

Marius Huse og Lena Furseth

Klimagevinst ved ombruk?

Kan en oppnå klima gevinster ved å gjenbruke bærende konstruksjoner av betong? Og vil det være lønnsomt?

Bacheloroppgave i Bærekraftige byggeprosesser

Veileder: Jan Steinar Egenes

Desember 2021

Marius Huse og Lena Furseth

Klimagevinst ved ombruk?

Kan en oppnå klima gevinster ved å gjenbruke bærende konstruksjoner av betong? Og vil det være lønnsomt?

Bacheloroppgave i Bærekraftige byggeprosesser
Veileder: Jan Steinar Egenes
Desember 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Klimagevinst ved ombruk?

Kan en oppnå klima gevinster ved å gjenbruke bærende konstruksjoner av betong? Og vil det være lønnsomt?



Marius Huse og Lena Furseth

Oppgavens tittel:	Dato: 01.12.2021
Klimagevinst ved ombruk ?	Antall sider: 54 [sider]
Navn:	Masteroppgave: <input type="checkbox"/> Bacheloroppgave <input checked="" type="checkbox"/>
Lena Furseth og Marius Huse	
Veileder:	
Jan Steinar Egenes	
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere:	
Ikke aktuelt	
Sammendrag:	
<p>Formålet med denne oppgaven er å undersøke i hvilke grad det lønner seg å gjenbruke den bærende betongkonstruksjonen i en bygning fremfor å rive og bygge nytt. I valg av problemstilling har vi lagt vekt på studiets hovedmål: «Bærekraft som begrep og den betydning det har for byggebransjen», og de utfordringer bygge- og anleggsnæringen står ovenfor i henhold til klimagassutslipp.</p> <p>Vi har hatt som mål å se på effekten av å forlenge levetiden til den bærende betongkonstruksjonen til en bygning fra 60 til 120 år. Gruppen har tatt utgangspunkt i en kjent bygningsmasse (Lærerskolen på Landås i Bergen) for å skaffe grunnlagsdata. Med dette tallgrunnlaget som referanse, har vi utformet to scenarier for å belyse de miljø- og klima effektene et slikt gjenbruk medfører. Gruppen har i tillegg utført en livssyklusanalyse for å se på de mulige økonomiske konsekvensene ved en slik tilnærming.</p> <p>Resultatet er satt i sammenheng med relevant teori, og selv om det knytter seg usikkerhet til resultatet, er det konkludert med at dette viser at det vil være en betydelig miljø- og klimagevinst ved å gjenbruke den bærende betongkonstruksjonen. Den økonomiske gevinsten vil derimot være så beskjeden at det fra et økonomisk synspunkt ikke vil være å anse som verdt risikoen. Dette da rehabilitering er forbundet med en mengde usikkerhetsmomenter.</p>	

Stikkord:

Klimagassutslipp
Sirkulærøkonomi
Ombruk
LCC-analyse

Lena Furseth
(sign.)

Marius Huse
(sign.)

Sammendrag

Formålet med denne oppgaven er å undersøke i hvilke grad det lønner seg å gjenbruke den bærende betongkonstruksjonen i en bygning fremfor å rive og bygge nytt. I valg av problemstilling har vi lagt vekt på studiets hovedmål: «Bærekraft som begrep og den betydning det har for byggebransjen», og de utfordringer bygge- og anleggsnæringen står ovenfor i henhold til klimagassutslipp.

Vi har hatt som mål å se på effekten av å forlenge levetiden til den bærende betongkonstruksjonen til en bygning fra 60 til 120 år. Gruppen har tatt utgangspunkt i en kjent bygningsmasse (Lærerskolen på Landås i Bergen) for å skaffe grunnlagsdata. Med dette tallgrunnlaget som referanse, har vi utformet to scenarioer for å belyse de miljø- og klima effektene et slikt gjenbruk medfører. Gruppen har i tillegg utført en livssyklusanalyse for å se på de mulige økonomiske konsekvensene ved en slik tilnærming.

Resultatet er satt i sammenheng med relevant teori, og selv om det knytter seg usikkerhet til resultatet, er det konkludert med at dette viser at det vil være en betydelig miljø- og klimagevinst ved å gjenbruke den bærende betongkonstruksjonen. Den økonomiske gevinsten vil derimot være så beskjeden at det fra et økonomisk synspunkt ikke vil være å anse som verdt risikoen. Dette da rehabilitering er forbundet med en mengde usikkerhetsmomenter.

Abstract

The purpose of this thesis is to investigate the extent to which it is profitable to reuse the load-bearing concrete structure in a building rather than demolish and build a new construction. In choosing the problem, we have emphasized the study's main goal: "Sustainability as a concept and the significance it has for the construction industry", and the challenges the construction industry faces in terms of greenhouse gas emissions.

We have aimed to look at the effect of extending the life of the load-bearing concrete structure of a building from 60 to 120 years. The group is based on a known building stock (Lærerskolen på Landås in Bergen) to obtain basic data. With this numerical basis as a reference, we have designed two scenarios to shed light on the environmental and climate effects that such reuse entails. The group has also carried out a Life-cycle cost analysis to examine the possible financial consequences of such an approach.

The result is set in the context of relevant theory, and although there is uncertainty associated with the result, it has been concluded that this shows that there will be a significant environmental, as well as climatic benefit from reusing the load-bearing concrete structure. The financial gain on the other hand, will be so modest that from an economic point of view, it will not be considered worth the risk. This is because rehabilitation is associated with a number of uncertainties.

Forord

Denne bacheloroppgaven markerer avslutning på deltidsstudiet Bærekraftige byggeprosesser ved fakultet for ingeniørvitenskap ved NTNU Gjøvik. Oppgaven tilsvarer 20 studiepoeng, og er utarbeidet høsten 2021.

Vi har nå tilbakelagt en særdeles spennende og lærerik tid. Prosessen har utfordret oss faglig, og fått oss til å fordype oss i og vurdere problemstillinger som har utvidet vår forståelse av de utfordringer som verden generelt og byggenæringen spesielt står ovenfor i dag. Det har vært et krevende stykke arbeid, men med desto større gevinst! Den utvidede forståelsen vil komme oss til nytte både personlig og faglig.

En spesiell takk rettes til prosjektleder Johnny Berg i Bergen kommune for tilgang til dokumentasjon som har vært til uvurderlig hjelp dette arbeidet, vår veileder Jan Steinar Egenes ved NTNU-Gjøvik, korrekturleser Silje Narum Paulsber. Og til sist, men ikke minst til våre familier som har stått ut med oss i denne noe hektiske tiden!

Oslo og Bergen, 30.november 2021

Marius Huse og Lena Furseth

Innholdsfortegnelse

Definisjoner og begreper.....	IX
--------------------------------------	-----------

1 Innledning.....	1
--------------------------	----------

1.1 <i>Samfunnsperspektiv</i>	1
-------------------------------------	---

1.1.1 FNs Bærekraftmål.....	1
-----------------------------	---

1.1.2 FNs klimarapport	3
------------------------------	---

1.1.3 Parisavtalen	5
--------------------------	---

1.2 <i>Problemstilling</i>	6
----------------------------------	---

1.3 <i>Avgrensing</i>	6
-----------------------------	---

2 Metode	8
-----------------------	----------

2.1 <i>Valg av metode.....</i>	8
--------------------------------	---

2.2 <i>Case.....</i>	9
----------------------	---

2.2.1 Lærerskolen på Landås.....	10
----------------------------------	----

2.2.2 Innhenting av prosjektets dokumentasjon	11
---	----

2.3 <i>Datagrunnlag.....</i>	12
------------------------------	----

2.3.1 Identifisere konstruksjonens omfang.....	12
--	----

2.3.2 Identifisere konstruksjonens klimagassutslipp	15
---	----

2.3.3 Norsk prisbok.....	16
--------------------------	----

2.3.4 Klimagassberegninger	17
----------------------------------	----

2.4 <i>Livssyklus kostnader for byggverk. Prinsipper og klassifisering - NS 3454:2013.....</i>	19
--	----

3 Teori.....	23
---------------------	-----------

3.1 <i>Myndighetenes klimaarbeid</i>	23
--	----

3.1.1 Samfunnsøkonomisk analyse av avfallshåndtering i BAE-næringen .	24
---	----

3.1.2 Klimabaserte energikrav til bygg – Høring	25
---	----

3.1.3 Ombruk av byggevarer - Høring	26
---	----

3.2 <i>CO₂-ekvivalent.....</i>	27
---	----

3.3	<i>Sirkulær økonomi</i>	28
3.4	<i>Avfall i byggebransjen</i>	28
3.5	<i>Gjenbruk i byggenæringen</i>	30
3.6	<i>Livssyklus kostnader for byggverk</i>	31
3.7	<i>Klimagassberegninger for bygninger</i>	31
3.8	<i>Underlag for investeringskostnadene</i>	33
3.9	<i>Miljødeklarasjon/EPD</i>	33
3.10	<i>Betong som konstruksjonsmateriale</i>	34
4	Resultater/Funn	35
4.1	<i>Mengde</i>	35
4.2	<i>Norsk prisbok</i>	36
4.3	<i>Klimagassberegning</i>	37
4.4	<i>Livssyklus kostnader</i>	39
4.5	<i>Avfall</i>	41
5	Diskusjon	41
5.1	<i>Avfall</i>	42
5.2	<i>Livsyklus kostnader</i>	43
5.3	<i>Klimagassutslipp</i>	44
5.4	<i>Sirkulær økonomi</i>	45
6	Konklusjon	47
7	Vedlegg	49
8	Referanseliste	50

Figurliste

Figur 1 Fremstilling av med og uten menneskelig innvirkning (FNs Klimapanel, 2021)	4
Figur 2 Digital modell av bygningsmassen	12
Figur 3 Dekker i betong trekkes ut av modellen	13
Figur 4 Søyler av betong trekkes ut av modellen	14
Figur 5 - Kilde: NS 3454, Tabell 1, s. 5	19
Figur 6 – Kilde: NS 3454, figur 3, s. 8	20
Figur 7 – Kilde: NS 3454, figur 2, s. 6	21
Figur 8 – Kilde: NS 3454, figur 3, s. 8	22
Figur 9 - Kilde: NS 3454, Figur 3, s. 8	22
Figur 10 Sirkulær økonomi (Klima- og miljødepartementet, 2020)	28
Figur 11 Utvikling av avfallsmengde (Skjerpen, 2021)	29
Figur 12 Oversikt avfall i byggebransjen (SSB, 2021)	30
Figur 13 - Kilde; NS 3720, figur 2, s. 10	32

Definisjoner og begreper

Annuitetsfaktor	Faktor for utregning av summen av renter og avdrag ved annuitetslån
Annuitetslån	Lån, inkl. renter som nedbetales med tilsvarende terminbeløp i låneperioden
BAE	Bygg, anlegg og eiendom
BIM-modell	Building information modell
BTA	Bruttoareal
CO₂-Ekvivalent	Målenhet for utslipp av klimagasser
Diskoteringsfaktor	Faktor for beregning av nåverdi av en kroneverdi
EPD	Environmental product declaration / miljødeklarasjon
GWP	Global Warming Potential, globalt oppvarmingspotensial (Miljødirektoratet, 2021)
GWP_{100 X}	Global Warming Potential, globalt oppvarmingspotensial i et 100 års perspektiv for klimagass X (Miljødirektoratet, 2021)
IFC-fil	Industry foundation classes, fil for lesing av BIM-modeller
Kalkulasjonsrente	Rente for beregning av nåverdiberegning eller investeringsanalyser
Karbonsisering	Inntrengning av karbondioksid i betong
Klimagasser	Gasser som påvirker klimaet ved å virke inn på jordens og atmosfærens strålingsbalanse (Standard Norge, 2018)
KMD	Kommunal- og moderniseringsdepartementet
LCA-livsløpsvurdering	Sammenstilling og evaluering av inngangsfaktorer, utgangsfaktorer og de potensielle miljøpåvirkningene til et produkt eller system gjennom dets livsløp (Standard Norge, 2018)
LCC	Life cycle costs/Livssyklus-kostnader
LM	Løpemeter
Ombygging	Arbeider for å oppgradere eller endre en bygnings eller et anleggs egenskaper/funksjoner eller arealbruk (Standard Norge, 2018)
Passivhus	Hus med passive tiltak for å redusere energibehovet (Tekna, 2021)
Pbl	Plan- og bygningsloven
SAK10	Byggesaksforskriften av 2010
Systemgrense	Grensesnitt mellom det som omfattes og det som ikke omfattes av beregningen (Standard Norge, 2018)
TEK17	Byggeteknisk forskrift av 2017
SAK10	Byggesaksforskriften av 2010
U-verdi	Angir en bygningsdels varmeisolerende evne (Bygg og Bevar, 2021)
Årskostnad	Annuiteten av nåverdien av kostandene NV_t i analyseperioden (Standard Norge, 2013)

1 Innledning

1.1 Samfunnsperspektiv

Menneskeheten står ovenfor et avgjørende tiår og vi som menneskehet er nødt til å utvikle metoder som effektivt redusere klimagassutslippene, avfallsmengde, og utnytter de nåværende ressursene på best mulig måte. Denne tilnærmingen ligger til grunn for valget av denne oppgavens problemstilling, hvor vi forsøker å utrede i hvilke grad det å bevare og ombygge fremfor å rive kan gi gevinst, og i så tilfelle i hvilken grad?

1.1.1 FNs Bærekraftsmål

FN har utarbeidet 17 mål med tilhørende delmål som en felles global arbeidsplan i kampen mot fattigdom, ulikheter og klimaendringer. FNs bærekraftsmål nr. 12 og 13 er spesielt relevante klimamålsettinger i henhold til problemstillingen i denne rapporten. Vi trekker spesielt frem følgende delmål:



FNs bærekraftsmål nr. 12, ansvarlig forbruk og produksjon:

- 12.2 – Innen 2030 oppnå bærekraftig forvaltning og effektiv bruk av naturressurser
- 12.5 – Innen 2030 redusere avfallsmengden betydelig gjennom forebygging, reduksjon, materialgjenvinning og ombruk



FNs bærekraftsmål nr. 13, stoppe klimaendringene:

- 13.2 – Innarbeide tiltak mot klimaendringer i politikk, strategier og planlegging på nasjonalt nivå

(FN, 2021)

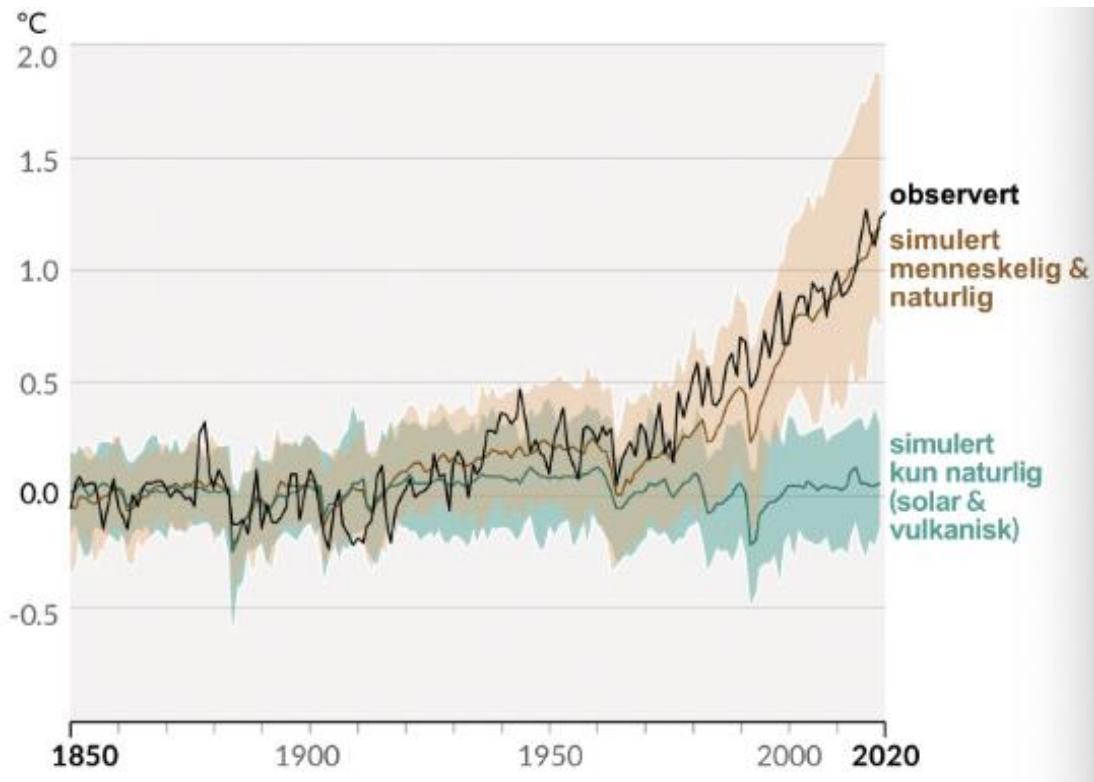
1.1.2 FNs klimarapport

For å kartlegge jordens klimaendringer har FN satt sammen et panel som pr. 07.10.21 består av 195 medlemmer. Panelet er politisk nøytralt og objektivt, men resultatet av deres arbeid skal kunne danne grunnlag for politiske avgjørelser. Mer enn 700 ledende eksperter har bidratt til å skrive klima-rapportene som panelet har fremlagt. (Miljødirektoratet, 2021)

FNs klimapanel la 09.08.21 frem sin til nå siste rapport, delrapport 1 «Fysiske klimaendringer». Rapporten tegner et mørkt bilde av dagens situasjon. Eller skulle vi heller si et «rødt bilde»? FNs generalsekretær António Guterres har ifølge flere medier, blant annet WWF Verdens naturfond, gått så langt at han omtaler klimarapporten som en «Kode Rød for menneskeheten» (WWF, 2021).

Rapporten viser tydeligere enn noensinne at nå er det alvor! At den retning menneskeheten har tatt i betydelig grad skader jorden, og at det haster med tiltak. Til nå har temperaturen steget med omtrent 1,1 °C, målt fra nullpunktet som er gjennomsnittstemperaturen fra perioden 1840-1900 (førindustriell tid). De klimaendringer som måles i dag, er ifølge rapporten uten sidestykke gjennom flere tusen år. Mengden klimagasser i atmosfæren er fremdeles økende, og konsentrasjonen av CO₂ er høyere enn på to millioner år! Det blir tydelig presisert i rapporten at det er dokumentert at de klimaendringene vi har registrert siden førindustriell tid, uten tvil er menneskeskapte.

