0 %	Lastebil med henger, EURO 6	41	0,022606	l/tkm	0,92
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

### Byggefase A5

	Enhet	Verdi
Hjelpematerialer	kg	0,2558
Vannforbruk	m <sup>3</sup>	
Elektrisitetsforbruk	kWh	0,4522
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
Materialer fra avfallsbehandling	kg	0,2974
Støv i luften	kg	
VOC utslipp	kg	

## LCA: Resultater

LCA resultatene er presentert under for den deklarete enheten som er definert på side 2 av EPD dokumentet.

### Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklart, MNR=modul ikke relevant)

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

### Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
GWP	kg CO <sub>2</sub> -eq	1,96E+01	9,51E-01	4,19E-01	4,81E-01	3,16E-01
ODP	kg CFC11 -eq	8,28E-07	1,95E-07	5,32E-08	9,88E-08	1,51E-08
POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq	3,81E-02	1,49E-04	8,62E-05	7,53E-05	2,37E-05
AP	kg SO <sub>2</sub> -eq	1,34E-01	2,45E-03	2,27E-03	1,24E-03	8,08E-04
EP	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq	1,71E-02	3,39E-04	5,39E-04	1,71E-04	1,86E-04
ADPM	kg Sb -eq	1,10E-05	2,26E-06	2,41E-06	1,15E-06	3,15E-07
ADPE	MJ	1,41E+02	1,56E+01	4,65E+00	7,90E+00	1,73E+00

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

"Leseeksempl 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
RPEE	MJ	1,09E+02	2,84E-01	2,03E+01	1,44E-01	4,61E+00
RPEM	MJ	2,39E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,93E-04
TPE	MJ	1,11E+02	2,84E-01	2,03E+01	1,44E-01	4,61E+00
NRPE	MJ	1,45E+02	1,61E+01	5,97E+00	8,15E+00	3,05E+00
NRPM	MJ	7,03E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,71E-02
TRPE	MJ	1,46E+02	1,61E+01	5,97E+00	8,15E+00	3,07E+00
SM	kg	2,54E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,88E-01
RSF	MJ	1,26E+00	0,00E+00	3,16E-03	0,00E+00	3,90E-04
NRSF	MJ	2,13E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,61E-01
W	m <sup>3</sup>	9,70E+01	3,81E-03	1,54E-02	1,93E-03	1,09E-02

RPEE Renewable primary energy resources used as energy carrier; RPEM Renewable primary energy resources used as raw materials; TPE Total use of renewable primary energy resources; NRPE Non renewable primary energy resources used as energy carrier; NRPM Non renewable primary energy resources used as materials; TRPE Total use of non renewable primary energy resources; SM Use of secondary materials; RSF Use of renewable secondary fuels; NRSF Use of non renewable secondary fuels; W Use of net fresh water

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
HW	kg	3,62E-03	8,58E-06	2,41E-03	4,34E-06	3,20E-02
NHW	kg	7,06E+00	1,47E+00	6,13E-01	7,44E-01	1,70E-01
RW	kg	INA*	INA*	INA*	INA*	INA*

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer (End of life - Output flow)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	1,19E+00	0,00E+00	7,57E-01	0,00E+00	5,08E-02
MER	kg	4,23E-03	0,00E+00	1,71E-01	0,00E+00	2,56E-01
EEE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*	INA*
ETE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*	INA*

CR Components for reuse; MR Materials for recycling; MER Materials for energy recovery; EEE Exported electric energy; ETE Exported thermal energy

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

## Norske tilleggskrav

### Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmix fra import, lavspenning (inkludert produksjon av overføringslinjer, i tillegg til direkte utslipp og tap i nett) er brukt for anvendt elektrisitet i produksjonsprosessen (A3). Bakgrunnsdata er presentert i tabellen under. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet.

Elektrisitetsmix	Datakilde	Mengde	Enhet
El-mix, Norway (kWh)	ecoinvent 3.4	31,04	g CO2-ekv/kWh

### Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten.