Den vitenskapelige vurderingen av den globale temperaturutviklingen er i rapporten fremstilt grafisk. Her ser vi at simuleringer viser at uten menneskelig påvirkning ville utviklingen over tid vært tilnærmet flat, vist i figuren under som grønt felt. Simulasjon som inkluderer menneskelig påvirkning er framstilt med brunt felt. Som vi ser sammenfaller dagens målte situasjon, framstilt med sort kurve, med den simulerte menneskepåvirkede simulering, noe som tydelig bekrefter at dagens situasjon kommer som følge av menneskelig aktivitet.



FIGUR 1 FREMSTILLING AV MED OG UTEN MENNESKELIG INNVIRKNING (FNS KLIMAPANEL, 2021)

Som en følge av at temperaturen stiger, stiger også havet. Ikke bare smelter landisen på polene, men vannet i havet utvider seg også når temperaturen stiger. Konsekvensen av dette er ifølge rapporten at havet vil stige med mer enn en halv meter, og kanskje så mye som en meter innen utgangen av dette århundre. Hvor mye avhenger av hvor mye klimagasser vi frigjør til atmosfæren. Rapporten er tydelig på at klimaendringene påvirker alle deler av jordkloden.

Utslippene beskrives videre som hoved-drivere til de menneskeskapte klimaendringene som er observert. Det blir i rapporten presentert et såkalt «Karbonbudsjett». Dette er et estimat av hvor mye utslipp vi har «til gode» fordelt på beregnede temperaturendringer, og vil være et vesentlig verktøy for å holde orden på om vi er i balanse eller overstiger de utslipp som er satt som grenseverdier. At alle land har et bevisst forhold til, og registrerer og rapporterer sine utslipp, er derfor avgjørende for å lykkes. Rapporten bruker også begrepet «Netto null utslipp» som viser til at det er nødvendig å balansere totalutslippene av klimagasser da vi ikke vil klare å nå de nødvendige målene ved å

alene begrense dagens utslipp. Balansen oppnås gjennom menneskeskapt fjerning av CO₂ fra atmosfæren og vil være avgjørende for å stabilisere den menneskeskapt oppvarmingen og nå de målsetninger som er satt. I vår besvarelse skal vi se nærmere på klimagassutslipp knyttet til byggenæringen, men går ikke videre inn på hvordan fange CO₂ fra atmosfæren.

Global oppvarming, som er konsekvensen av utslippene av klimagasser, vil ifølge rapporten føre til økt nedbør i takt med temperaturøkningen. I løpet av de neste 20 årene er det forventet at middeltemperaturen når eller overskride 1,5 °C. Det vises videre til at ekstremværhendelser vil øke i hyppighet i takt med at temperaturen stiger, og at det er tydelig korrelasjon mellom disse. I tillegg vil de ekstreme hendelsene øke i intensitet og styrke, ikke bare hyppighet.

Det er understreket i rapporten at klimapanelet ikke gir anbefalinger, men gir den vitenskapelige vurderingen av tilgjengelige data. Samtidig er det lagt vekt på at våre videre handlinger er avgjørende for fremtiden (FNs Klimapanel, 2021). Hvordan vi lever og de valgene vi tar i den nærmeste fremtid har dermed stor betydning for om, og kanskje helst når vi kan klare å snu den negative trenden.

1.1.3 Parisavtalen

Parisavtalen er en internasjonal klimaavtale, hvor mer eller mindre alle FNs medlemsland har forpliktet seg til å bidra til å redusere sine klimagassutslipp, 189 av 197 av FNs medlemsland har akseptert avtalen per september 2020. Avtalen har som formål å «styrke den globale responsen på trusselen klimaendringene utgjør», og har et tallfestet mål om å begrense den globale oppvarmingen til 2°C, og helst 1,5°C (Jakobsen, et al., 2021). Og denne grenseverdien på 1,5 °C har altså FN nylig estimert at vi vil nå i løpet av de neste 20 år! Det er dermed ikke vanskelig å forstå hvorfor FNs generalsekretær erklærer «kode rød for menneskeheten».

Norge har som del av Parisavtalen, forpliktet seg til å melde inn oppdaterte klimamål hvert 5. år, og har meldt inn en målsetning om å redusere klimagassutslippene med

«minst 50 prosent og opp mot 55 prosent sammenlignet med 1990-nivå» frem til 2030 (Klima- og miljødepartementet, 2020).

1.2 Problemstilling

Ved valg av problemstilling har gruppen lagt vekt på at den skal være knyttet mot ett av studiets hovedmål: «Bærekraft som begrep og den betydning det har for byggebransjen». Men like viktig for valget har det vært at undersøkelsene som skulle gjennomføres ville gi svar på tankevekkende spørsmål som gruppen satt med. Slik sikret vi at arbeidet ble drevet frem av genuin interesse. Følgende problemstilling ble derfor valgt:

Kan man oppnå klima- og økonomisk gevinst ved å gjenbruke/ombygge de bærende konstruksjonene i et bygg fremfor at disse rives og et komplett nybygg oppføres?

1.3 Avgrensing

Vi har valgt å se på effekten av å forlenge levetiden til den bærende konstruksjonen fra dimensjonerende 60 år, til 60 + 60 år. Vi har lagt bygningsmassen til Lærerskolen på Landås til grunn, men frigjør oss fra selve prosjektet og konstruerer to fiktive scenarioer. Lærerskolen på Landås fungerer dermed som referansebygg. Dette for å forenkle beregningene da det å kalkulere kostnader for oppføring av en bygningsmasse ikke bare langt tilbake i tid, men også konstruert på forskjellige tidspunkter, fremsto som en umulig oppgave. Vi har derfor tatt utgangspunkt i at konstruksjonen svarer til det i referansebygget, men bygges med de standardiserte dimensjoner som benyttes i 2021. Problemstillingen er derfor utredet basert på følgende to scenario:

1. Oppføring av et undervisningsbygg i år 2021 med dimensjonerende levetid på 60 år. Bygget vil deretter rives til grunnen og et nytt undervisningsbygg oppføres. Samlet levetid og bruk er 120 år.

2. Oppføring av et undervisningsbygg i år 2021 med dimensjonerende levetid på 60 år. Undervisningsbygget forutsettes modernisert/totalrehabilitert etter 60 år (2081), der de bærende konstruksjonene bevares og gjenbrukes. Samlet levetid og bruk er 120 år.

Utredningen av de ulike scenarioene er basert på ombruk av de bærende betongkonstruksjonene; gulv på grunn, dekker/etasjeskillere, søyler, bjelker og vegger. Forutsetningen er basert på kjent datamengde og informasjon, og denne utelukker informasjon om grunnarbeider og fundament. Fundamentene er av den grunn ikke vurdert i oppgaven. Det understrekes at en betydelig del av den bærende konstruksjonen dermed er utelatt fra beregningene, noe som vil føre til en underrapportering av en eventuell effekt.

Kalkulasjonsrenten som er lagt til grunn ved beregningen av livsykluskostandene utgjør 5 %. Tilsvarende prosentsats er benyttet ved beregningen av livsykluskostandene ved begge de ulike scenarioene som er sammenstilt.

I «scenario 2» er det forutsatt at de bærende konstruksjonene «ombygges» i analyseperiodens år 60. Ombyggingen er i oppgaven forutsatt å utgjøre 20 % av den opprinnelige investeringskostnaden. Valget og fastsettelsen av denne prosentsatsen er usikker, og det er flere forhold som i praksis vil ha innvirkning på den faktiske kostnaden. Blant annet vil den planlagte bruken (og ev. endringer ved bruken?) og ønsket fleksibilitet etter ombyggingen påvirke behovet og omfanget av de nødvendige ombyggingsarbeidene. Gruppen har ikke funnet kjent grunnlag som stadfester hva disse kostnadene utgjør, og har derfor vurdert en prosentandel på 20 % av investeringskostnaden som et fornuftig anslag. Dette er dermed lagt til grunn ved analyser av livssykluskostnader (LCC-analyse).

Mengdeuttakene som danner grunnlag for å beregne materialforbruk, er basert IFC-filen som er gjort tilgjengelig for gruppen: «P800 - Landåssvingen 15 _Exact scannet modell #4 2021-10-06 0901». Gruppen har forutsatt at den digitale modellen, slik denne foreligger, omfatter de eksisterende konstruksjonene som skal beholdes, og som er ment

å danne grunnlaget for den videre prosjekteringen. Mengdeuttaket er dermed benyttet «as-is» i gruppens videre utredninger.

Beregningen av klimagassutslippene for de ulike scenarioene er basert på data innhentet fra relevante EPDer for betong og kamstål, samt Norsk prisbok. Klimagassdataene oppgitt i norskprisbok.no er utelukkende benyttet ved beregningen av klimagassutslippet tilknyttet fasen «A5» iht. NS3720, figur 2, s. 10 (Standard Norge, 2018). Øvrige faser er beregnet med bakgrunn i tilgjengelig EPD-data. En nærmere redegjørelse for gjennomføringen av klimagassberegningene er beskrevet under kapittelet «2 metode», videre er eksempler vist under kapittelet «4 Resultater/Funn».

Prisstigning: Gruppen har i forbindelse med beregningen av livssyklusstandene valgt å ikke beregne prisstigning i analyseperiodene for de ulike scenarioene. Bakgrunnen for dette valget er den generelle usikkerheten som ligger i å forsøke å forutse den økonomiske utviklingen i fremtiden. Samtidig er begge de ulike alternativene tillagt tilsvarende forutsetninger med hensyn til prisstigning. Dersom gruppen hadde forutsatt en antatt prisstigning i beregningene, ville dette resultert i økt økonomisk gevinst ved scenario 2.

2 Metode

I dette kapittel presenteres oppgavens arbeidsmetodikk. Vi går nærmere inn på valg av metode, valg av case og gjennomføringen som ligger til grunn for utredningen av problemstillingen.

2.1 Valg av metode

Det er to metoder som benyttes innenfor akademisk forskningsteknikk, henholdsvis kvantitativ og kvalitativ metode. Kvalitativ metode bygger på tolkning av teoretiske data, kvantitativ metode bygger på tolkning av tallbasert data. Gruppen ønsket å gjøre en målbar studie av effekten av å utvide bærekonstruksjonens levetid fra 60 til 120 år, og

valget falt derfor på å gjennomføre en kvantitativ undersøkelse. Samtidig har vi hatt behov for å støtte oss til kjent teoretisk data som verktøy i fortolkning av betydningen av de funn vi gjorde, og sette disse to i sammenheng. Gruppen har derfor falt på valget å kombinere de to metodene i vår kartlegging.

2.2 Case

I valg av case, eller studieobjekt om du vil, har vi lagt vekt på at tiltakshaver skal være offentlig. Ikke bare er vi av den oppfattelse av at det offentlige ofte har mulighet til i større grad å være innovative, men vi vurderte det også dit hen at mulighetene for innsyn i dokumentasjon ville være enklere. Så feil skulle man altså ta, men det skal vi komme tilbake til.

Da vi begge er kommunalt ansatte, henholdsvis i Bærum og i Bergen, var det naturlig å se etter prosjekter nettopp i disse to kommunene. Følgende prosjekter er vurdert som case-studie for denne besvarelsen:

- Ballerud barneskole (Bærum)

Et prosjekt som per dags dato er i planleggingsfasen. Prosjektet utgjør en del av en større områderegulering på Ballerud i Bærum kommune, der det kan være aktuelt å planlegge nybygget for en fremtidig utvidelse med et påbygg. Et aktuelt case som ble vurdert å utrede i forbindelse med prosjektet var å se på muligheter for å oppnå fleksibilitet, og fremtidige muligheter i nybygg gjennom tilrettelegging av de bærende konstruksjonene.

- Lærerskolen på Landås (Bergen)

Et pågående rehabiliteringsprosjekt med gjenbruk og ombruk i fokus. Bygget i 1963, utvidet i 1995. En bygningsmasse fordelt på flere bygninger med inntil 4 etasjer over 18 362 m².

- Aasgården (Bergen)

Aasgården ble bygget i 1938 og var opprinnelig et bygg i 3 etasjer. På 70 ble det lagt til ytterligere 3 etasjer. I 2009 startet nok en renovering. All innmat i det da 6 etasjers store bygget ble revet, og kun skallet sto igjen ifølge bygg.no.

Bygget fikk ytterligere to etasjer og har i dag et samlet areal på ca. 23.000 kvm. Den siste renoveringen ble ferdigstilt i 2012.

Å vurdere hvordan et nybygget til Ballerud skole kan prosjekteres med en bærende konstruksjon som er fleksibel nok til å takle alle endringer de neste 60+60 år ville vært svært spennende. Og Aasgården som har vært gjennom ikke bare en, men to runder med totalrenovering virket også veldig forlokkende å fordype seg i. Men valget falt til sist på Lærerskolen på Landås. Vi vurderte dette som det mest innovative av prosjektene vi overveide, da ombruk og gjenbruk har fått en svært fremtredende rolle.

Casescenarioet i oppgaven tar utgangspunkt i prinsippet om gjenbruk av de bærende betongkonstruksjonene i et bygg; gulv på grunn, dekker/etasjeskillere, søyler, bjelker og vegger, og slik utvide forventet levetid fra 60 til 120 år. De ulike scenarioene er spesifiserte i avsnittet «1.3 Avgrensinger».

2.2.1 Lærerskolen på Landås

Det endelige valget falt som nevnt til slutt på Lærerskolen på Landås. Bergen kommune opplyser på sine hjemmesider at den tidligere Lærerskolen skal bygges om til inkluderingssenter, og beskrives som et pilotprosjekt for arkitektur og menneskerettigheter. Bygningsmassen skal romme opplæringscenter for voksne, med plass til 1500 elever, introduksjonscenter, og Etat for inkludering. Det er lagt særlig vekt på at arkitekturen både inne og ute skal ivareta menneskeverd og respekt for menneskerettigheter. Arkitekturen er dermed et aktivt virkemiddel til å bekjempe diskriminering og bygge oppunder likestilling. Dette være seg forskjeller i kulturer, religioner, kjønnsuttrykk, funksjonsgrad, alder, seksuell legning osv.

Men det som fanget gruppens interesse var at dette prosjektet har et høyt fokus på bevaring, gjenbruk og ombruk. Den opprinnelige bygningsmassen er fra 1963 med et påbygg fra 1995, går over 4 etasjer og har et areal på 18 362 m². Ombyggingen har ifølge Bergen kommune hatt stort fokus på bevaring og gjenbruk. Bygningsmassen skal strippest ned til betongkonstruksjonen før den bygges opp igjen.

Prosjektet som hadde oppstart i 2019 har en investeringsramme på 931 millioner kroner og er planlagt ferdigstilt i januar 2024, men med åpning allerede høsten 2023. Da skal bygningsmassen møte dagens tekniske standard og være et passivhus med tilnærmet nullutslipp (Bergen kommune, 2020).

2.2.2 Innhentning av prosjektets dokumentasjon

Som vi har vært inne på tidligere ble lærerskolen på Landås valgt blant annet fordi det var et prosjekt i kommunal regi. Dette da informasjon ville være lett tilgjengelig grunnet offentlig innsynsrett. Nå viste det seg imidlertid at bygningsmassen til lærerskolen på Landås er gitt status som «skjermet». I avslag på innsyn er det ikke begrunnet hvorfor bygningsmassen er gitt denne status. At en bygning er skjermet betyr at tilgang til opplysninger om bygningen kun skal gis etter særskilt samtykke, og terskelen for å utlevere informasjon er ifølge Kartverket høy. En bygning vil blant annet være skjermet dersom den huser tilfluktsrom. (Kartverket, 2021) Nå har vi kontrollert at ingen av de 24 offentlige tilfluktsrommene i Bergen er registrert på denne adressen, så det må være andre årsaker til at nettopp denne bygningsmassen har status som skjermet. Dette har vi derimot ikke lagt videre energi i å finne årsaken til dette da det uansett ikke ville gitt oss tilgang til dataene vi var ute etter.

Med bakgrunn i dette tok vi derfor direkte kontakt med Bergen kommune og Johnny Berg, som er prosjektleder for ombyggingen, med spørsmål om det var mulig å få tilgang til tegninger av bygningsmassen. Tegningene ville vi trenge for å kartlegge det bærende systemet til bygningsmassen da denne var planlagt som grunnlag for våre to case. Det kan også nevnes at vi på dette tidspunktet hadde vært utenfor byggeplassen der rivningsarbeidet var godt i gang, og hadde derfor kunnet observere at bæresystemet besto av store mengder betong og dermed ville være ideell for vår problemstilling.

Prosjektleder for ombyggingen, Johnny Berg, fattet interesse for vår problemstilling og kunne gi oss tilgang til den nødvendige informasjonen, tilgangen kom med et ultimatum om tillatelse til å benytte vårt resultat i prosjektets sluttrapport, da dette var en problemstilling som ikke var utredet spesielt i prosjektet. Med bakgrunn i dette mottok

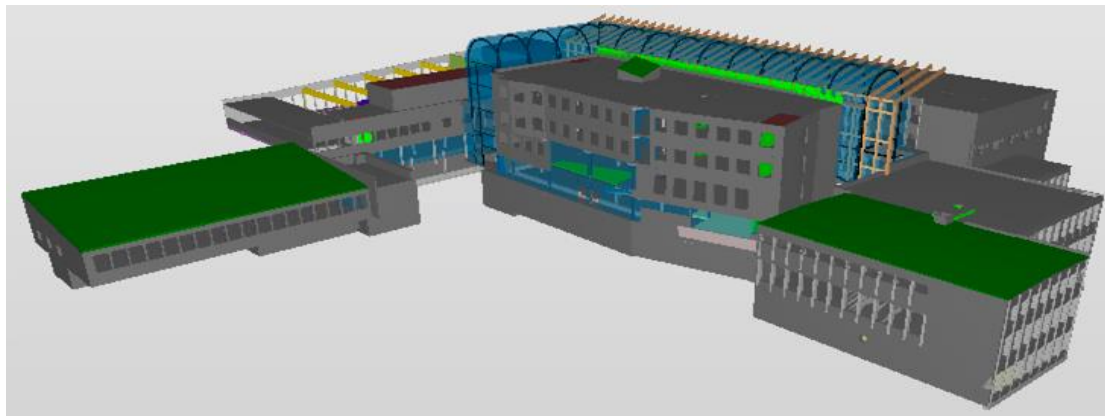
vi originaltegninger, skannet modell, samt 3D-modell (heretter omtalt som BIM-modell).

2.3 Datagrunnlag

Vi skal nå se litt nærmere på hvordan gruppen har samlet inn data som ligger til grunn for de beregninger som er utført.

2.3.1 Identifisere konstruksjonens omfang

Gruppen har som nevnt tidligere vært så heldige å få tilgang til BIM-modellen for referanseprosjektet Lærerskolen på Landås. BIM-modellen vi har mottatt er utarbeidet med bakgrunn i en skanning av den eksisterende bygningsmassen. Under vises et bilde av mottatt modell.



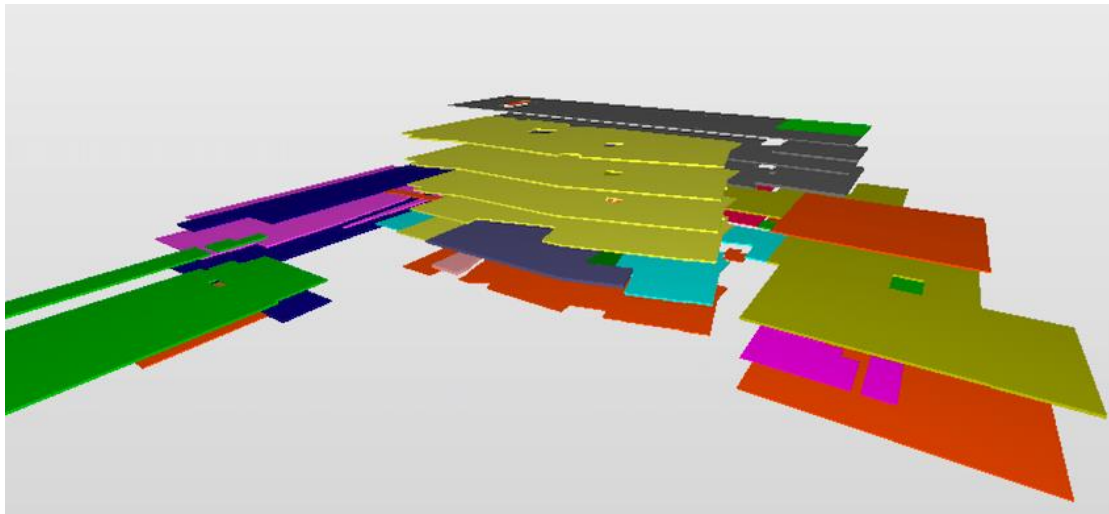
FIGUR 2 DIGITAL MODELL AV BYGNINGSMASSEN

Vi har benyttet BIM-modellen for mengdeuttak av de eksisterende betongkonstruksjonene; gulv på grunn, etasjeskiller/dekker, søyler, bjelker og vegger. Disse konstruksjonene er videre lagt til grunn for utredning av problemstillingen. Til å kartlegge omfanget av den bærende betongkonstruksjonen har gruppen benyttet Solibri og hentet mengdeuttak ved hjelp av funksjonen «Information takeoff» via 4 spørringer

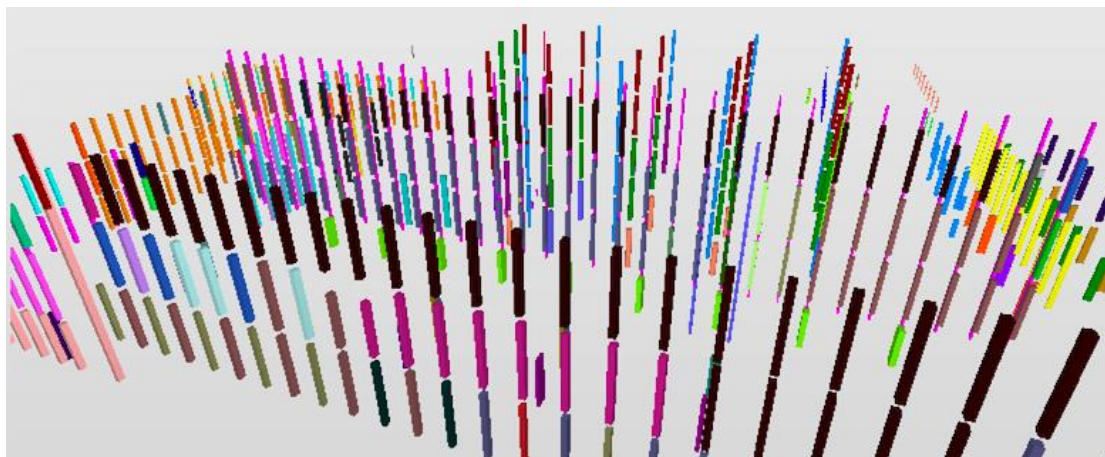
De fire spørringene er:

- Dekker
- Søylar
- Vegger
- Bjelker

Det har vært noe utfordrende å sikre at vi har uttak av de riktige komponentene og kun disse i vårt mengdeuttak. Elementene er nemlig klassifisert med fargekoder, noe som enkelt skal skille ulike elementer fra hverandre. Men som vi ser er det mange tilsynelatende like elementer som likevel er klassifisert ulikt. Dette kan delvis forklares av at bygningsmassen er oppført over tid i flere byggetrinn, og dermed kan ha ulike materialkomponenter og dimensjoner. Det er også mye informasjon i modellen som ikke er kjent for gruppen som kan være årsaken til merkingen, men det har gjort identifikasjonsarbeidet noe tidkrevende.

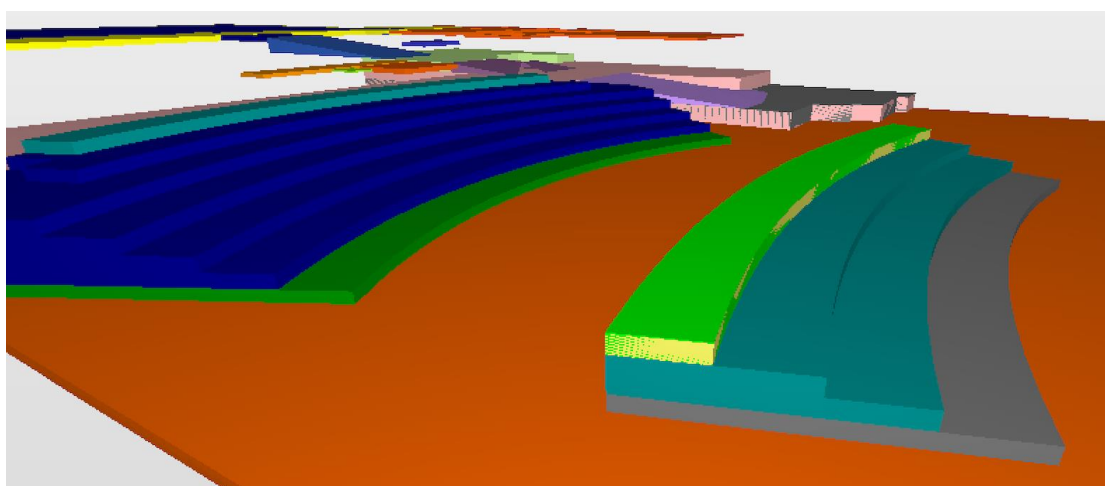


FIGUR 3 DEKKER I BETONG ER TRUKKET UT AV MODELLEN



FIGUR 4 SØYLER AV BETONG ER TRUKKET UT AV MODELLEN

Vi har hentet ut informasjon om lengder, tykkelser og bredder for å beregne den mengde betong den bærende konstruksjonen representerer. For å kvalitetssikre at vi har fått med de ønskede elementer har vi gjennom stikkprøver kontrollert at det ikke var inkludert elementer av andre materialer eller som tilhørte andre kategorier. Til eksempel er det i modellen trapper som er bygget opp som flere lag med dekker, se figur 5, dette vil vi tro skyldes det faktum at modellen er et resultat av skanning. Da vårt mål var å beregne gulvareal utført av betong, ville det å inkludere trappen slik den i modellen er fremstilt gitt utslag som avvikende areal, disse elementene er av den grunn fjernet fra utvalget. Dette for å sikre et så nøyaktig estimat som mulig.



FIGUR 5 EKSEMPEL PÅ ELEMENTER SOM ER TRUKKET UT AV VÅR BEREGNING

2.3.2 Identifisere konstruksjonens klimagassutslipp

Som tidligere nevnt er det benyttet EPDer som grunnlag for å identifisere mengden klimagassutslipp for de ulike fasene i livssyklusen til et byggverk. De ulike fasene er ytterligere forklart i kap. 3.7 «Klimagassberegninger for bygninger». Følgende EPDer er lagt til grunn i klimagassberegningen:

- Betong B30M60 - NEPD-2857-1551-NO_Betong B30M60
- Kamstål til bruk i betong - NEPD-2676-1376_Kamstal-til-bruk-i-betong

Dataene som er hentet fra de ulike EPD-ene er sammen med forbruket av betong og kamstål for konstruksjonene som er spesifiserte under kapittelet «3.8 Norsk prisbok», og prislinjene; 02.2.A.002, 02.2.A.012, 02.3.A.009 og 02.5.B003. Klimagassberegningene er utførte ved å kombinere dataen fra vårt mengdeuttak, norsk prisbok og EPD-dokumentasjonen.

EPD-dataen er deretter benyttet for beregning av klimagassutslipp for begge scenario for fasene; A1-A4, C1-C4 og D (Fasene A5 og B5 er beregnet med bakgrunn i tall hentet fra Norsk prisbok).

Følgende EPD-data er benyttet fra de aktuelle EPD-ene. Merk: dataen representerer et klimagassutslipp – GWP – pr. deklarererte enhet:

Betong B30M60 - NEPD-2857-1551-NO_Betong B30M60:

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4**
GWP	kg CO ₂ ekv	2,03E+002	1,17E+01	6,57E+00	3,61E+00
GWP*	kg CO ₂ ekv	203*	11,7*	6,57*	3,61*

*GWP: Klimagassutslipp presentert i desimaltall

**A4: oppgir et klimagassutslipp for 18 km transport

Kamstål til bruk i betong - NEPD-2676-1376_Kamstal-til-bruk-i-betong:

Parameter	Unit	A1	A4**	C1	C2	C3	C4	D
GWP	kg CO ₂ ekv	3,93E-01	1,02E-02	5,67E-02	1,02E-02	9,90E-04	1,04E-004	5,47E-02
GWP*	kg CO ₂ ekv	0,393*	0,0102*	0,0567*	0,0102*	0,000099*	0,000104*	0,547*

*GWP: Klimagassutslipp presentert i desimaltall

**A4: Oppgir et klimagassutslipp for 64 km transport

2.3.3 Norsk prisbok

Gruppen har benyttet «Norsk prisbok» ved utredningen av problemstillingen. Følgende «prislinjer» er benyttet og lagt til grunn i for de kvantitative beregningene som er utarbeidet i forbindelse med utredningen av problemstillingen:

Elementer > 02.0 Rivning, forberedende arbeider > 02.0.B Rivning av byggverksdeler

Nummer	Elementnavn	Mengde	Enhet	Enhetspris	CO ₂ /enh	ÅK/enh
02.0.B.005	Rivning av bæresystemer i betong- inkl. opplasting og bortkjøring	1	m ² BTA	58	2,94	30,84
02.0.B.006	Rivning av fasader tunge	1	m ²	558	1,21	30,84
02.0.B.007	Rivning av innervegger	1	m ²	432	0,98	23,86
02.0.B.008	Rivning av betongdekker	1	m ²	675	3,09	37,30

Elementer > 02.2.A Bæresystemer

Nummer	Elementnavn	Mengde	Enhet	Enhetspris	CO ₂ /enh	ÅK/enh
02.2.A.002	Søyle av betong, kvadratisk, 300 x 300 mm. 160 kg stål pr m ³ betong, B45	1	m	2 384	59,71	131,74
02.2.A.012	Bjelke av betong, b x h =300 x 500 mm, rektangulær. 160 kg stål pr m ³ betong, B45	1	m	2 871	100,03	158,61
02.3.A.009	Betongyttervegg over mark, t = 200 mm. REI 180. 100 kg stål pr m ³ betong, B30	1	m ²	2 408	89	133
02.5.B.003	Betongdekke, t = 220 mm. 120 kg armering pr m ³ betong, B30	1	m ²	1 879	114	104

«Elementnavn»: beskrivelsen av de ulike konstruksjonene angitt under kolonnen Elementnavn er i kombinasjon med data fra mengdeuttaket fra Solibri benyttet som grunnlag for beregningen av mengder og forbruk for betong og kamstål. Eksempelvis er forbruket av betong og kamstål for prislinjen 02.2.A.002 – Søyle av betong [...] beregnet som følger (merk: antall lm søylekonstruksjon fra mengdeuttak = 4146):

Antall m³ betong: $0,3\text{ m} * 0,3\text{ m} * 1,0\text{ m} = 0,09\text{ m}^3$ (forbruk betong pr. lm søyle)

Totalt m³ betong: $0,09\text{ m}^3 * 4146\text{ lm} = 373,10\text{ m}^3$

Antall kg kamstål: $160\text{ kg/m}^3 * 373,10\text{ m}^3 = 59696\text{ kg}$

Denne dataen, i kombinasjon med EPD-dataen for betong og kamstål er benyttet for beregning av klimagassutslipp.

«Enhetspriser»: enhetsprisen oppgitt i den enkelte prislinje er, i kombinasjon med mengdeuttaket fra Solibri, benyttet for beregning av investeringskostnaden for de ulike bærende konstruksjonene som er relevante ved utredningen av problemstillingen. Eksempelvis er prislinjen 02.2.A.002 – Søyle av betong [...] beregnet som følger (merk: antall lm søylekonstruksjon fra mengdeuttak = 4146):

$$\text{Pris: } 4146 \text{ lm} * 2384 \text{ kr/lm} = 9\ 883\ 015 \text{ kr}$$

Prisen utgjør del av investeringskostnaden i LCC-beregningen.

«CO₂e/ enh»: angivelsen av utslipp CO₂ ekvivalenter pr. enhet er benyttet for beregning av klimagassutslipp. Se kap. «3.7 LCC-analyse; klimagassberegninger» for eksempel.

«ÅK/ enh»: kolonnen angir en årskostnad pr. enhet for de ulike konstruksjonen. Dataen er ikke benyttet utover at den samlede årskostnaden er sammenlignet med egne beregninger av årskostnad i LCC-analysen.

2.3.4 Klimagassberegninger

Klimagassberegningen er utført med bakgrunn i NS 3720:2018. Gruppens problemstilling som, blant annet har omfattet å utrede klimagevinsten ved å gjenbruke de eksisterende bærende konstruksjonene, bestående av betong tilknyttet referanseprosjektet «Lærerskolen på Landås», har gjort det nødvendig å tilpasse sammenstillingen av de ulike fasene i standarden. Gruppen har dermed basert klimagassberegningen for de ulike scenariene på følgende stadier:

Scenario 1: A1-A3, A4-A5, C1-C4 og D

Scenario 2: A1-A3, A4-A5, B5, C1-C4 og D

Definisjonen av de ulike stadiene for livssyklusen til bygget fremkommer av «FIGUR 9», som er hentet fra NS 3720:2018 og gjengis ikke.

Følgende parameter og underlag er benyttet ved utførelsen av klimagassberegningene.

A1-A3: GWP-data fra EPD/miljødeklarasjon for følgende produkt; «Betong B30M60» og «kamstål for bruk i betong»:

A4: GWP-data fra EPD/miljødeklarasjon for følgende produkt; «Betong B30M60» og «kamstål for bruk i betong». De ulike EPD-ene oppgir data for transport i distanser på henholdsvis; 18km og 64 km. Klimagassutslippet er omregnet slik at transporten utgjør en distanse på 50 km for begge produktene.

Stadiet A4 – klimagassutslipp for transport i produksjonsfasen er beregnet som følger:

$$\text{Betong: } \frac{3,61 \text{ kg CO}_2\text{ekv} * 50 \text{ km}}{18 \text{ km}} = 10,03 \text{ kg CO}_2\text{ekv}$$

$$\text{Kamstål: } \frac{1,02 \text{ kg CO}_2\text{ekv} * 50 \text{ km}}{64 \text{ km}} = 0,0080 \text{ kg CO}_2\text{ekv}$$

A5: Klimagassberegningen for fasen er basert på CO₂-utslipp oppgitt i Norsk prisbok, samt mengdeberegningen gruppen har utført i forbindelse med BIM-modellen i Solibri.

B5: Klimagassutslippet tilknyttet ombyggingstiltaket i scenario 2, er forutsatt å utgjøre 20 % av det totale klimagassutslippet for oppføringen av bygningsmassen. Forutsetningen er gjort med bakgrunn i at det er vanskelig å forutse omfanget og behovet rundt et slikt ombyggingstiltak

C1-C4: GWP-data fra EPD/miljødeklarasjon for følgende produkt; «Betong B30M60» og «kamstål for bruk i betong»

D: GWP-data fra EPD/miljødeklarasjon for følgende produkt; «Betong B30M60» og «kamstål for bruk i betong»

Karbonopptak i betongkonstruksjonene i form av at betongen utsettes for karbonatisering, og følgelig opptar CO₂ fra atmosfæren, er ikke hensyntatt i klimagassberegningen. Bakgrunnen for at dette er at betongkonstruksjonene som er utredet; fundamenter, gulv på grunn, bæresystemet og dekkene utgjør konstruksjoner

innenfor byggets klimaskall. Følgelig er CO₂ eksponeringen begrenset, og vurdert som ubetydelig i utredningen.