### Inneklima

Produktet har ingen påvirkning på inneklima

## Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III

NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer

NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner

ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works

ecoinvent v3, Allocation, cut-off by classification, Swiss Centre of Life Cycle Inventories .

Iversen et al., (2018) eEPD v3 .0 - Background information for EPD gen. system. LCA.no OR 04.18

Vold et al. (2014) EPD-generator for betongindustrien, bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14, Østfoldforskning,

NPCR Part A: Construction products and services. Ver. 1.0. April 2017, EPD-Norge.

	<b>Programoperatør og utgiver</b> Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner PostBoks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo, Norge	Telefon: +47 23 08 80 00 e-post: post@epd-norge.no web: www.epd-norge.no
	<b>Eier av deklarasjon</b> Con-Form Group AS Østensjøveien 36 0667 OSLO	Telefon: +47 93239763 e-post: Magne.Aarsland@con-form.no web: www.con-form.no
	<b>Forfatter av livsløpsrapporten</b> Østfoldforskning AS Stadion 4 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 69 35 11 00 e-post: post@ostfoldforskning.no web: www.ostfoldforskning.no
	<b>Utvikler av EPD-generator</b> LCA.no AS Dokka 1C 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 916 50 916 e-post: post@lca.no web: www.lca.no

# ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:	Con-Form Group AS
Programoperatør:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Utgiver:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Deklarasjonsnummer:	Bygger på NEPD-2905-1599
Publiseringsnummer:	Ikke tildelt
ECO Platform registreringsnummer:	Ikke tildelt
Godkjent dato:	
Gyldig til:	

## Skallvegg Nidarvoll

Con-Form Group AS



[www.epd-norge.no](http://www.epd-norge.no)





## Generell informasjon

**Produkt:**

Skallvegg Nidarvoll

**Programoperatør:**

Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner  
Pb. 5250 Majorstuen, 0303 Oslo  
Phone: +47 23 08 80 00  
e-post: [post@epd-norge.no](mailto:post@epd-norge.no)

**Deklarasjonsnummer:**

Bygger på NEPD-2905-1599

**ECO Platform registreringsnummer:****Deklarasjonen er basert på PCR:**

EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjerne-PCR  
NPCR 020:2018 Part B for Concrete and concrete elements

**Erklæring om ansvar:**

Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.

**Deklarert enhet:**

1 m2 Skallvegg Nidarvoll

**Deklarert enhet med opsjon:**

A1,A2,A3,A4,A5

**Funksjonell enhet:**

Skallvegg produseres i fabrikk i 2 50/60 mm sjikt som danner ytre deler for komplett vegg.

**Generelt om verifikasjon av EPD fra verktøy:**

Uavhengig verifikasjon av data, annen miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO 14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4. Individuell tredjepartsverifisering av hver EPD er ikke nødvendig når verktøyet er i) integrert i bedriftens miljøstyringssystem, ii) prosedyrer for bruk av verktøyet er godkjent av EPD-Norge og iii) prosessen granskes årlig. Se vedlegg G i EPD-Norges retningslinjer for ytterligere informasjon om EPD-verktøy.

**Verifikasjon av EPD-verktøy:**

Uavhengig tredjepartsverifikasjon av verktøy, bakgrunnsdata og test-EPD er gjort i henhold til EPD-Norge sine prosedyrer og retningslinjer for verifisering og godkjenning av EPD-verktøy.

Anne Rønning, Norsus AS

(krever ikke signatur)

**Eier av deklarasjonen:**

Con-Form Group AS  
Kontaktperson: Magne Aarsland  
Telefon: +47 93239763  
e-post: [Magne.Aarsland@con-form.no](mailto:Magne.Aarsland@con-form.no)

**Produsent:**

Con-Form Group AS  
Østensjøveien 36 0667 OSLO  
Norway

**Produksjonssted:**

Con-Form Orkanger  
Furumoen 27 7300 Orkanger  
Norway

**Kvalitet/Miljøsystem:**

Con-Forms miljøstyringssystem er basert på ISO 14001

**Org. no.:**

976 736 311

**Godkjent dato:****Gyldig til:****Årstall for studien:**

2020

**Sammenlignbarhet:**

EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.

**Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:**

Deklarasjonen er utarbeidet og verifisert ved bruk av EPDverktøy lca.tools ver EPD2020.11, utviklet av LCA.no AS. EPDverktøyet er integrert i bedriftens miljøstyringssystem, og godkjent av EPD-Norge

EPD er utarbeidet av:

Tore Aasen

Bedriftsspesifikke data og EPD er kontrollert av:

Jomar Fugløy

**Godkjent:**

Sign

Håkon Hauan, Daglig leder EPD-Norge

## Produkt

### Produktbeskrivelse:

### Produktspesifikasjon:

Skallvegg bestående av 2 sammensatte komponenter støpt med B35 M60 LCB A. 1 m<sup>2</sup> skallvegg inneholder denne prosentvise fordeling av del-materialer:

Materialer	kg	%
Reinforcement	18,67	7,51
Betong	229,91	92,49
Totalt:	248,57	

### Tekniske data:

Hver side av skallveggen består av 50mm eller 60mm plate i betong B35 M60 LCB A levert av Betong Øst og produsert iht NS-EN-206. Skallvegg er produsert i henhold til NS-EN-13369 Generelle regler betongelementer og NS-EN 13474 Gulvsystemer. Skallvegg kan leveres i ulike tykkelser for fasade, skillevegg, sjakt etc

### Markedsområde:

Midt-Norge, kan leveres i hele landet

### Levetid, produkt:

100

### Levetid, bygg:

100

## LCA: Beregningsregler

### Deklarert enhet:

1 m<sup>2</sup> Skallvegg Nidarvoll

### Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (mindre enn 1%) er ikke inkludert. Disse cut-off kriteriene gjelder ikke for farlige materialer og stoffer.

### Datakvalitet:

Spesifikke data for produktsammensetningen er fremskaffet av produsenten. De representerer produksjonen av det deklarete produktet og ble samlet inn for EPD-utvikling i det oppgitte året for studien. Bakgrunnsdata er basert på registrerte EPDer i henhold til EN 15804, Østfoldforskning sine databaser, ecoinvent og andre LCAdatabaser. Datakvaliteten for råmaterialene i A1 er presentert i tabellen nedenfor.

Materials	Source	Data quality	Year
Reinforcement	Østfoldforskning	Database	2012
Reinforcement	NEPD-434.305-EN	EPD	2016
Betong	ref: NEPD-1471-490-NO	EPD	2022

### Allokering:

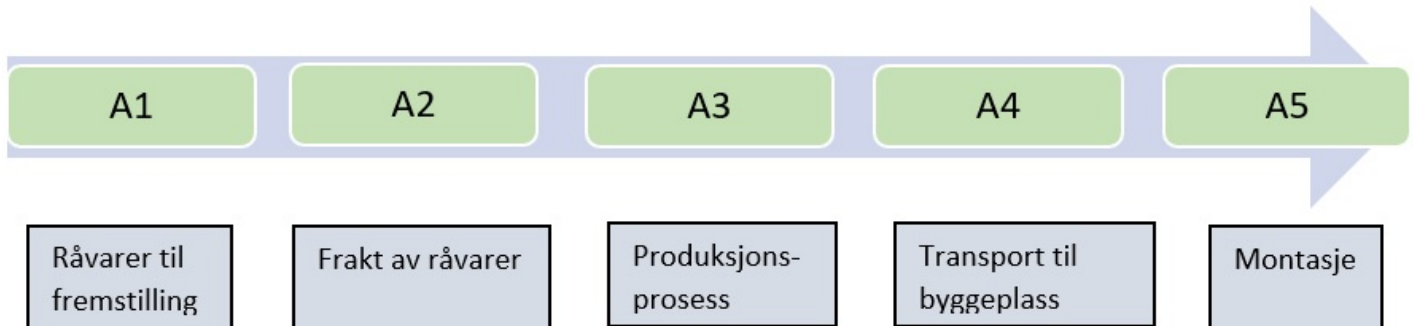
Allokering er gjort iht. bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Miljøpåvirkning og ressursforbruk for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til det opprinnelige produktsystemet. Bearbeidingsprosessen og transport av materialet til produksjonssted er allokert til analysen i denne EPDen.