2.4 Livssyklus kostnader for byggverk. Prinsipper og klassifikasjon - NS 3454:2013

Tabellen nedenfor er gjengitt fra standarden og angir relevante begreper og bokstavsymboler som benyttes i kalkulasjonsmetodikken:

Tabell 1 - Bokstavsymboler benyttet i kalkulasjonsmetodikken

Bokstavsymbol	Begrep/forklaring
t_0	basisår for kalkylen
t	et gitt år (antall år fra basisåret til t)
T	analyseperiode (antall år regnet fra basisåret)
r	kalkulasjonsrente
d_t	diskonteringsfaktor for et gitt år t
a	annuitetsfaktor
K_t	en kostnad i et gitt år t
NV	nåverdi av en fremtidig kostnad
NV_T	nåverdi av kostnadene i analyseperioden
AK	årskostnad

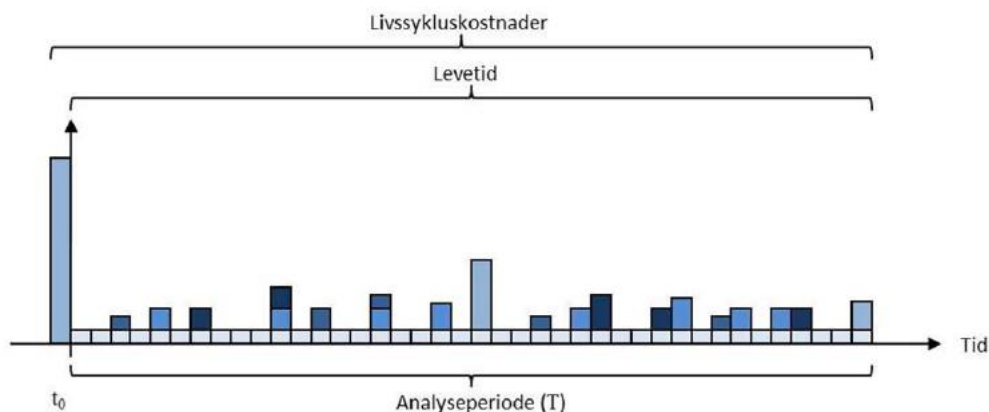
FIGUR 6 - KILDE: NS 3454, TABELL 1, S. 5

Nedenfor følger en forklaring av begrepene og formelverket som benyttes for beregningen av disse. NS er benyttet som kilde i forbindelse med forklaringene og illustrasjonen av de ulike begrepene.

t_0 – basisåret for kalkylen fastsettes slik at alle kostnader i analyseperioden kan diskonteres og sammenlignes i samme verdienhet. Se illustrasjon i figur 3.

t – et gitt år innenfor analyseperioden.

T – analyseperiode for LCC-analysen. Eksempelvis 2021 – 2141. Se illustrasjon i figur 3.



FIGUR 7 – KILDE: NS 3454, FIGUR 3, S. 8

r – kalkulasjonsrente som legges til grunn i en LCC-analyse. Fastsettelsen av kalkulasjonsrenten baseres på de samfunnsmessige økonomiske utsiktene i analyseperioden. gruppen har benyttet en kalkulasjonsrente på 5 % i begge alternative scenarier som er sammenstilt. Gruppen har ikke vurdert spesielle forhold tilknyttet de samfunnsmessige økonomiske fremtidsutsiktene, men vurdert kalkulasjonsrenten en «median». I tillegg er tilsvarende kalkulasjonsrente lagt til grunn for beregningen av begge scenarier som sammenstilles. Prinsippet medfører at valget av kalkulasjonsrente ikke innvirker på resultatet.

d_t – Diskonteringsfaktoren beregnes i henhold til følgende formel:

$$d_t = \frac{1}{(1 + r)^t} = (1 + r)^{-t}$$

NS 3454:2013 og «Tabell D.3 – Annuitetsfaktor» (s.26) oppgir diskonteringsfaktoren innenfor kalkulasjonsrentene innenfor spennet 3-10% og årene; 1-10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 og 60 år.

a – annuitetsfaktoren beregnes i henhold til følgende formel:

$$a = \frac{r}{1 - (1 + r)^{-T}}$$

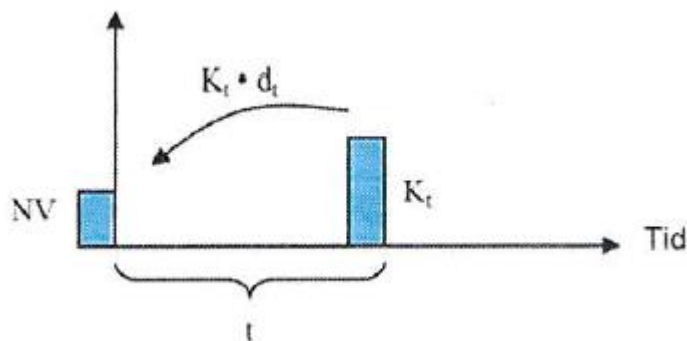
Gruppen har beregnet annuitetsfaktoren i LCC-analysen basert på en kalkulasjonsrente pålydende 5 %.

K_t – En fremtidig kostnad som påløper i analyseperioden.

NV – Nåverdi av en kostand som påløper i analyseperioden. Nåverdien beregnes i henhold til følgende formel:

$$NV = K_t * d_t$$

Nåverdien og beregningen av nåverdien er illustrert i figur 4, som følger nedenfor:



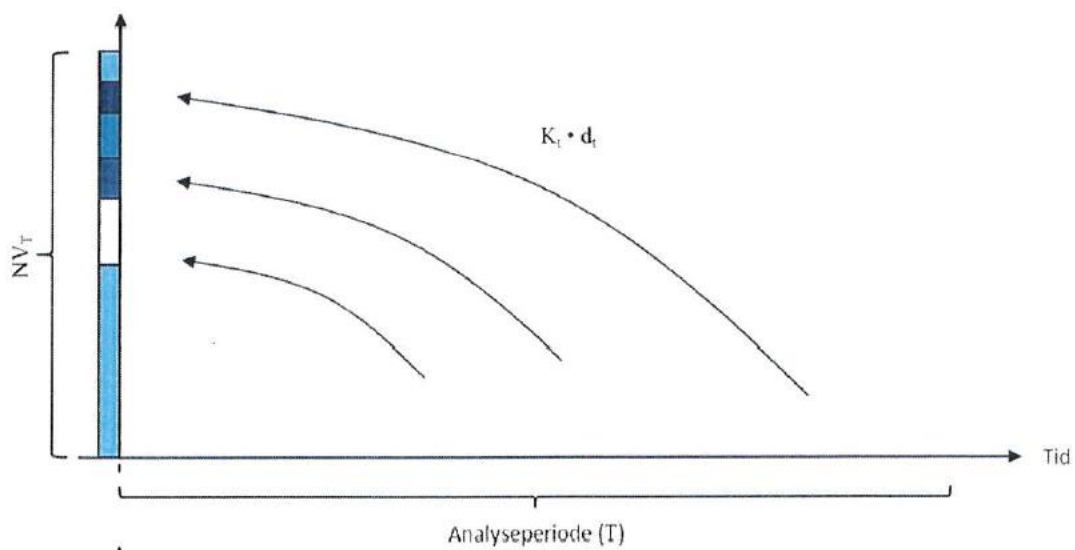
FIGUR 8 – KILDE: NS 3454, FIGUR 2, S. 6

NV_T – Nåverdi av samtlige kostander som påløper i løpet av analyseperioden.

Verdien beregnes i henhold til følgende formel:

$$NV_T = \sum_{t=0}^T K_t * d_t$$

Nåverdien av kostandene som påløper i analyseperioden er illustrert nedenfor:

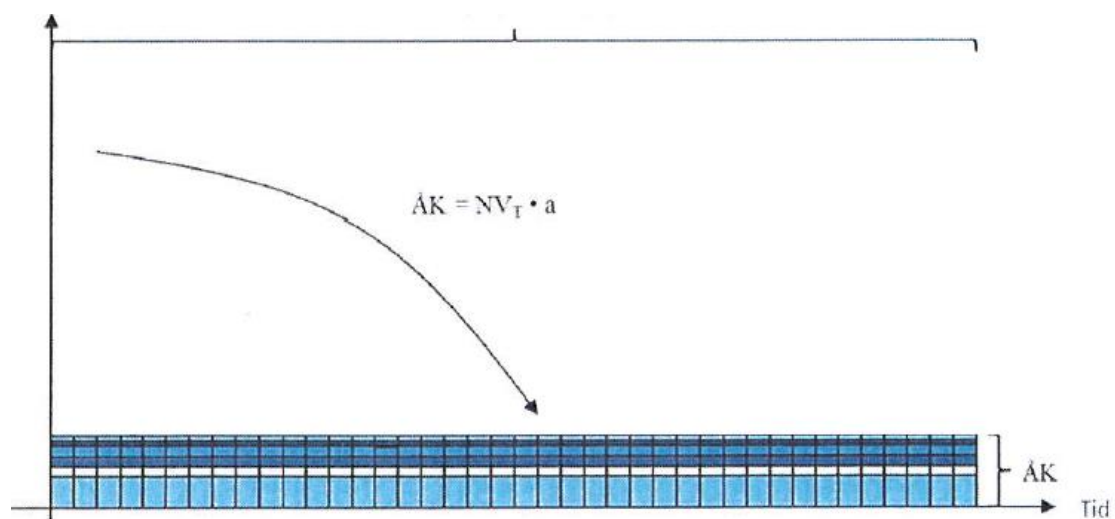


FIGUR 9 – KILDE: NS 3454, FIGUR 3, S. 8

ÅK – Årskostnaden for analyseobjektet. Årskostnaden beregnes i henhold til følgende formel:

$$\text{ÅK} = NV_T * a$$

Årskostnaden kan illustreres som følger:



FIGUR 10 - KILDE: NS 3454, FIGUR 3, S. 8

3 Teori

Vi skal nå se på relevant bakgrunnsstoff som kan belyse vår problemstilling. Vi vil blant annet kartlegge teori i forbindelse med hvilke krav de norske myndigheter setter til avfall og utslipp av klimagasser, samt myndighetenes pågående arbeider som er relevante i forbindelse med vår problemstilling. Videre vil vi se på mengde avfall som bransjen produserer og hvilke utslag ombruk gir for klimagassutslipp.

I vår case vurderer vi hvilke verdi det har å ombruke den bærende betongkonstruksjonen som allerede eksisterer i bygningsmassen, og har derfor sett nærmere på betong som konstruksjonsmateriale. Videre ser vi på verktøy som er benyttet som grunnlag for våre beregninger, slik som Norsk Prisbok og standardene som ligger til grunn for våre beregninger for livssyklus kostnader og klimagassberegninger.

3.1 Myndighetenes klimaarbeid

Som et ledd i Norges klima-arbeid og særlig knyttet opp mot tidligere nevnte FNs bærekraftsmål 13.2 «Innarbeide tiltak mot klimaendringer i politikk, strategier og planlegging på nasjonalt nivå» har myndighetene nylig fremmet to høringsforslag rettet mot BAE-næringen. Næringen står ifølge KMD for nær 15 % av det norske klimagassutslippet. (KMD, 2021). Oppvarming av bygninger sto for kun 1,1% av det totale norske klimagassutslippet i 2019, og de siste 30 år er utslippet redusert med 80% (Miljødirektoratet, 2021). De gode resultatene kan knyttes til at dagens bestemmelser med krav til energieffektivitet ifølge DiBK er blant de strengeste i Europa. Men hva er det da som står for det store klimagassutslippet fra bygninger? Jo, mye av dette kan knyttes til utslipp fra materialbruken i bygninger.

Norske myndigheter har gjennom sitt regelverk satt krav til at minimum 60% av avfall produsert i en byggesak av en viss størrelse skal sorteres og leveres til et godkjent mottak (TEK17, 2017, §9-8). Ifølge rapporten «Avfallsplan 2020-2025» som regjeringen har publisert, ble 52% av avfallet fra BAE-næringen levert til

materialgjenvinning i 2017, det er i rapporten presisert at dette inkluderer hele BAE-næringen, ikke bare byggeaktiviteten. Rapporten viser videre til at andelen avfall som er ombruk eller materialgjenvunnet har gått betydelig ned siden 2015. Dette skal ifølge myndighetene skyldes at andelen betong og tegl som har gått til deponering har økt, heller enn å bli gjenbrukt. Rapporten understreker også at det er vanskelig å tallfeste nøyaktige resultater da det er «visse mangler i statistikken».

Myndighetenes rapport viser videre til at det er behov for å øke andelen avfall som materialgjenvinnes i BAE-næringen for å møte EUs rammedirektiv med krav om 70% materialgjenvinning. Det påpekes at aktuelle virkemidler kan være økt krav til kildesortering i TEK, samt å tydeliggjør krav til bruk av lett forurenset betong og tegl til utfyllingsformål (Miljødirektoratet, 2019).

3.1.1 Samfunnsøkonomisk analyse av avfallshåndtering i BAE-næringen

Myndighetene, via DiBK, publiserte 25.02.21 en samfunnsøkonomisk analyse der kostnader og nytte er vurdert for håndtering av avfall i BAE-næringen (Ibenholt, et al., 2020). Dette er en analyse som direkte kan nyttes til vår problemstilling. Følgende områder er vurdert:

- Ulike måter å redusere avfallsmengden ved ny-bygg (avfallsminimering)
- Gjenvinning av byggeavfall
- Ombruk av byggevarer

Vi vil spesielt trekke frem at det i rapporten presiseres at kostnadene øker i de tilfeller der det velges å gjenbruk/ombruk av materialer, men at det ikke finnes gode grunnlagstall som viser i hvilken grad. De økte utgiftene kommer av at det vil være behov for en mer forsiktig riveprosess for å ivareta og ikke skade materialene. Videre at det krever økte ressurser til prosjekteringsarbeidet da ombruk må planlegges.

Til slutt er det verdt å nevne at denne analysen ser på hele prosjekt, og at vi i vår analyse kun ser på effekten av å bevare bærende konstruksjoner av betong. Dette betyr at

resultatet ikke nødvendigvis vil være direkte overførbart da de forskjellige bygningselementer kan ha varierende påvirkning på sluttresultatet.

Resultatet fra myndighetenes analyse konkluderer med følgende:

- Gjenvinning gir få kostnadsbesparelser
- Avfallsminimering gir størst økonomisk effekten
- Ombruk er ikke økonomisk lønnsom for utbygger

3.1.2 Klimabaserte energikrav til bygg – Høring

BAE-næringen står for en solid andel av den norske ressursbruken med ca. 40% av materialressursene. Med bakgrunn i dette har DiBK gjennom høringsforslaget «Klimabaserte energikrav til bygg», publisert juli 2021 kommet med en rekke endringsforslag, der flere bygger oppunder nettopp materialbruken. Her omtales kun de endringsforslagene som direkte berører vår problemstilling.

Forslaget innebærer blant annet et krav om klimagassregnskap fra materialbruken for større bygg basert på metoden i NS 3720:2018. Dette er beregninger som allerede i dag utføres i mange større byggeprosjekter. Forslaget inkluderer ikke transport til byggeplass, men råvareuttak, produksjon av materialene, transport av råvarer og materialer, reparasjon og vedlikehold inkluderes. Målet med forslaget er å øke fokus på klimagassutslippet til de materialer som brukes i byggeprosessen, og slik heve næringens kompetansenivå på området.

Det foreslås videre en alternativ klimamodell, også denne kun for større bygg. Dette forslaget innebærer at man kan fristilles fra minimumskravene til u-verdi. Dette inkluderer både tak, yttervegg, gulv til grunn, dører og vinduer. Men muligheten kommer ikke kostnadsfritt. Dersom man ønsker å fravike minimumskravene til u-verdi, vil det bli stilt strengere krav til klimagassutslippet fra materialene som brukes i prosjektet. Det vises til at kravet vil være 20% bedre enn det klimagassutslippet som er beregnet for en gjennomsnittsbygning.

Forslaget omfatter videre krav til kartlegging av materialer som egner seg til ombruk. Dette er et krav som vil gjelde både nybygg og søknadspliktig ombygging. I dagens regelverk stilles det krav til at det skal velges materialer som er egnet for ombruk og materialgjenvinning. Forslaget innebærer dermed en innskjerping av dagens krav. (DiBK, 2021)

3.1.3 Ombruk av byggevarer - Høring

Å dokumentere egenskapene til produktene et byggverk er sammensatt av, er lovfestet gjennom plan- og bygningsloven. (Pbl, 2009). Hvordan dette skal dokumenteres er spesifisert i DOK-forskriften, hvor omfanget er beskrevet slik: «gjelder for produkter som framstilles, omsettes, markedsføres og distribueres for bruk i byggverk» (DOK-forskriften, 2016). Med dette menes altså alle produkter en bygning er bygget opp av, og inkluderer også produkter som har vært i bruk tidligere. DOK-forskriften forteller ikke direkte hvilke egenskaper produktene skal ha, men vi nevner at de er standardiserte og utarbeidet av Europakommisjonen.

Som vi har nevnt tidligere er BAE-næringen en stor produsent av avfall, noe som igjen fører til at graden av sirkulær økonomi blir tilsvarende lav. Dette er noe myndighetene ønsker å gjøre noe med. Gjennom høringsforslag publisert av DiBK september 2021 «Ombruk av byggevarer», foreslås det derfor å lette på det eksisterende dokumentasjonskravet. Lettelser omfatter byggematerialer som har vært i bruk tidligere, såkalte ombrukte produkter. Dagens krav er vanskelige å etterleve, dette da regelverket kun er utarbeidet med tanke på produksjon av nye byggevarer. Dersom man skal dokumentere egenskapene til produkter som har vært i bruk tidligere kan dette ofte være svært kostbart, og i enkelte tilfeller også umulig i følge DiBK (DiBK, 2020). Gjennom forslaget håper myndighetene å gi BAE-næringen insentiver til å i større grad enn i dag bruke materialer fra eksisterende bygninger på nytt. Forslaget peker nemlig på at ombruk fremstår som et økonomisk lønnsomt alternativ.

Myndighetene ønsker gjennom ombruk og materialgjenvinning å oppnå et mer lukket materialløp. Gjennom dette ønskes det å sikre en større grad av bærekraft og sirkulær

økonomi. Man oppnår dermed å i minst mulig grad bruke vår begrensede tilgang til naturressurser til å produsere nye materialer som kan få plass i kretsløpet, og slik begrense sløsing med våre tilgjengelige naturressurser (DiBK, 2021).

3.2 CO₂-ekvivalent

CO₂-utslipp måles som oftest i CO₂-ekvivalenter. Måleenheten benyttes for måling av klimagasser og klassifiserer de ulike klimagassene i henhold til et «Globalt oppvarmingspotensial i et 100-års perspektiv», forkortet GWP100, global (Miljødirektoratet, 2019).

Klimagass	Globalt oppvarmingspotensial i et 100 års perspektiv (GWP100, global)
Karbondioksid (CO ₂)	1
Metan (CH ₄)	25
Lystgass (N ₂ O)	298
PFK-gasser (CF ₄)	7 390
PFK-gasser (C ₂ F ₆)	12 200
Svovelheksafluorid (SF ₆)	22 800
HFK (134a)	1 430

Antall tonn utslipp CO₂-ekvivalenter beregnes i henhold til etterfølgende formel:

$$\text{tonn CO}_2\text{ekv} = \text{tonn CO}_2 * GWP_{(100,CO_2)} + \text{tonn CH}_4 * GWP_{(100,CH_4)} + \text{tonn N}_2\text{O} * GWP_{(100,N_2O)}[\dots] = \sum \text{tonn CO}_2\text{ekv}$$

Ved beregningen av utslipp CO₂-ekvivalenter følger i tillegg følgende forutsetninger:

Kun CO₂-utslipp med fossil opprinnelse som medregnes. Altså holdes CO₂ som følge av forbrenning eller nedbryting av biomasse utenfor regnskapet. Utslipp av CO₂-ekvivalenter som oppstår som følge av forbrenning av metan og lystgass skal alltid medregnes (Miljødirektoratet, 2019).

3.3 Sirkulær økonomi

Klima og miljødepartementet beskriver sirkulær økonomi slik: «Et prinsipp for økonomisk virksomhet for å opprettholde verdien av produkter, materialer og ressurser så lenge som mulig ved å utnytte og gjenbruke ressursene mer effektivt» (Klima- og miljødepartementet, 2020). Med andre ord holde de resurser vi har i sirkulasjon så lenge som mulig, slik slipper vi å hente nye ressurser ut av naturen. Under er dette presentert visuelt i en sirkel der vi ser at det er fokus først på ombruk gjennom punkt 5. «Reparer» og siden gjenbruk/materialgjenvinning i punkt 7. «Resirkulasjon». Slik kan vi oppnå en mer bærekraftig utnytting av verdens ressurser.

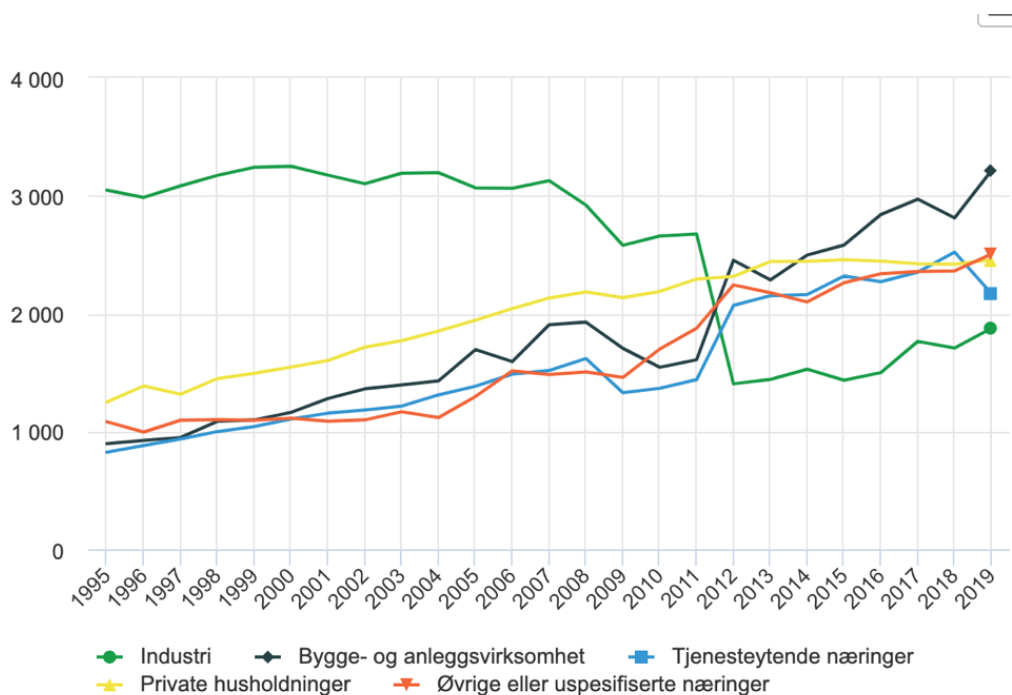


FIGUR 11 SIRKULÆR ØKONOMI (KLIMA- OG MILJØDEPARTEMENTET, 2020)

3.4 Avfall i byggebransjen

Det norske samfunnet produserer ifølge tall fra Statistisk Sentralbyrå (SSB) stadig mer avfall. Fra 2018 til 2019 økte den totale avfallsmengden med 3%. Ser vi spesielt på bygge- og anleggsbransjen er dette den næringen i Norge som produserer mest avfall ifølge de seneste tallene fra SSB. Totalt står bygge- og anleggsbransjen for hele 26 %

av avfallet som produseres i Norge, se kurve under. I mengde betyr dette 3 213 000 tonn, av dette er 1 948 641 tonn direkte knyttet til byggeaktivitet. Som vi kan se av kurven har det vært en kraftig stigende trend siden 1995, og bygge- og anleggsnæringen er også den næringen som har den største veksten i produksjon av avfall med hele 258% økning i perioden 1995 til 2019. (SSB, 2021)



FIGUR 12 UTVIKLING AV AVFALLSMENGDE (SKJERPEN, 2021)

I denne sammenheng er det viktig å legge til at bygge- og anleggsnæringen er inne i en svært positiv produksjonsutvikling. Den ujusterte produksjonsindeksen, viser at produksjonen er noe mer enn doblet i samme periode, og har gått fra 53,1 i 1995 til 114,9 i 2019 (SSB, 2020). Men som nevnt over er altså veksten i avfallsmengde langt mer enn doblet i samme periode, den sjokkerende sannhet er at kurven over viser at BAE-bransjen har økt mengde avfall med massive 258% i samme periode.

Videre er det interessant å se på hvordan avfallsmengde fordeler seg mellom nybygg og rehabilitering siden oppgavens mål er å se på hvilke gevinster rehabilitering av bærekonstruksjoner har i forhold til nybygg.

I tabellen under ser vi på avfall fra de tre aktivitetene nybygg, rehabilitering og riving. Resultatene er hentet fra SSB som får mengdedata fra sluttrapportene som sendes landets kommuner i forbindelse med søknad om ferdigattest (SSB, 2021). Med bakgrunn i dette gir disse tallene liten verdi for arbeidet med denne oppgaven. Dersom man skal bygge nytt på en eiendom som allerede har bebyggelse må det naturlig nok rivearbeider til, men det gjøres ofte også dersom det skal rehabiliteres. Det er derfor umulig å skille ut hva i kategorien «riving» som kan knyttes til sanering, og hva som kan knyttes til rehabilitering. Naturlig nok vil det ikke produseres like mye avfall i rehabiliteringsprosjekter da mye av materialet skal ombrukes, men dette har vi altså ingen tall på. Det er likevel verdt å bite merke i at det i rehabiliteringsprosjekter ikke sløses med ressursene i samme grad som ved nybygg. Rehabiliteringsprosjekter produserer ifølge resultatene fra SSB i snitt 8,4% prosentpoeng mindre avfall.

	Tonn - 2019	Andel (%)	Endring fra 2018 (%)
Byggeaktivitet i alt	1 948 641	100	5,6
Nybygging	657 706	33,8	1,1
Rehabilitering	494 681	25,4	9,7
Riving	796 254	40,9	7

FIGUR 13 OVERSIKT AVFALL I BYGGEBRANSJEN (SSB, 2021)

3.5 Gjenbruk i byggenæringen

På flere hold får vi nå signaler om at byggenæringen i større grad må gjenbruke eksisterende bygninger. Sintef hevder blant annet at «Norge bør satse på rehabilitering framfor nybygg». Forsker Marianne Rose Kjendseth Wiik hos Sintef har tatt for seg beregninger av klimagassutslipp for over 120 ulike byggeprosjekter, alle vises til som «forbildeprosjekter». Av disse er 14 rehabiliteringsprosjekter, ingen betydelig andel ser vi, men noen har valgt denne tilnærmingen.

Wiik har beregnet klimagassutslipp av materialbruk i et nybygg dersom man bygger etter minimumskrav (TEK), denne beregningen er brukt som en referanse i Wiiks undersøkelser. Sett opp mot beregnet referanse vil nybyggene i undersøkelsen gi en reduksjon på ca. 22% i snitt. Rehabiliteringsprosjektene derimot har redusert utslippet

med hele 63%. Dette hevder Wiik er som følge av at grunn, fundamenter og bærekonstruksjoner gjenbrukes (Wiik, 2020).

3.6 Livssyklus kostnader for byggverk

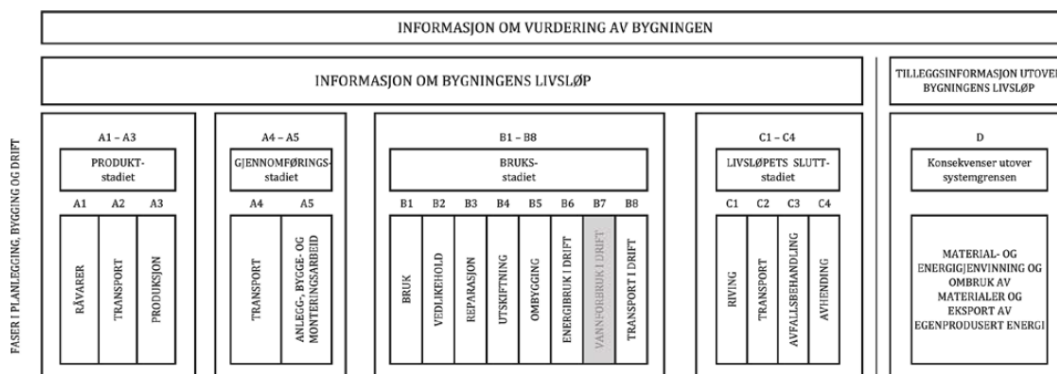
Standarden «Livssyklus kostnader for byggverk», NS 34543720:2013 definerer en standardisert metode for kalkulasjon og kostnadsoppstilling for byggverk og bygningsdeler. Metoden innebærer et standardiserte kostnadsposter og begreper, og klargjør sammenhengen mellom disse. Kalkulasjonsmetodikken omfatter alle kostnader som påløper i forbindelse med oppføring, bruk og avhending, eller byggverkets livssyklus (Standard Norge, 2013).

Kalkulasjonsmetodikken i standarden er basert på «nåverdimetoden». Dette innebærer at en verdsetter et kronebeløp som vil inntreffe på et fremtidig tidspunkt til den nåværende verdien. Prinsippet gjør det mulig å sammenligne økonomiske størrelser, på ulike tidspunkt i tilsvarende verdienhet (Samset, 2011).

3.7 Klimagassberegninger for bygninger

Klimagassberegningen som er utført i forbindelse med de ulike scenarioene i oppgaven er basert på NS 3720:2018 “Klimagassberegning for bygninger”. Klimagassberegningene er basert på 2 ulike scenario som er skissert innledningsvis i oppgaven. Basert på klimagassberegningene, og disse scenarioene er det utført en klimagassberegning basert på følgende faser i henhold til punktlisten og matrisen nedenfor. En ytterligere redegjørelse for valget av faser som inngår beregningen følger under avsnittet «Klimagassberegninger»:

- A1-A5; Råvarer, transport, produksjon, transport og anlegg, bygge og monteringsarbeid
- B1-B5; Bruk, vedlikehold, reparasjon, utskifting og ombygging
- C1-C4; Rivning, transport, avfallsbehandling og avhending



FIGUR 14 - KILDE; NS 3720, FIGUR 2, S. 10

Nivåer for datakvalitet: NS 3720:2018 definerer i pkt. 6.4.1 «Nivåer for datakvalitet». Klimagassberegningen som er utført i forbindelse med oppgaven innebærer en datakvalitet på nivå 2. Datakvalitet på nivå definerer i dokumentet som; «Med nivå 1 mener vi spesifikke data som er beregnet og/eller målt for et konkret produkt eller en konkret tjeneste», mens nivå 2, «er LCA-data som ikke tilfredsstillende nivå 1». Til tross for at gruppen forutsetter en datakvalitet på nivå 2, er det i det lengste gjort forsøk på å fremskaffe relevante og nøyaktige data i den utførte klimagassberegningen. Valget gjenspeiler hensikten i standarden som åpner for muligheten å benytte datakvalitet på nivå 2 i de innledende fasene (Standard Norge, 2018).

Klimagassberegninger: klimagassberegningene som følger av oppgaven er utført iht. prinsippet angitt i standardens pkt. 7.1 «Introduksjon», 7.4 «Materialer, produkter, og byggevarer». Formålet med en slik klimagassberegning er: [...] «å danne grunnlag for vurdering av ulike valg av materialer, produkter og byggevarer brukt i objektet» (Standard Norge, 2018). De ulike scenarioene som er sammenstilt i klimagassberegningen innebærer tilsvarende bruk av materiale, men momenter som; levetid, rivning, avhending, vedlikehold og ombygging vil differensiere og påvirke klimagassutslippene ulikt i de 2 scenarioene.

Presentasjon av resultatene: resultatene av klimagassberegningene vil bli presentert i følgende formater:

- Totalt klimagassutslipp: *kg CO₂ekv*
- Klimagassutslipp pr. år: *kg CO₂ekv/år*
- Klimagassutslipp pr. år, pr. m² BTA: *kg CO₂ekv/år/BTA*

3.8 Underlag for investeringskostnadene

Gruppen har benyttet Norsk Prisbok; www.norskprisbok.no som underlag for beregningen av investeringskostnadene for de ulike scenarioene som er utredet i problemstillingen. De ulike «elementene» og «prislinjene» som er benyttet ved de kvantitative beregningene er listet opp under kapitlet «1.3 Avgrensing», og det redegjøres ikke ytterligere for disse under dette kapitlet.

Norsk prisbok er en prisdatabase for BAE-næringen som inneholder oppdatert prisinformasjon for ulike typer prosjekter, bygningstyper og fagområder innenfor bransjen. Norsk prisbok utgis i bokform på årlig basis. I tillegg er plattformen tilgjengelig digitalt på deres hjemmeside og i applikasjon for bruk på mobiletelefon, nettbrett eller tilsvarende. Bruken er utbredt i BAE-næringen og kundene er blant annet; entreprenører, rådgivere, arkitekter og byggherrer. I tillegg til å være en prisdatabase, hvor en finner ulike prisdata, oppgis data for levetidsbetraktninger og klimadata (Norconsult Informasjonssystemer AS og Bygghanalyse AS, 2021).

3.9 Miljødeklarasjon/EPD

Avsnittet innebærer en kort redegjørelse for hva en EPD omfatter. Forutsetninger omkring den spesifikke bruken av EPD-dokumentene som er lagt til grunn for klimagassberegningen i oppgaven er nærmere redegjort for under kapitlet som redegjør for «Metoden» som er benyttet.

En EPD – Environmental Product Declaration, eller en miljødeklarasjon er et dokument som oppsummerer miljøprofilen til et produkt. Utarbeidelsen av slik dokumentasjon er basert på retningslinjene og kravene i standardene NS-EN ISO 14025:2006 «Miljømerker og deklarasjoner – Miljødeklarasjoner typ III – Prinsipper og prosedyrer» og NS-EN ISO 14040:2006 «Miljøstyring – Livsløpsvurdering – Prinsipper og rammeverk» (EPD-Norge, u.d.).

3.10 Betong som konstruksjonsmateriale

Konstruksjonsmateriale benyttes ved oppføringen av bærende bygningskonstruksjoner i bygninger og anlegg. Dette kan være hovedbæresystemer eller sekundærbæresystemer. Ulike konstruksjonsmaterialer har ulike tekniske egenskaper, som for eksempel bæreevne og brann- og lydmotstand. Disse egenskapene har historisk blitt mye vektlagt ved valg av konstruksjonsvirke. «Det grønne skiftet» har den senere tiden bidratt til å øke fokus på konstruksjonsmaterialenes miljø- og klimaegenskaper, og det er i større grad helhetlige vurderinger som ligger til grunn ved valg av konstruksjonsmateriale – dette gjelder for øvrig også andre materialvalg – som inngår i et ordinært bygg- eller anleggsprosjekt.

Med bakgrunn i problemstillingen som utredes i oppgaven; «Hvilken klima- og økonomisk gevinst kan en oppnå ved å bevare/rehabiliterer de bærende konstruksjonene i et bygg fremfor at disse rives og et komplett nybygg oppføres?», er det relevant å se nærmere på miljø- og klimaegenskapene til konstruksjonsvirket; betong.

Bruken av betong er svært utbredt. Betong er ett av de mest brukte og viktigste byggematerialene på verdensbasis. Bakgrunnen for dette er materialets særdeles gode allsidighet, bestandighet og konstruktive styrke. I strid med disse gode tekniske egenskapene innehar betong på den annen side flere negative miljø- og klimatiske egenskaper. Dette gjelder spesielt ved produksjonen som er svært energi krevende, og som i tillegg innebærer bruk av ikke fornybare råstoffer (kilde: grønnmaterialguide, s. 49). Når en ser dette i lys av den historiske bruken, og hvor utbredt bruken av betong er i dag, gir dette definitivt et godt grunnlag for å utrede muligheter for å utnytte

potensiale i eksisterende betongkonstruksjoner i større grad. En studie utført av tidsskriftet; «Nature Geoscience», omtalt i artikkelen; «Kan vi bruke betong med god klimasamvittighet» på nettsiden forskning.no oppgir at det i perioden fra 1930 til 2013 er produsert mer enn 75 milliarder tonn betong på verdensbasis (Bjørnstad, 2016).

Betong består av en blanding av sement, vann, tilslag og ev. tilsetningsstoffer. Sammensetningen og blandeforholdet og bestanddelene i betongen kan tilpasses for å tilpasse bruken betongen til spesiell bruksområder eller gi betongen særegne evner. Eksempler på dette kan blant annet være; lavvarme betong, høyfast betong, selvkomprimerende betong, hurtigherdende betong, undervannsbetong og vanntett betong. I et miljø- og klimaperspektiv er betong av typen, lavkarbonbetong spesielt relevant (Byggforskserien, 2016).

4 Resultater/Funn

Vi skal nå se nærmere på de resultater vi har kommet frem til. Som vi har vært inne på tidligere er det Lærerskolen på Landås som er referansebygg for den bærende betongkonstruksjon i vår besvarelse, men denne er videre satt inn i to fiktive scenario. For referansebygget har vi som tidligere nevnt ikke tilgang på alle detaljer og har derfor satt tidsrammen til i dag, og benyttet dagens standarder for de manglende data som tykkelse på dekker og vegger. I referansebygget vil dette være svært varierende da bygningen har gjennomgått endringer og påbygninger over tid.