### Systemgrenser:

Modulene A1, A2, A3, A4, A5 er inkludert i analysen. Det inkluderer alle prosesser fra uttak og fremstilling av råmaterialer, transport til fabrikk, selve produksjonsprosessen. Tilleggsarmering og tekniske installasjoner monteres på byggeplass før endelig utstøping av veggen (inngår ikke i denne EPD). I tillegg er transport til byggeplass (60 km) lagt inn som gjennomsnittsbetraktning.

Utsøping av sjiktet mellom yttersjiktene på skallvegg er ikke inkludert i denne EPD da det er mange varianter. Denne kan kalkuleres i egen prosjektspesifikk EPD

Flytskjemaet nedenfor illustrerer systemgrensene for analysen:



### Teknisk tilleggsinformasjon

Con-Form har etablert og følger eget Kvalitetssystem / Produksjonsbeskrivelse som grunnlag for sertifisering av Kontrollrådet og et Miljøstyringssystem som bygger på NS-EN-14001.

## LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Følgende informasjonen beskriver scenariene for modulene i EPDen.

### Transport fra produksjonssted til bruker (A4)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil	55,0 %	Lastebil med henger, EURO 6	41	0,022606	l/tkm	0,92
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

### Byggefase A5

	Enhet	Verdi
Hjelpematerialer	kg	2,8228
Vannforbruk	m <sup>3</sup>	0,0020
Elektrisitetsforbruk	kWh	0,7106
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
Materialer fra avfallsbehandling	kg	0,4183
Støv i luften	kg	
VOC utslipp	kg	

## LCA: Resultater

LCA resultatene er presentert under for den deklarete enheten som er definert på side 2 av EPD dokumentet.

### Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklart, MNR=modul ikke relevant)

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

### Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
GWP	kg CO <sub>2</sub> -eq	3,05E+01	1,54E+00	7,56E-01	8,33E-01	1,06E+00
ODP	kg CFC11 -eq	1,36E-06	3,15E-07	1,03E-07	1,71E-07	5,13E-08
POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq	6,75E-02	2,41E-04	1,52E-04	1,30E-04	1,14E-04
AP	kg SO <sub>2</sub> -eq	2,04E-01	3,96E-03	4,40E-03	2,15E-03	3,43E-03
EP	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq	2,58E-02	5,44E-04	9,80E-04	2,97E-04	8,20E-04
ADPM	kg Sb -eq	1,78E-05	3,73E-06	4,68E-06	1,98E-06	1,03E-06
ADPE	MJ	2,23E+02	2,52E+01	9,04E+00	1,37E+01	7,10E+00

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
RPEE	MJ	1,43E+02	4,53E-01	3,94E+01	2,49E-01	6,38E+00
RPEM	MJ	3,94E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,44E-01
TPE	MJ	1,47E+02	4,53E-01	3,94E+01	2,49E-01	6,62E+00
NRPE	MJ	2,29E+02	2,60E+01	1,16E+01	1,41E+01	7,61E+00
NRPM	MJ	5,48E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,40E-02
TRPE	MJ	2,29E+02	2,60E+01	1,16E+01	1,41E+01	7,66E+00
SM	kg	3,17E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,09E-01
RSF	MJ	2,30E+00	0,00E+00	6,15E-03	0,00E+00	7,22E-04
NRSF	MJ	2,77E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,24E-01
W	m <sup>3</sup>	1,51E+02	6,08E-03	2,99E-02	3,34E-03	3,91E-02