4.1 Mengde

I kartlegging av den bærende konstruksjonen har vi beregnet lengdemeter (LM) for henholdsvis søyler og bjelker, og kvadratmeter (m²) for dekker og vegger. Følgende resultater er kartlagt for referansebygget:

Konstruksjonsdel	Resultat	Enhet
Søyler	4145,56	LM
Bjelker	1094,05	LM
Dekker	16 287,20	m ²
Vegger	19 019,19	m ²

4.2 Norsk prisbok

Resultatet av beregningene som er utført ved hjelp av Norsk Prisbok er sammenstilt nedenfor:

Elementer > 02.0 Rivning, forberedende arbeider > 02.0.B Rivning av byggverksdeler:

Nummer	Elementnavn	Mengde	Enhet	Enhetspris	Sum pris
02.0.B.005	Rivning av bæresystemer i betong- inkl. opplasting og bortkjøring	16 287	m ² BTA	Kr 58,-	Kr 944 646,-
02.0.B.006	Rivning av fasader tunge	9 510	m ²	Kr 558,-	Kr 5 306 580,-
02.0.B007	Rivning av innervegger	9 510	m ²	Kr 432,-	Kr 4 108 320,-
02.0.B.008	Rivning av betongdekker	16 287	m ²	Kr 675,-	Kr 10 993 725,-
Σ					Kr 21 353 271,-

Elementer > 02.2.A Bæresystemer:

Nummer	Elementnavn	Mengde	Enhet	Enhetspris	Sum pris
02.2.A.002	Søyle av betong, kvadratisk, 300 x 300 mm. 160 kg stål pr m ³ betong, B45	4 146	m	Kr 2 384,-	Kr 9 884 064,-
02.2.A.012	Bjelke av betong, b x h =300 x 500 mm, rektangulær. 160 kg stål pr m ³ betong, B45	1 094	m	Kr 2 871,-	Kr 3 140 874,-
02.3.A.009	Betongyttervegg over mark, t = 200 mm. REI 180. 100 kg stål pr m ³ betong, B30	19 019	m ²	Kr 2 408,-	Kr 45 797 752,-
02.5.B003	Betongdekke, t = 220 mm. 120 kg armering pr m ³ betong, B30	16 287	m ²	Kr 1 879,-	Kr 30 603 273,-
Σ					Kr 89 425 963,-

Kostnaden tilknyttet ombyggingsarbeidene tilknyttet scenario 2, som er forutsatt påløpt i år 2082 pålydende kr 17 885 139,- er forutsatt med grunnlag i Norsk prisbok, og den samlede investeringskostnaden pålydende kr 89 425 963,-

*Scenario 2, ombyggingsarbeider; kr 89 425 963, – * 0,2 = **kr 17 885 193, –***

Forutsetningen og gruppens fastsettelse av prosentsatsen som er benyttet ved beregningen av ombyggingskostnaden er nærmere drøftet og utredet under kapittelet, diskusjon.

4.3 Klimagassberegning

Beregningen av klimagassutslippene er sammenstilt nedenfor.

Fase A1-A3:

Dataen som er hentet fra www.norsk.prisbok.no omfatter fase A5 - Byggeperiode:

Elementer > 02.0 Rivning, forberedende arbeider > 02.0.B Rivning av byggverksdeler

Nummer	Elementnavn	Mengde	Enhet	CO ₂ /enh	Sum CO ₂ – utslipp
02.0.B.005	Rivning av bæresystemer i betong- inkl. opplasting og bortkjøring	16 287	m ² BTA	2,94	47 884
02.0.B.006	Rivning av fasader tunge	9 510	m ²	1,21	11 507
02.0.B.007	Rivning av innervegger	9 510	m ²	0,98	9 320
02.0.B.008	Rivning av betongdekker	16 287	m ²	3,09	50 327
Σ					119 038

Elementer > 02.2.A Bæresystemer

Nummer	Elementnavn	Mengde	Enhet	CO ₂ /enh	Sum CO ₂ – utslipp
02.2.A.002	Søyle av betong, kvadratisk, 300 x 300 mm. 160 kg stål pr m ³ betong, B45	4 146	m	59,71	146 760
02.2.A.012	Bjelke av betong, b x h =300 x 500 mm, rektangulær. 160 kg stål pr m ³ betong, B45	1 094	m	100,03	109 400
02.3.A.009	Betongyttervegg over mark, t = 200 mm. REI 180. 100 kg stål pr m ³ betong, B30	16 287	m ²	89	1 692 691
02.5.B003	Betongdekke, t = 220 mm. 120 kg armering pr m ³ betong, B30	19 019	m ²	114	1 856 718
Σ					3 805 569

Klimagassutslipp i stadiet «A4»: GWP-data fra EPD/miljødeklarasjon for følgende produkt; «Betong B30M60» og «kamstål for bruk i betong». De ulike EPD-ene oppgir data for transport i distanser på henholdsvis; 18km og 64 km. Klimagassutslippet er omregnet slik at transporten utgjør en distanse på 50 km for begge produktene. Stadiet A4 – klimagassutslipp for transport i produksjonsfasen er beregnet som følger:

$$\text{Betong: } \frac{3,61 \text{ kg CO}_2\text{ekv} * 50 \text{ km}}{18 \text{ km}} = 10,03 \text{ kg CO}_2\text{ekv}$$

$$\text{Kamstål: } \frac{1,02 \text{ kg CO}_2\text{ekv} * 50 \text{ km}}{64 \text{ km}} = 0,0080 \text{ kg CO}_2\text{ekv}$$

Utslipet gjelder pr. deklarererte enhet, og er videre multiplisert med det totale forbruket av betong og kamstål:

$$\text{Betong: } 10,03 \text{ kg CO}_2\text{ekv} * 7 924 \text{ m}^3 = 79 478 \text{ kg CO}_2\text{ekv}$$

$$\text{Kamstål: } 0,0080 \text{ kg CO}_2\text{ekv} * 896 319 \text{ kg} = 7 171 \text{ kg CO}_2\text{ekv}$$

Resultatet av klimagassberegningen er sammenstilt nedenfor:

	Enhet	Scenario 1	Scenario 2	Besparelse	Besparelse %
Totalt klimagassutslipp	<i>kgCO₂e</i>	43 819 905	25 694 874	18 125 031	41,4
Klimagassutslipp pr. år	<i>kgCO₂e/år</i>	365 166	214 124	151 042	41,4
Klimagassutslipp pr. år pr m²	<i>kgCO₂e/år /m²</i>	22	13	9	41,4

4.4 Livssyklus kostnader

Kapittelet oppsummerer resultatene for beregningen av livssyklus kostanden for scenarioene som er sammenstilt. Disse innebærer scenario 1; oppføring av et nybygg, rivning av bygget, oppføringen av et nytt bygg og følgelig rivningen av dette bygget. Scenario 2; oppføring av et nybygg, ombygging/rehabilitering av de bærende konstruksjonene og rivning av bygget.

De fullverdige beregningene som er utført i forbindelse med livssyklus kostandene følger av vedlegg 7 – «LCC-analyse». Beregningene og resultatene som vises i dette kapittelet er utdrag og eksempler hentet fra vedlegget og er ikke gjengitt i sin helhet.

t₀ – basisåret for kalkylen: Beregningen av livssyklus kostandene for alternativene som sammenstilles er år: 2021.

T – analyseperiode for LCC-analysen: analyseperiode for begge de ulike scenarioene er: 2021-2141

r – kalkulasjonsrente: en kalkulasjonsrente på 5 % er lagt til grunn ved beregningen av livssyklus kostnadene i begge alternativer.

d_t – Diskonteringsfaktor: beregningen av diskonteringsfaktor er utført for samtlige år innenfor analyseperioden. Eksempelet nedenfor er hentet ut fra gruppens LCC-beregning og beregner diskonteringsfaktoren for året 2081, som utgjør år 60 i analyseperioden:

$$d_t = \frac{1}{(1+r)^t} = (1+r)^{-t}$$

$$d_t = (1 + 0,05)^{-60}$$

$$(1 + 0,05)^{-60} = 0,0535$$

a – Beregningen av annuitetsfaktoren i LCC-analysen resulterte i følgende:

$$a = \frac{r}{1 - (1+r)^{-T}}$$

$$a = \frac{0,05}{1 - (1 + 0,05)^{-120}}$$

$$\frac{0,05}{1 - (1 + 0,05)^{-120}} = 0,0501$$

K_t – Gruppens LCC-analyse er basert på at det påløper en kostnad (K_t) pålydende kr 89 425 890,91,- i analyseperiodens år 2082 (Scenario 1). Denne kostnaden er lagt til grunn for beregningen av nåverdien som vises i eksempelet nedenfor:

NV – Nedenfor vises et eksempel på beregningen av nåverdien av kostnaden for oppføringen av et nytt bygg i 2081 (Scenario 1, år 2081):

$$NV = K_t * d_t$$

$$NV = kr 89 425 963 * 0,0535$$

$$NV = kr 4 784 289$$

NV_T – Resultatet for beregningen av nåverdien for de ulike scenarioene er sammenstilt i tabellen nedenfor:

År	Scenario 1, kostnad - K_t	Scenario 2, kostnad - K_t	Diskonteringsfaktor - d_t	Scenario 1 - NV_T	Scenario 2 - NV_T
2021	Kr 89 425 963,-	Kr 89 425 963,-	1,0000	Kr 89 425 963,-	Kr 89 425 963,-
2081	Kr 21 353 271,-	-	0,0535	Kr 1 142 400,-	-
2081	Kr 89 425 963,-	Kr 17 885 193,-	0,0535	Kr 4 784 289,-	Kr 956 858,-
2141	Kr 21 353 271,-	Kr 21 353 271,-	0,0029	Kr 61 924,-	Kr 61 924,-
Σ				Kr 95 414 577,-	Kr 90 444 745,-

Sammenstillingen viser at summen av nåverdien for de ulike scenarioene utgjør henholdsvis kr 95 414 577,- for scenario 1, og kr 90 444 745,- for scenario 2. Scenario 2 innebærer dermed en samlet besparelse på 5,2 % sammenlignet med Scenario 1.

ÅK – Årskostnaden for analyseobjektet. Årskostnaden beregnes i henhold til følgende formel:

$$\text{Scenario 1; } NV_T * a = \text{kr } 95\,414\,577,- * 0,0501 = \text{kr } 4\,780\,270,-$$

$$\text{Scenario 2; } NV_T * a = \text{kr } 90\,444\,745,- * 0,0501 = \text{kr } 4\,531\,282,-$$

Sammenstillingen innebærer tilsvarende forutsetninger, derav er forholdet mellom årskostnadene tilsvarende som i resultatet av de samlede nåverdiene. Følgelig viser resultatet en besparelse på 5,2 % for scenario 2.

4.5 Avfall

Beregningen av avfallsmengdene for de ulike scenarioene ga følgende resultater:

Avfall	Scenario 1, avfall kg	Scenario 2, avfall kg	Besparelse	Besparelse %
Betong og kamstål	4 289 705 072	2 573 823 043	1 715 882 029	40,0
Betong	37 591 456	22 554 874	15 036 582	40,0

5 Diskusjon

I dette kapittel har vi til hensikt å gjøre synlig i hvilken grad våre kvantitative funn samsvarer med vår dokumentstudie. Rapporten vil derfor videre drøfte disse og samtidig forsøke å identifisere hvilke bakenforliggende årsaker som ligger til grunn for at bærende konstruksjoner i eksisterende bygg ikke gjenbrukes/ombygges i større grad.

5.1 Avfall

I vår leten etter resultater for BAE-næringens avfallsproduksjon har vi stadig møtt hindringer: Myndighetene påpeker selv i sin «avfallsplan 2020-2025» at det knytter seg usikkerhet til resultatene de har presentert (Miljødirektoratet, 2019) uten at det er videre presiserer hvilke usikkerhetsmomenter dette gjelder. Vi føler oss heller ikke sikre på at det eksisterer tall per dags dato som tegner et tilstrekkelig riktig bilde av den virkelighet vi har. Det vi føler oss trygge på er at det er avfall produsert i BAE-næringen som ikke er synliggjort. Vi kan til eksempel nevne at SSB får sine resultater fra kommunene. Disse tallene er knyttet opp mot kravet TEK stiller til sortering og rapportering. Som vi har nevnt tidligere er det kun søknadspliktige tiltak av en viss størrelse som har krav til avfallssortering og -rapportering. De mindre tiltakene er dermed unntatt, og det samme gjelder jo også alle «ikke søknadspliktige tiltak». Mørketallene kan derfor antas å være store. Men misforstå oss rett: «ikke søknadspliktige tiltak» kan selvfølgelig også utføre avfallssortering, vi kan bare ikke tallfeste i hvilken grad. Det betyr på ingen måte at disse arbeidene produserer 100% usortert avfall!

Et annet usikkerhetsmoment som knytter seg til resultatene vi har funnet er at rapportene bygger på at avfall i byggeprosjekter ganske tydelig skiller på følgende tre kategorier: Nybygg, riving, og ombygging. Der det i rapportene vi har funnet antas at ombygging er inkludert de tilhørende rivearbeidene. Men vi har lagt merke til at det i vår Case med Lærerskolen på Landås, er registrert to byggesaker, henholdsvis. Vi har som tidligere nevnt ikke innsynstilgang til sakene, men det er oppgitt at det dreier seg om henholdsvis en byggesak for rivearbeidet, og en byggesak for selve ombyggingen. Det å legge til grunn at alle ombyggingssaker også inkluderer alt rivearbeid slik som Wiik gjør i sin rapport «Norge bør satse på rehabilitering» mener vi derfor ikke medfører riktighet (Wiik, 2020).

Men når det er sagt; de tallene vi har, representerer det avfall som er produsert og deretter registrert i byggeprosjekter av en viss størrelse, selv om dette ikke er den hele og fulle sannhet om avfall i BAE-næringen.

Og det vi har sett er at det avfallet som rapporteres viser at BAE-næringen er den næringen i Norge som produseres størst mengder avfall med sine 26%. Og ikke bare er

næringen i dag den største bidragsyter til det norske samfunnets avfallsproduksjon, den er også den næring som har den bratteste trendstigningskurve som vi tidligere har vist i figur 3. Her bør det med andre ord være rom for forbedringer. Det som er sikkert er at vi er langt unna kravet i EUs rammedirektiv på 70% med de 52% som ble gjenvunnet fra BAE-næringen i 2017.

I vårt scenario er vi blitt presentert for en digital modell som bør kunne gi et noe mer sikkert resultat. Nå kjenner ikke vi til alle endringer som er planlagt, og modellen har også gitt oss noen utfordringer som nevnt under delkapittel «3.3.1 Identifisere konstruksjonens omfang». Men våre beregninger viser til 40 % mindre avfall ved gjenbruk. Vi har da ikke sett på den betydelige risikoen som er forbundet med alle rehabiliteringsprosjekter: det er et hav av uante variabler som raskt kan snu gevinst til tap.

5.2 Livsykluskostander

Resultatet av LCC-beregningene viser at en kan oppnå en økonomisk besparelse på 5,2 % ved å gjenbruke de bærende konstruksjonene. Dette resultatet synes å være høyest usikkert, og det er flere faktiske forhold som ville påvirke det samlede økonomiske bildet. Nedenfor er enkelte problemstillinger og forhold diskutert.

Prosjektering: hvilke av de ulike scenarioene ville være mest økonomisk gunstig å prosjektere i år 60 i analyseperioden? Gruppens umiddelbare tanke er at scenario 2, hvor det er forutsatt å gjenbruke de eksisterende bærende konstruksjonene ville innebære et mer omfattende arbeid med tanke på prosjektering. Bakgrunnen for dette er at de tekniske fagene ville måtte forholde seg til den eksisterende bærende konstruksjonen, som ofte innebærer begrensede etasjehøyder og plassproblematikk med tanke på føringsveier. På den annen side ville dette igjen kunne påvirkes av den innledende programmeringsfasen og planleggingen av den opprinnelige konstruksjonen, hvor forholdet fleksibilitet vil være av vesentlig betydning.

Utførelse: hvilke av tiltakene i 2081; «Oppføringen av et nytt bygg», eller «ombygging/rehabilitering» være mest økonomisk gunstig og rasjonelt ved gjennomføring? Tiltaket i scenario 2, hvor det er forutsatt en ombygging/rehabilitering ville antagelig innebære økt kostnader for enkelte fagfelt om en sammenligner med scenario 1, hvor et nytt bygg oppføres. Dette ville spesielt omfatte de tekniske fagene, men det kan også være bygningsmessige arbeider som påvirkes. Eksempelvis kan det påløpe økte kostander i forbindelse med istandsetting og tilpassing av konstruksjoner for å ivareta geometriske toleransekrav.

Bygningsmessige kvaliteter: hvilke kvaliteter ville en kunne oppnå ved de ulike scenarioene? Det er sannsynlig å tro at en ville oppnå en økt kvalitet ved gjennomføringen av scenario 1, som innebærer oppføringen av et nytt bygg. Denne påstanden er naturlig begrunnet i muligheten en ville ha for å tilpasse bygget særskilt i henhold til de aktuelle brukerne og de fremtidige myndighetskravene. Men, en kan spørre; er myndighetene nødt til å tilpasse kravene slik at en i større grad tilrettelegger for gjenbruk, hvor en samtidig oppnår rett kvalitet? Hvordan kunne myndighetskravene eventuelt tilpasses? Økt avgifter for avfallshåndtering? Miljøsertifiseringer? Husbank tilskuddsordning?

5.3 Klimagassutslipp

Klimagassberegningen som er utført viser at en kan oppnå et redusert klimagassutslipp på 41,4% ved å gjenbruke de bærende konstruksjonene. Beregningen hensyntar ikke reduksjonen en ville oppnå ved å gjenbruke de eksisterende fundamentene. I tillegg ville en oppnå betydelige besparelser i tilknytning til grunn- og gravearbeidene. Besparelsen på 41,4 % synes således å være et forsiktig anslag i forhold de faktiske besparelsene en vil oppnå ved å faktisk gjenbruke de bærende konstruksjonen.

Om en ser på reduksjonen av klimagassutslipp en oppnår i «scenario 2» er dette i seg selv svært overbevisende. «Det grønne skiftet», FNs klimarapport, FNs klimatoppmøte, blant andre, generer i disse dager massiv medieomtale og miljøfokus i verdenssamfunnet. Men i hvilken grad påvirkes BAE-næringen av dette fokuset, og

leder det til konkrete tiltak og beslutninger som er klima- og miljøvennlige? Blir det gjort utredninger som anslår klima- og miljøgevinster når det vurderes om et bygg skal gjenbrukes/ombygges eller rives? Hvilken «vektig» ville et redusert klimagassutslipp bli tillagt i en helhetlig beslutningsprosess, hvor det også ble vurdert økonomiske forutsetninger og usikkerheter? Ville en sett bort i fra den faktiske klimagassreduksjonen som følger av å gjenbruke de eksisterende bærende konstruksjonene, og i stedet tillagt ytterligere ressurser i å sette et «grønt» preg eller stempel på et nytt bygg? Gruppen er av den oppfatningen av disse klima- og miljøaspektene ikke vurderes i fasen hvor en faktisk tar stilling til om bygget gjenbrukes/ombygges eller rives. I tillegg synes risikoen og uforutsigbarheten som følger av ombyggingsprinsippet å bli tillagt betydelig vekt når en står ovenfor dette valget.