RPEE Renewable primary energy resources used as energy carrier; RPEM Renewable primary energy resources used as raw materials; TPE Total use of renewable primary energy resources; NRPE Non renewable primary energy resources used as energy carrier; NRPM Non renewable primary energy resources used as materials; TRPE Total use of non renewable primary energy resources; SM Use of secondary materials; RSF Use of renewable secondary fuels; NRSF Use of non renewable secondary fuels; W Use of net fresh water

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
HW	kg	4,51E-03	1,39E-05	4,69E-03	7,52E-06	1,43E-04
NHW	kg	1,01E+01	2,32E+00	1,19E+00	1,29E+00	4,49E-01
RW	kg	INA*	INA*	INA*	INA*	INA*

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer (End of life - Output flow)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	1,87E+00	0,00E+00	1,47E+00	0,00E+00	5,33E-01
MER	kg	7,70E-03	0,00E+00	3,32E-01	0,00E+00	1,02E-02
EEE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*	INA*
ETE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*	INA*

CR Components for reuse; MR Materials for recycling; MER Materials for energy recovery; EEE Exported electric energy; ETE Exported thermal energy

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

## Norske tilleggskrav

### Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmix fra import, lavspenning (inkludert produksjon av overføringslinjer, i tillegg til direkte utslipp og tap i nett) er brukt for anvendt elektrisitet i produksjonsprosessen (A3). Bakgrunnsdata er presentert i tabellen under. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet.

Elektrisitetsmix	Datakilde	Mengde	Enhet
El-mix, Norway (kWh)	ecoinvent 3.4	31,04	g CO2-ekv/kWh

### Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten.

### Inneklima

Produktet har ingen påvirkning på inneklima

## Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III  
 NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer  
 NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner  
 ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works  
 ecoinvent v3, Allocation, cut-off by classification, Swiss Centre of Life Cycle Inventories .  
 Iversen et al., (2018) eEPD v3 .0 - Background information for EPD gen. system. LCA.no OR 04.18  
 Vold et al. (2014) EPD-generator for betongindustrien, bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14, Østfoldforskning, NPCR Part A: Construction products and services. Ver. 1.0. April 2017, EPD-Norge.

	<b>Programoperatør og utgiver</b> Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner PostBoks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo, Norge	Telefon: +47 23 08 80 00 e-post: post@epd-norge.no web: www.epd-norge.no
	<b>Eier av deklarasjon</b> Con-Form Group AS Østensjøveien 36 0667 OSLO	Telefon: +47 93239763 e-post: Magne.Aarsland@con-form.no web: www.con-form.no
	<b>Forfatter av livsløpsrapporten</b> Østfoldforskning AS Stadion 4 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 69 35 11 00 e-post: post@ostfoldforskning.no web: www.ostfoldforskning.no
	<b>Utvikler av EPD-generator</b> LCA.no AS Dokka 1C 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 916 50 916 e-post: post@lca.no web: www.lca.no

# ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:	Contiga AS
Programoperatør:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Utgiver:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Deklarasjonsnummer:	NEPD-3268-1909-NO
Publiseringsnummer:	NEPD-3268-1909-NO
ECO Platform registreringsnummer:	-
Godkjent dato:	21.12.2021
Gyldig til:	21.12.2026

## CONTIGA, Hulldekker Lavkarbonklasse A

Contiga AS



[www.epd-norge.no](http://www.epd-norge.no)





## Generell informasjon

### Produkt:

CONTIGA, Hulldekker Lavkarbonklasse A

### Programoperatør:

Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner  
Pb. 5250 Majorstuen, 0303 Oslo  
Phone: +47 23 08 80 00  
e-post: [post@epd-norge.no](mailto:post@epd-norge.no)

### Deklarasjonsnummer:

NEPD-3268-1909-NO

### ECO Platform registreringsnummer:

### Deklarasjonen er basert på PCR:

EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjerne-PCR  
NPCR 020:2018 Part B for Concrete and concrete elements

### Erklæring om ansvar:

Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.

### Deklarert enhet:

1 tonne CONTIGA, Hulldekker Lavkarbonklasse A

### Deklarert enhet med opsjon:

A1,A2,A3,A4

### Funksjonell enhet:

### Generelt om verifikasjon av EPD fra verktøy:

Uavhengig verifikasjon av data, annen miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO 14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4. Individuell tredjepartsverifisering av hver EPD er ikke nødvendig når verktøyet er i) integrert i bedriftens miljøstyringssystem, ii) prosedyrer for bruk av verktøyet er godkjent av EPD-Norge og iii) prosessen granskes årlig. Se vedlegg G i EPD-Norges retningslinjer for ytterligere informasjon om EPD-verktøy.

### Verifikasjon av EPD-verktøy:

Uavhengig tredjepartsverifikasjon av verktøy, bakgrunnsdata og test-EPD er gjort i henhold til EPD-Norge sine prosedyrer og retningslinjer for verifisering og godkjenning av EPD-verktøy.

Anne Rønning, Norsus AS

(krever ikke signatur)

### Eier av deklarasjonen:

Contiga AS  
Kontaktperson: Rune Løken  
Telefon: +47 69 24 46 00  
e-post: [rune.loken@contiga.no](mailto:rune.loken@contiga.no)

### Produsent:

Contiga AS

### Produksjonssted:

Contiga AS  
Postboks 70, 1501 Moss 1501 Moss  
Norway

### Kvalitet/Miljøsystem:

ISO 14001:2015, ISO 9001: 2015, ISO 45001:2018

### Org. no.:

No 917 507 837

### Godkjent dato: 21.12.2021

### Gyldig til: 21.12.2026

### Årstall for studien:

2020

### Sammenlignbarhet:

EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.

### Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:

Deklarasjonen er utarbeidet og verifisert ved bruk av EPDverktøy lca.tools ver EPD2020.11, utviklet av LCA.no AS. EPDverktøyet er integrert i bedriftens miljøstyringssystem, og godkjent av EPD-Norge

EPD er utarbeidet av:

Rune Løken

Bedriftsspesifikke data og EPD er kontrollert av:

Jane Mælen

### Godkjent:

Sign



Håkon Hauan, Daglig leder EPD-Norge

## Produkt

### Produktbeskrivelse:

Førspente hulldekker produsert på fabrikkene til Contiga A/S. Elementene har stor mekanisk styrke, har god holdbarhet mot klimapåvirkninger og er velegnet i alle typer bygg. For ytterligere informasjon, se vår hjemmeside [www.contiga.no](http://www.contiga.no), eller kontakt vår konstruksjonsavdeling.

### Produktspesifikasjon:

Produksjon og transport av 1 tonn element til tenkt byggeplass 50 km fra produksjonssted. Denne EPD er basert på gjennomsnittlig mengde armering for disse produktene. (Høy resirkuleringsgrad) Tabellen under viser fordelingen av råmaterialer.

Materialer	kg	%
Cement	107,45	10,74
Aggregate	791,10	79,11
Water	57,07	5,71
Reinforcement	12,90	1,29
SCM	31,49	3,15
Totalt:	1000,00	

### Tekniske data:

Betongen er produsert i samsvar med betongstandarden NS-EN 206. Betongens klimagassutslipp er under 220 kg CO<sub>2</sub>-ekv. pr m<sup>3</sup>. (B45 M45) Dette tilfredsstillende kravet til lavkarbonklasse A i henhold til tabell 1 i NB37:2019. Verdien i denne EPD (104,1 kg CO<sub>2</sub>-ekv./tonn) er representativ for et gjennomsnittlig armert hulldekke. Listen under gir en oversikt over gjennomsnittlig armeringsmengde for de ulike elementtypene: HD200 med 5 spenntau, HD220 med 6 spenntau, HD265 med 7 spenntau, HD285 med 7 spenntau, HD320 med 8 spenntau, HD400 med 10 spenntau, HD500 med 13 spenntau, HD520 med 14 spenntau. Elementene er produsert i henhold til produktstandarden NS-EN 1168. For nøyaktige miljødata til prosjekter, ta kontakt for informasjon.