Et annet prinsipp som ofte synes å bli avgjørende i vurderingen av om en skal om- og gjenbruke eller rive er generelle krav til bygningsmassen. Dette kan eksempelvis være tekniske krav; som dimensjonering, brannmotstand, lydreduksjon osv., eller brukerkrav; som arealkrav, universell utforming og tilsvarende. I tillegg til dette kan det forekomme krav til produktene/forutsetningene som er lagt til grunn ved det eksisterende bygget. Om en summerer rekken av krav og ser disse i sammenheng med omfanget av utredninger, og følgelig usikkerheten disse medfører synes det ikke unaturlig at disse momentene prioriteres fremfor en potensiell klima- og miljøgevinst. Det fremstår som åpenbart at kravene til byggverk eller bygningsdeler som gjenbrukes eller ombygges må reduseres. I hvilken grad kravene kan reduseres, og i hvilken grad de ulike kravene må prioriteres i det enkelte tilfelle drøftes ikke ytterligere, men det fremstår som tydelig at dette er problemstillinger som må defineres og avklares på veien videre inn i «det grønne skifte».

5.4 Sirkulær økonomi

Dersom de tøffe klimamålene skal nås må vi endre vår bruk av verdens naturressurser. Vi må sørge for at de produktene vi har varer lenge, og brukes på nytt. Naturressursene

må holdes i sirkulasjon, ikke returneres til naturen som avfall. Men er det enkelt og ikke minst lukrativt å velge om- og gjenbruk i dag?

Å bygge er business: Det er trolig målet om en fortjeneste som er driveren for de fleste byggverk.

Vi har tidligere sett at myndighetene har rapportert at ombruk ikke er økonomisk lønnsomt, noe som også sammenfaller med resultatet i vår undersøkelse. For å gjøre ombruk mer attraktivt er det derfor fremmet et forslag om å redusere kravene til dokumentasjon for produkter som om- og gjenbrukes. Dette vil gi senke kostnader i forbindelse med til eksempel testing for å sikre at materialene tilfredsstillers dagens krav. Men vil dette være nok til å heve den økonomiske gevinsten i en slik grad at det blir attraktivt å om- og gjenbruke?

For det er flere kostnader forbundet med å velge om- og gjenbruk fremfor å rive og bygge nytt. Blant annet den store usikkerheten som er forbundet med det ukjente som skjuler seg i gamle konstruksjoner. Vil det dukke opp feil og mangler som vil være kostbare å utbedre? Å prosjektere bygget vil også være mer utfordrende og dermed mer kostbart. Dette da man blant annet har et mer begrenset utvalg av materialer tilgjengelig. Dersom man bygger nytt kan man fritt bestemme seg for material, kvalitet, dimensjoner osv. Det motsatte er tilfelle ved om- og gjenbruk: Hvilke materialer har vi tilgjengelig? Hva kan vi bruke disse til? Man blir med andre ord underlagt mange flere restriksjoner. Og selve konstruksjonen gir ytterligere begrensninger: Hvor store rom kan bygges? Er det rom for de tekniske installasjonene?

Men med det grønne skiftet kan det tenkes at vår bevissthet som forbrukere vil øke, at vi vil stille større krav til at våre boliger er «miljøvennlige». Dette kan bidra til å øke den sirkulære økonomien. Samtidig finnes det flere muligheter for å miljøsertifisere nybygg: Breem, Svanemerke og Ceequal. Bygget kan også markedsføres som «energieffektivt», bygget med «grønne materialer» osv. for å gjøre det mer attraktivt i et marked som vil kreve mer «miljøvennlige» alternativer. Alle disse alternativene gjelder nybygg, og er ikke forbundet med den samme usikkerhet som rehabilitering.

Men det er kjent at miljøsertifiserte bygg øker byggekostnadene, men usikkerhetsmomentene er ikke de samme som ved rehabilitering.

Og da står man igjen med et viktig spørsmål: Dersom man vet før man starter at gjenbruk ikke vil lønne seg, vil det da bli vurdert som økonomisk forsvarlig å ta risikoen det er forbundet med å hoppe ut i det ukjente som jo et rehabiliteringsprosjekt faktisk er? Vil det være mer attraktivt å bygge nytt med et «grønt stempel». Og da kanskje helst en «grønn løsning» som ikke er for kostbar?

6 Konklusjon

Det knytter seg noe usikkerhet til alle våre resultater. Vi mener likevel det er mulig å konkludere med at våre funn ligger nær opp til kjent dokumentasjon på området, og således kan sies å gi et godt estimat av de gevinster man kan forvente ved å gjenbruke/ ombygge bærende konstruksjoner bestående av betong heller enn å rive og bygge nytt.

Å gjenbruke den bærende konstruksjonen antas å gi 40 % avfallsbesparelse i vårt scenario. Med den utfordringen BAE-næringen står ovenfor som den næring i Norge som produserer mest avfall, vil vi si at dette er et svært oppløftende resultat. Videre viser våre funn at den økonomiske gevinsten er heller beskjeden med bare 5,2% besparelse sammenlignet med et nybygg. Vår mening er at dette ikke er tilstrekkelig til å motivere til gjenbruk/ombygging når vi vet at rehabiliteringsprosjekter er forbundet med et vesentlig usikkerhetsmoment. Det kan ligge uante kostnadsutløsende faktorer skjult i den eksisterende bygningsmassen. Hva skjuler det seg av feil, mangler og skader i de eksisterende konstruksjonene? Vi mener det må betydelige økonomiske insentiver til for å i større grad tilrettelegge og øke andelen bygninger som gjenbrukes/ombygges.

Klimagassregnskapet på sin side har et svært positivt resultat med 41,4% besparelse ved gjenbruk/ombygging av de bærende konstruksjonene. Dette på tross av at vi i vår studie ikke har hatt tilstrekkelig data til å vurdere grunnarbeider og fundamenter som

også antas å gi en betydelig effekt på klimagassregnskapet. Resultatet synes derfor å være et forsiktig estimat.

Vår konklusjon er at det vil være en betydelig klimagevinst å gjenbruke den bærende betongkonstruksjonen. Og med de utfordringer verden står ovenfor burde dette være et område BAE-næringen enkelt kan bidra til å gjøre reduksjoner i Norges Karbonbudsjett. Men slik er det ikke. Dette mener vi kan bero på at den økonomiske gevinsten i beste fall vil være beskjeden, og samtidig forbundet med stor usikkerhet. Fra et økonomisk synspunkt vil det derfor ikke være verdt risikoen å velge rehabilitering fremfor å rive og bygge nytt.

7 Vedlegg

Vedlegg 1: Mengdeuttak, søyler

Vedlegg 2: Mengdeuttak, Bjelker

Vedlegg 3: Mengdeuttak, dekker

Vedlegg 4: Mengdeuttak, vegger

Vedlegg 5: www.norskprisbok.no

Vedlegg 6: Forbruk – betong og kamstål

Vedlegg 7: LCC-analyse

Vedlegg 8: EPD-data, betong

Vedlegg 9: EPD-data, kamstål

Vedlegg 10: Beregning av klimagassutslipp, scenario 1

Vedlegg 11: Beregning av klimagassutslipp, scenario 2

Vedlegg 12: Sammenstilling av resultater

8 Referanseliste

Bergen kommune, 2020. *Byggeprosjekt Bergen inkluderingscenter*. [Internett]

Available at: <https://www.bergen.kommune.no/hvaskjer/tema/vi-bygger-bergen/byggeprosjekter/andre-bygg/byggeprosjekt-bergen-inkluderingscenter>

[Funnet 14 August 2021].

Bjørnstad, L., 2016. *forskning.no*. [Internett]

Available at: <https://forskning.no/bygningsmaterialer-klimatek/kan-vi-bruke-betong-med-god-klimasamvittighet/379248>

[Funnet 2 November 2021].

Bygg og Bevar, 2021. *Hva er U-verdi?*. [Internett]

Available at: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/vindu-doer/artikler/hva-er-u-verdi>

[Funnet 27 Oktober 2021].

Byggforskserien, 2016. *527.205 Betong. Typer, egenskaper og bruksområder*.

s.l.:Byggforskserien.

DiBK, 2020. *Lurer du på noe om ombruk av byggevarer?*. [Internett]

Available at: <https://dibk.no/byggevarer/finn-byggevare-og-dokumentasjonskrav/krav-til-dokumentasjon/lurer-du-pa-noe-om-ombruk-av-byggevarer/>

[Funnet 3 Oktober 2021].

DiBK, 2021. [Internett]

Available at: https://dibk.no/globalassets/horinger/horing-tek/010721_klimabaserte-energikrav-til-bygg/210623-klimabaserte-energikrav-horingsnotat.pdf

[Funnet 7 September 2021].

DiBK, 2021. *Høringsforslag - Ombruk av byggevarer*. [Internett]

Available at: <https://dibk.no/globalassets/pdf/horingsnotat--ombruk-av->

byggevarer.pdf

[Funnet 3 Oktober 2021].

DOK-forskriften, 2016. *Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk*. [Internett]

Available at: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2013-12-17-1579/KAPITTEL_1#%C2%A71

[Funnet 3 Oktober 2021].

EPD-Norge, u.d. *epd-norge.no*. [Internett]

Available at: https://www.epd-norge.no/?lang=no_NO

[Funnet 2 November 2021].

FN, 2021. *FNs bærekraftsmål*. [Internett]

Available at: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>

[Funnet 27 September 2021].

FNs Klimapanel, 2021. *Delrapport 1: Fysiske klimaendringer*. [Internett]

Available at: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/fns-klimapanel-ipcc/dette-sier-fns-klimapanel/sjette-hovedrapport-forste-delrapport/>

[Funnet 7 Oktober 2021].

FNs Klimapanel, 2021. *Første delrapport i sjette hovedrapport*. [Internett]

Available at: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/fns-klimapanel-ipcc/dette-sier-fns-klimapanel/sjette-hovedrapport-forste-delrapport/global-overflatetemperatur/>

[Funnet 7 Oktober 2021].

Ibenholt, K. et al., 2020. *Samfunnsøkonomisk analyse av redusert avfall i byggebransjen*. [Internett]

Available at:

[https://teams.microsoft.com/#/pdf/viewer/teams/https:~2F~2Fstudntnu.sharepoint.com~2Fsites~2Fo365_BBYGL39Bacheloroppgave~2FShared%20Documents~2FGeneral~2FInspirasjon~2Fsamfunnsokonomisk-analyse-av-reduert-avfall-i-](https://teams.microsoft.com/#/pdf/viewer/teams/https%3A~2F~2Fstudntnu.sharepoint.com~2Fsites~2Fo365_BBYGL39Bacheloroppgave~2FShared%20Documents~2FGeneral~2FInspirasjon~2Fsamfunnsokonomisk-analyse-av-reduert-avfall-i-)

byggebransjen nibio-og-samfunnsokonomis

[Funnet 29 September 2021].

Jakobsen, I. U., Kallbekken, S. & Lahn, B., 2021. *Store Norske Leksikon*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/Parisavtalen>

[Funnet 12 September 2021].

Kartverket, 2021. *Skjermingsverdige bygningstyper*. [Internett]

Available at: <https://kartverket.no/eiendom/bygninger/skjermingsverdige-bygningstyper>

[Funnet 30 Oktober 2021].

Klima- og miljødepartementet, 2020. *Regjering.no*. [Internett]

Available at: <https://www.regjeringen.no/no/dokumentarkiv/regjeringen-solberg/andre-dokumenter/kld/2021/norges-klimamal-under-parisavtalen/id2784617/>

[Funnet 12 September 2011].

Klima- og miljødepartementet, 2020. *Regjeringen.no*. [Internett]

Available at: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/forurensning/sirkular-okonomi/hva-er-sirkular-okonomi/id2701032/>

[Funnet 3 Oktober 2021].

KMD, 2021. *Vil kreve klimagassregnskap for bygg*. [Internett]

Available at: <https://dibk.no/om-oss/Nyhetsarkiv/vil-kreve-klimagassregnskap-for-bygg/>

[Funnet 3 Oktober 2021].

Miljødirektoratet, 2019. *Avfallsplan 2020-2025*. [Internett]

Available at: <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2019/desember-2019/avfallsplan-2020-2025/>

[Funnet 22 September 2021].

Miljødirektoratet, 2019. *Tabell for omregning til CO₂-ekvivalenter*. [Internett]

Available at: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energiplanlegging/tabell-for->

omregning-av-co2-ekvivalenter/

[Funnet 1 November 2021].

Miljødirektoratet, 2021. *Klimagassutslipp fra oppvarming av bygg*. [Internett]

Available at: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-fra-oppvarming-av-bygg/>

[Funnet 7 Oktober 2021].

Miljødirektoratet, 2021. *Om FNs klimapanel*. [Internett]

Available at: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/fns-klimapanel-ipcc/om-ipcc/>

[Funnet 7 Oktober 2021].

Norconsult Informasjonssystemer AS og Bygganalyse AS, 2021.

www.norskprisbok.no. [Internett]

Available at: <https://www.norskprisbok.no/Content.aspx>

[Funnet 2 November 2021].

Pbl, 2009. *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)*.

[Internett]

Available at: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL_4-10#%C2%A729-7

[Funnet 3 Oktober 2021].

Rolf Hagen, E. S. R. H. K. B. L. P., 2021. *Grønn Materialguide. Veileder i miljøriktig materialvalg v. 3.1*. s.l.:Grønn Byggallianse og Context AS.

Samset, K., 2011. *Verdsetting av fremtiden. Tidshorisont og diskoteringsrenter*,

Trondheim: NTNU.

Skjerpen, C., 2021. *Statistisk sentralbyrå*. [Internett]

Available at: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/avfallsmengdene-okte-i-2019>

[Funnet 7 August 2021].

SSB, 2020. *Statistisk Sentralbyrå*. [Internett]

Available at: <https://www.ssb.no/statbank/table/09015/>

[Funnet 3 oktober 2021].

SSB, 2021. *Avfallsregnskapet*. [Internett]

Available at: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfallsregnskapet>

[Funnet 7 September 2021].

Standard Norge, 2013. *NS 3454 Livssyuskostnader for byggverk. Prinsipper og klassifikasjon*. s.l.:Standard Norge.

Standard Norge, 2018. *Dokumentasjon for forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling av bygninger (FDVU-dokumentasjon)*. s.l.:Standard Norge.

Standard Norge, 2018. *NS 3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger*. s.l.:Standard Norge.

TEK17, 2017, §9-8. *Forskrift om tekniske krav til byggverk*. [Internett]

Available at: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840/KAPITTEL_9#%C2%A79-8

Tekna, 2021. *Hva er kravene til passivhus?*. [Internett]

Available at: <https://www.tekna.no/fag-og-nettverk/bygg-og-anlegg/byggbloggen/krav-til-passivhus/>

[Funnet 12 November 2021].

Wiik, M. R. K., 2020. <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/norge-bor-satse-pa-rehabilitering-framfor-nybygg/>. [Internett]

Available at: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/norge-bor-satse-pa-rehabilitering-framfor-nybygg/>

[Funnet 4 September 2021].

WWF, 2021. *Naturen trenger deg!*. [Internett]

Available at: <https://www.wwf.no/naturentrengerdeg>

[Funnet 7 Oktober 2021].

IFC: "P800 - Landåssvingen 15 _Exact scannet modell #4 2021-10-06 0901"

Mengdeuttak - Søyler

Material	Length - m	Component	Type	Count	Color
<Unnamed>	2,89	Column	520mm Diameter	1	Yellow
<Unnamed>	8,17	Column	Columns 1	2	Blue
<Unnamed>	8,46	Column	500mm Diameter	3	Orange
<Unnamed>	8,77	Column	310mm Diameter	3	Cyan
<Unnamed>	11,04	Column	450mm Diameter	3	Purple
Concrete Existing	22,02	Column	1500x400 ribbe	6	Cyan
Concrete Existing	67,85	Column	360mm Diameter	23	Red
Concrete Existing	69,44	Column	410mm Diameter	22	Green
Concrete Existing	86,77	Column	100x250 ribbe	9	Orange
Concrete Existing	92,20	Column	180x250	9	Yellow
Concrete Existing, Concrete Existing	3,77	Column	1500x400 ribbe	1	Cyan
Concrete Existing, Concrete Existing, Concrete Existing	3,77	Column	1500x400 ribbe	1	Cyan
Concrete, Cast-in-Place gray	3,06	Column	200 x 320mm	1	Green
Concrete, Cast-in-Place gray	4,26	Column	220 x 220mm	6	Purple
Concrete, Cast-in-Place gray	4,48	Column	250 x 340mm	2	Teal
Concrete, Cast-in-Place gray	4,83	Column	260 x 340mm	2	Blue
Concrete, Cast-in-Place gray	5,00	Column	210 x 240mm	2	Blue-Gray
Concrete, Cast-in-Place gray	5,63	Column	180 x 610mm	2	Dark Blue
Concrete, Cast-in-Place gray	5,78	Column	440 x 320mm	2	Dark Blue
Concrete, Cast-in-Place gray	5,78	Column	590 x 340mm	2	Light Green
Concrete, Cast-in-Place gray	5,84	Column	160 x 670mm	2	Purple
Concrete, Cast-in-Place gray	5,90	Column	240 x 450mm	2	Gray
Concrete, Cast-in-Place gray	6,00	Column	430 x 290mm	2	Teal
Concrete, Cast-in-Place gray	6,06	Column	220 x 620mm	2	Purple-Gray
Concrete, Cast-in-Place gray	6,32	Column	220 x 240mm	2	Red
Concrete, Cast-in-Place gray	6,40	Column	410 x 380mm	2	Olive Green
Concrete, Cast-in-Place gray	8,96	Column	200 x 270mm	4	Yellow-Green
Concrete, Cast-in-Place gray	9,16	Column	200 x 500mm	2	Cyan
Concrete, Cast-in-Place gray	9,92	Column	230 x 310mm	4	Gray
Concrete, Cast-in-Place gray	11,26	Column	180 x 700mm	4	Purple
Concrete, Cast-in-Place gray	12,24	Column	230 x 250mm	4	Light Green
Concrete, Cast-in-Place gray	12,24	Column	230 x 390mm	4	Gray