### Markedsområde:

Norge

### Levetid, produkt:

Som for Bygg

### Levetid, bygg:

Normalt 60 år.

## LCA: Beregningsregler

### Deklarert enhet:

1 tonne CONTIGA, Hulldekker Lavkarbonklasse A

### Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (mindre enn 1%) er ikke inkludert. Disse cut-off kriteriene gjelder ikke for farlige materialer og stoffer.

### Datakvalitet:

Spesifikke data for produktsammensetningen er fremskaffet av produsenten. De representerer produksjonen av det deklarete produktet og ble samlet inn for EPD-utvikling i det oppgitte året for studien. Bakgrunnsdata er basert på registrerte EPDer i henhold til EN 15804, Østfoldforskning sine databaser, ecoinvent og andre LCAdatabaser. Datakvaliteten for råmaterialene i A1 er presentert i tabellen nedenfor.

Materials	Source	Data quality	Year
Aggregate	Modified EcoInvent	Database	2012
SCM	TI, Denmark	EPD	2013
Reinforcement	AENOR EPD 001-001	EPD	2015
Aggregate	Østfoldforskning	Database	2016
Water	ecoinvent 3.4	Database	2017
Cement	NEPD-2276-1028-NO	EPD	2020

### Allokering:

Allokering er gjort iht. bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Miljøpåvirkning og ressursforbruk for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til det opprinnelige produktsystemet. Bearbeidingsprosessen og transport av materialet til produksjonssted er allokert til analysen i denne EPDen.

**Systemgrenser:**

Flytskjemaet nedenfor illustrerer systemgrensene for analysen:



**Teknisk tilleggsmasjon**

## LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Følgende informasjonen beskriver scenariene for modulene i EPDen.

### Transport fra produksjonssted til bruker (A4)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil	55,0 %	Lastebil med henger, EURO 6	50	0,022606	l/tkm	1,13
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

### Byggefase A5

.	Enhet	Verdi
Hjelpematerialer	kg	
Vannforbruk	m <sup>3</sup>	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
Materialer til avfallsbehandling	kg	
Støv i luft	kg	
VOC utslipp	kg	

### Monterte produkter i bruk (B1)

.	Unit	Value

### Vedlikehold (B2)/Reparasjon

.	Enhet	Verdi
Vedlikeholdsfrekvens*	.	
Hjelpematerialer	kg	
Andre ressurser		
Vannforbruk		
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
VOC utslipp	kg	

### Utskifting (B4)/Renovering (B5)

.	Enhet	Verdi
Utskiftingsfrekvens*	stk	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Utskifting av slitte deler	0	

\* Tall eller referanselevetid

### Driftsenergi (B6) og vannbruk (B7)

.	Enhet	Verdi
Vannforbruk	m <sup>3</sup>	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Utstyrets varmeeffekt	kW	

### Sluttfase (B8)

.	Enhet	Verdi
Farlig avfall	kg	
Blandet avfall	kg	
Gjenbruk	kg	
Resirkulering	kg	
Energigjenvinning		
Til deponi		

### Transport avfallsbehandling (C2)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Scenarier etter A1-A4 er ikke inkludert

## LCA: Resultater

LCA resultatene er presentert under for den deklarete enheten som er definert på side 2 av EPD dokumentet.

### Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklart, MNR=modul ikke relevant)

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

### Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
GWP	kg CO <sub>2</sub> -eq	8,67E+01	5,76E+00	1,16E+01	4,14E+00
ODP	kg CFC11 -eq	2,00E-06	1,09E-06	2,14E-06	8,50E-07
POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq	1,16E-02	2,54E-03	1,84E-03	6,47E-04
AP	kg SO <sub>2</sub> -eq	8,21E-02	7,32E-02	4,30E-02	1,07E-02
EP	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq	4,69E-02	6,87E-03	1,03E-02	1,47E-03
ADPM	kg Sb -eq	-2,10E-04	6,62E-06	1,61E-05	9,85E-06
ADPE	MJ	3,55E+02	8,55E+01	1,69E+02	6,79E+01

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
RPEE	MJ	9,68E+01	1,77E+00	7,03E+01	1,24E+00
RPEM	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TPE	MJ	9,68E+01	1,77E+00	7,03E+01	1,24E+00
NRPE	MJ	3,67E+02	8,87E+01	1,75E+02	7,01E+01
NRPM	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TRPE	MJ	3,67E+02	8,87E+01	1,75E+02	7,01E+01
SM	kg	4,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
RSF	MJ	1,20E+02	0,00E+00	1,08E-02	0,00E+00
NRSF	MJ	1,47E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
W	m <sup>3</sup>	1,26E+00	1,61E-02	1,81E-01	1,66E-02

RPEE Renewable primary energy resources used as energy carrier; RPEM Renewable primary energy resources used as raw materials; TPE Total use of renewable primary energy resources; NRPE Non renewable primary energy resources used as energy carrier; NRPM Non renewable primary energy resources used as materials; TRPE Total use of non renewable primary energy resources; SM Use of secondary materials; RSF Use of renewable secondary fuels; NRSF Use of non renewable secondary fuels; W Use of net fresh water

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
HW	kg	1,29E-01	4,95E-05	9,75E-05	3,74E-05
NHW	kg	1,11E+01	4,26E+00	1,36E+02	6,40E+00
RW	kg	INA*	INA*	INA*	INA*

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

### Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer (End of life - Output flow)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	2,21E+00	0,00E+00	2,46E+00	0,00E+00
MER	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*
ETE	MJ	INA*	INA*	INA*	INA*

CR Components for reuse; MR Materials for recycling; MER Materials for energy recovery; EEE Exported electric energy; ETE Exported thermal energy

"Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0\*10<sup>-3</sup> = 0,009"

\*INA Indicator Not Assessed

## Norske tilleggskrav

### Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmiks fra import, lavspenning (inkludert produksjon av overføringslinjer, i tillegg til direkte utslipp og tap i nett) er brukt for anvendt elektrisitet i produksjonsprosessen (A3). Bakgrunnsdata er presentert i tabellen under. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet.

Elektrisitetmiks	Datakilde	Mengde	Enhet
El-mix, Norway (kWh)	ecoinvent 3.4	31,04	g CO <sub>2</sub> -ekv/kWh

### Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten.

### Inneklima

## Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III  
 NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer  
 NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner  
 ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works  
 ecoinvent v3, Allocation, cut-off by classification, Swiss Centre of Life Cycle Inventories .  
 Iversen et al., (2018) eEPD v3 .0 - Background information for EPD gen. system. LCA.no OR 04.18  
 Vold et al. (2014) EPD-generator for betongindustrien, bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14, Østfoldforskning, NPCR Part A: Construction products and services. Ver. 1.0. April 2017, EPD-Norge.

 <b>epd-norge.no</b> The Norwegian EPD Foundation	<b>Programoperatør og utgiver</b> Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner PostBoks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo, Norge	Telefon: +47 23 08 80 00 e-post: post@epd-norge.no web: www.epd-norge.no
 HEIDELBERGCEMENT Group	<b>Eier av deklarasjon</b> Contiga AS Postboks 70, 1501 Moss 1501 Moss	Telefon: +47 69 24 46 00 e-post: rune.loken@contiga.no web: www.contiga.no
	<b>Forfatter av livsløpsrapporten</b> Østfoldforskning AS Stadion 4 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 69 35 11 00 e-post: post@ostfoldforskning.no web: www.ostfoldforskning.no
	<b>Utvikler av EPD-generator</b> LCA.no AS Dokka 1C 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 916 50 916 e-post: post@lca.no web: www.lca.no