IFC: "P800 - Landåssvingen 15 _Exact scannet modell #4 2021-10-06 0901"

Mengdeuttak - Søyler

Concrete, Cast-in-Place gray	12,24	Column	240 x 250mm	4	
Concrete, Cast-in-Place gray	12,24	Column	250 x 390mm	4	
Concrete, Cast-in-Place gray	12,80	Column	330 x 380mm	4	
Concrete, Cast-in-Place gray	15,86	Column	220 x 380mm	5	
Concrete, Cast-in-Place gray	16,72	Column	300 x 340mm	6	
Concrete, Cast-in-Place gray	16,89	Column	180 x 340mm	6	
Concrete, Cast-in-Place gray	16,89	Column	180 x 480mm	6	
Concrete, Cast-in-Place gray	17,56	Column	160 x 520mm	6	
Concrete, Cast-in-Place gray	18,96	Column	240 x 330mm	6	
Concrete, Cast-in-Place gray	19,17	Column	160 x 160mm	4	
Concrete, Cast-in-Place gray	23,92	Column	250 x 330mm	8	
Concrete, Cast-in-Place gray	29,30	Column	200 x 200mm	9	
Concrete, Cast-in-Place gray	35,14	Column	220 x 300mm	12	
Concrete, Cast-in-Place gray	36,72	Column	240 x 390mm	12	
Concrete, Cast-in-Place gray	37,00	Column	100 x 240mm	10	
Concrete, Cast-in-Place gray	46,20	Column	320 x 730mm	20	
Concrete, Cast-in-Place gray	47,20	Column	180 x 420mm	16	
Concrete, Cast-in-Place gray	47,36	Column	220 x 420mm	16	
Concrete, Cast-in-Place gray	51,36	Column	200 x 250mm	14	
Concrete, Cast-in-Place gray	51,66	Column	260 x 320mm	18	
Concrete, Cast-in-Place gray	53,90	Column	240 x 350mm	17	
Concrete, Cast-in-Place gray	54,10	Column	250 x 310mm	18	
Concrete, Cast-in-Place gray	54,84	Column	260 x 300mm	21	
Concrete, Cast-in-Place gray	56,16	Column	220 x 250mm	18	
Concrete, Cast-in-Place gray	59,76	Column	240 x 340mm	20	
Concrete, Cast-in-Place gray	85,88	Column	240 x 480mm	28	
Concrete, Cast-in-Place gray	118,44	Column	100 x 190mm	28	
Concrete, Cast-in-Place gray	142,06	Column	180 x 250mm	20	
Concrete, Cast-in-Place gray	153,04	Column	240 x 320mm	50	
Concrete, Cast-in-Place gray	165,62	Column	240 x 290mm	58	
Concrete, Cast-in-Place gray	312,49	Column	240 x 300mm	104	
Concrete, Cast-in-Place gray	320,61	Column	260 x 380mm	104	
Concrete, Cast-in-Place gray	321,98	Column	240 x 310mm	110	

IFC: "P800 - Landåssvingen 15 _Exact scannet modell #4 2021-10-06 0901"

Mengdeuttak - Søyler

Concrete, Cast-in-Place gray	742,40	Column	100 x 250mm	192	
Concrete, Cast-in-Place gray, Concrete, Cast-in-Place gray	3,06	Column	200 x 320mm	1	
Concrete, Cast-in-Place gray, Concrete, Cast-in-Place gray	3,06	Column	220 x 380mm	1	
Default Wall	3,46	Column	340mm Diameter	1	
Default Wall	3,89	Column	450mm Diameter	1	
Default Wall	4,20	Column	190mm Diameter	2	
Default Wall	14,28	Column	500mm Diameter	4	
Default Wall	15,05	Column	180mm Diameter	8	
Default Wall	17,53	Column	360mm Diameter	6	
Default Wall	138,15	Column	310mm Diameter	45	
ZDirection	10,40	Column	Lokalt nullpunkt	4	
"Uspesifisert i IFC - modellen"	2,89	Column	520mm Diameter	1	
"Uspesifisert i IFC - modellen"	8,17	Column	Columns 1	2	
"Uspesifisert i IFC - modellen"	8,46	Column	500mm Diameter	3	
"Uspesifisert i IFC - modellen"	9,95	Column	120mm Diameter	3	
"Uspesifisert i IFC - modellen"	10,68	Column	310mm Diameter	3	
"Uspesifisert i IFC - modellen"	14,93	Column	450mm Diameter	4	
"Uspesifisert i IFC - modellen"	26,90	Column	100mm Diameter	9	
"Uspesifisert i IFC - modellen"	50,32	Column	360mm Diameter	17	
"Uspesifisert i IFC - modellen"	69,44	Column	410mm Diameter	22	
SUM, antall LM søyler	4145,56				

IFC: "P800 - Landåssvingen 15 _Exact scannet modell #4 2021-10-06 0901"

Mengdeuttak - Bjelker

Material	Profile Width - m	Length - m	Profile Height - m	Type	Component	Count	Color
Concrete, Cast-in-Place gray	0,10	5,87	0,15	100 x 150mm	Beam	1	Yellow
Concrete, Cast-in-Place gray	1,01	16,18	0,30	1010 x 300mm	Beam	1	Cyan
Concrete, Cast-in-Place gray	1,01	7,92	0,50	1010 x 500mm	Beam	1	Magenta
Concrete, Cast-in-Place gray	1,01	7,93	0,52	1010 x 520mm	Beam	1	Blue
Concrete, Cast-in-Place gray	5,55	82,30	1,15	1110 x 230mm	Beam	5	Orange
Concrete, Cast-in-Place gray	0,72	100,02	3,18	120 x 530mm	Beam	6	Pink
Concrete, Cast-in-Place gray	0,48	6,47	0,48	160 x 160mm	Beam	3	Light Blue
Concrete, Cast-in-Place gray	0,72	18,51	1,20	180 x 300mm	Beam	4	Light Green
Concrete, Cast-in-Place gray	0,40	5,92	0,62	200 x 310mm	Beam	2	Orange
Concrete, Cast-in-Place gray	0,21	15,65	0,31	210 x 310mm	Beam	1	Purple
Concrete, Cast-in-Place gray	0,30	6,55	0,31	300 x 310mm	Beam	1	Red
Concrete, Cast-in-Place gray	0,31	4,56	0,32	310 x 320mm	Beam	1	Olive
Concrete, Cast-in-Place gray	0,36	24,01	0,45	360 x 450mm	Beam	1	Green
Concrete, Cast-in-Place gray	0,40	38,48	0,35	400 x 350mm	Beam	1	Teal
Concrete, Cast-in-Place gray	0,42	6,47	0,24	420 x 240mm	Beam	1	Dark Blue
Concrete, Cast-in-Place gray	0,42	4,81	0,36	420 x 360mm	Beam	1	Purple
Concrete, Cast-in-Place gray	0,92	60,51	0,64	460 x 320mm	Beam	2	Light Orange
Concrete, Cast-in-Place gray	0,46	47,63	0,44	460 x 440mm	Beam	1	Yellow
Concrete, Cast-in-Place gray	0,52	4,66	0,30	520 x 300mm	Beam	1	Light Green
Concrete, Cast-in-Place gray	0,54	4,57	0,31	540 x 310mm	Beam	1	Cyan
Concrete, Cast-in-Place gray	0,60	6,36	0,31	600 x 310mm	Beam	1	Blue
Concrete, Cast-in-Place gray	1,83	16,07	1,08	610 x 360mm	Beam	3	Magenta
Concrete, Cast-in-Place gray	1,38	9,11	0,80	690 x 400mm	Beam	2	Olive
Concrete, Cast-in-Place gray	4,13	159,30	8,85	70 x 150mm	Beam	59	Green
Concrete, Cast-in-Place gray	14,43	194,71	2,86	1110 x 220mm	Beam	13	Teal
Concrete, Cast-in-Place gray, Concrete, Cast-in-Place gray	1,11	17,13	0,22	1110 x 220mm	Beam	1	Blue
Concrete, Cast-in-Place gray, Concrete, Cast-in-Place gray, Concrete, Cast-in-Place gray	1,11	15,73	0,22	1110 x 220mm	Beam	1	Magenta
Concrete, Cast-in-Place gray	0,30	5,94	0,62	150 x 310mm	Beam	2	Red
Concrete, Cast-in-Place gray	1,78	6,79	0,27	1780 x 310mm	Beam	1	Olive
Concrete, Cast-in-Place gray, Concrete, Cast-in-Place gray	0,20	2,99	0,31	200 x 310mm	Beam	1	Green
Concrete, Cast-in-Place gray	0,22	19,31	0,35	220 x 350mm	Beam	1	Light Blue
Concrete, Cast-in-Place gray	0,30	6,56	0,25	300 x 310mm	Beam	1	Purple

IFC: "P800 - Landåssvingen 15 _Exact scannet modell #4 2021-10-06 0901"

Mengdeuttak - Bjelker

Concrete, Cast-in-Place gray, Concrete, Cast-in-Place gray	0,30	13,00	0,31	300 x 310mm	Beam	1	
Concrete, Cast-in-Place gray, Concrete, Cast-in-Place gray	0,30	6,71	0,50	300 x 500mm	Beam	1	
Concrete, Cast-in-Place gray	0,31	4,56	0,32	310 x 320mm	Beam	1	
Concrete, Cast-in-Place gray	0,70	18,96	0,82	350x 500mm	Beam	2	
Concrete, Cast-in-Place gray	0,40	15,76	0,35	400 x 350mm	Beam	1	
Concrete, Cast-in-Place gray	0,45	6,69	0,38	450 x 380mm	Beam	1	
Concrete, Cast-in-Place gray	0,46	4,20	0,32	460 x 320mm	Beam	1	
Concrete, Cast-in-Place gray, Concrete, Cast-in-Place gray, Concrete, Cast-in-Place gray	1,38	47,65	0,72	690 x 360mm	Beam	2	
Betong Plasstøpt - B30	1,40	38,00	1,40	350x350	Beam	4	
Betong Plasstøpt - B30, Betong Plasstøpt - B30	0,35	9,50	0,35	350x350	Beam	1	
SUM, antall LM bjelker		1094,05					

IFC: "P800 - Landåssvingen 15_Exact scannet modell #4 2021-10-06 0901"

Mengdeuttak - Dekker

Material	Thickness - m	Area - m ²	Component	Type	Count	Color
"Uspesifisert i Solibri - modellen"	0,30	5,65	Slab	300mm	1	
"Uspesifisert i Solibri - modellen"	1,05	39,60	Slab	150mm	7	
Default Floor 90 mm	0,09	2,18	Slab	90mm	1	
Default Floor 80 mm	0,24	90,00	Slab	80mm	3	
Default Floor 610 mm	0,61	20,70	Slab	610Vmm	1	
Default Floor 60 mm	0,18	126,84	Slab	60mm	3	
Default Floor 480 mm	0,48	19,16	Slab	480Vmm	1	
Default Floor 480 mm	0,96	285,61	Slab	480mm	2	
Default Floor 450 mm	0,45	28,55	Slab	450mm	1	
Default Floor 410 mm	0,41	400,59	Slab	410mm	1	
Default Floor 390 mm	0,39	58,99	Slab	390mm	1	
Default Floor 370 mm	0,37	181,79	Slab	370mm	1	
Default Floor 350 mm	0,35	110,62	Slab	350mm	1	
Default Floor 310 mm	0,31	7,56	Slab	310Vmm	1	
Default Floor 310 mm	0,31	35,54	Slab	310mm	1	
Default Floor 300 mm	0,60	11,54	Slab	300mm	2	
Default Floor 260 mm	0,26	110,14	Slab	260mm	1	
Default Floor 250 mm	2,25	1227,81	Slab	250mm	9	
Default Floor 240 mm	1,44	3659,04	Slab	240mm	6	
Default Floor 230 mm	0,69	958,84	Slab	230mm	3	
Default Floor 220 mm	0,66	828,54	Slab	220mm	3	
Default Floor 210 mm	1,47	2575,88	Slab	210mm	7	
Default Floor 200 mm	0,80	1548,85	Slab	200mm	4	
Default Floor 190 mm	0,38	12,17	Slab	190mm	2	
Default Floor 180 mm	0,36	53,07	Slab	180mm	2	
Default Floor 160 mm	0,16	974,44	Slab	160mm	1	
Default Floor 150 mm	0,15	738,23	Slab	ED THICKNESS!	1	
Default Floor 150 mm	3,00	2075,16	Slab	150mm	20	
Default Floor 120 mm	0,72	27,14	Slab	120mm	6	
Default Floor 110 mm	0,11	7,31	Slab	110mm	1	
Default Floor	0,02	18,48	Slab	60Vmm	1	
Default Floor	0,45	47,18	Slab	450mm	1	
SUM - Antall m² dekker		16287,20				

IFC: "P800 - Landåssvingen 15_Exact scannet modell #4 2021-10-06 0901"

Mengdeuttak - Vegger

Material	Thickness - m	Area - m ²	Component	Type	Count	Color
Arroway Concrete -18 150 mm	0,30	47,08	Wall	Eks. Betong 150	2	
Betong 180 mm	0,36	19,64	Wall	401 betong 180	2	
Betong Plasstøpt - B30 300 mm	0,90	13,96	Wall	Eks. Betong - 300mm	3	
Betong Plasstøpt - B30 400 mm	2,40	88,34	Wall	Eks. Betong - 400mm	6	
Betong Plasstøpt - Ny 180 mm	0,18	22,57	Wall	180 mm betong ny	1	
Betong Plasstøpt - Ny 200 mm	1,80	152,73	Wall	200 mm betong ny	9	
Betong Plasstøpt - Ny 250 mm	0,75	113,54	Wall	250 mm betong ny	3	
Betong Plasstøpt - Ny(1) 200 mm	7,60	377,43	Wall	200 mm betong ny	38	
Betong Plasstøpt - Ny(1) 300 mm	0,30	46,60	Wall	300 mm betong ny	1	
CONCRETE/B35 207	0,15	17,67	Wall	3500*150	1	
CONCRETE/B35 207	0,20	10,14	Wall	5900*200	1	
CONCRETE/B35 207	0,40	146,55	Wall	6200*200	2	
CONCRETE/B35 38	0,30	34,32	Wall	2400*300	1	
Concrete Existing 150 mm	0,30	61,87	Wall	Eks. Betong 150 mm	2	
Concrete Existing 150 mm	0,60	177,13	Wall	Eks. Betong - 150 mm	4	
Concrete Existing 160 mm	0,16	9,93	Wall	Eks. Betong 150 + div 10	1	
Concrete Existing 160 mm	0,16	31,96	Wall	Eks. Betong 160	1	
Concrete Existing 170 mm	0,51	96,07	Wall	Eks. Betong 150 + div 20	3	
Concrete Existing 180 mm	0,18	10,22	Wall	Eks. Betong - 180mm	1	
Concrete Existing 180 mm	0,54	12,21	Wall	Eks. Betong 180	3	
Concrete Existing 180 mm	0,54	81,64	Wall	Eks. Betong 150 + div 30	3	
Concrete Existing 190 mm	0,19	20,27	Wall	Eks. Betong 190	1	
Concrete Existing 200 mm	0,20	20,90	Wall	Eks. Betong 150 + div 50	1	
Concrete Existing 200 mm	1,20	77,36	Wall	YV05 - Vegg mot grunn - 200mm	6	
Concrete Existing 210 mm	0,42	21,66	Wall	Eks. Betong 210	2	
Concrete Existing 400 mm	0,40	35,71	Wall	Eks. Betong 400	1	
Concrete Existing 450 mm	1,35	15,90	Wall	Eks. Betong 450	3	
Concrete Existing 650 mm	0,65	5,03	Wall	Eks. Betong 650	1	
Default Wall	0,20	24,57	Wall	Exterior wall - 200mm	1	
Default Wall	0,25	69,77	Wall	Exterior wall - 250mm	1	
Default Wall	0,28	69,99	Wall	Exterior wall - 280mm	1	
Default Wall	0,33	39,34	Wall	Exterior wall - 330mm	1	

IFC: "P800 - Landåssvingen 15 _Exact scannet modell #4 2021-10-06 0901"

Mengdeuttak - Vegger

Default Wall	0,68	9,22	Wall	Exterior wall - 680mm	1	
Default Wall 1.18 m	1,18	8,06	Wall	Exterior wall - 1180mm	1	
Default Wall 100 mm	9,90	196,96	Wall	Exterior wall - 100mm	99	
Default Wall 110 mm	1,54	119,40	Wall	Exterior wall - 110mm	14	
Default Wall 120 mm	2,88	74,00	Wall	Exterior wall - 120mm	24	
Default Wall 130 mm	4,16	197,00	Wall	Exterior wall - 130mm	32	
Default Wall 140 mm	2,80	242,71	Wall	Exterior wall - 140mm	20	
Default Wall 150 mm	12,00	1000,60	Wall	Exterior wall - 150mm	80	
Default Wall 160 mm	4,32	262,06	Wall	Exterior wall - 160mm	27	
Default Wall 170 mm	3,23	331,45	Wall	Exterior wall - 170mm	19	
Default Wall 180 mm	15,11	1165,27	Wall	Exterior wall - 180mm	84	
Default Wall 190 mm	3,42	378,61	Wall	Exterior wall - 190mm	18	
Default Wall 200 mm	1,00	176,47	Wall	Eks. YV0 Standard - 200mm	5	
Default Wall 200 mm	21,80	1547,04	Wall	Exterior wall - 200mm	109	
Default Wall 210 mm	8,73	1175,10	Wall	Exterior wall - 210mm	43	
Default Wall 220 mm	5,20	218,43	Wall	Exterior wall - 220mm	25	
Default Wall 230 mm	17,48	2106,71	Wall	Exterior wall - 230mm	76	
Default Wall 240 mm	6,72	411,18	Wall	Exterior wall - 240mm	28	
Default Wall 250 mm	0,25	23,77	Wall	Eks. Betong 250	1	
Default Wall 250 mm	0,50	170,87	Wall	Eks. Betong - 250mm	2	
Default Wall 250 mm	7,25	1049,54	Wall	Exterior wall - 250mm	29	
Default Wall 250 mm, ytonng 70 mm	0,32	20,11	Wall	Eks. Betong 250 + ytonng 70	1	
Default Wall 260 mm	2,86	533,44	Wall	Exterior wall - 260mm	11	
Default Wall 270 mm	1,62	99,53	Wall	Exterior wall - 270mm	6	
Default Wall 280 mm	6,72	232,02	Wall	Exterior wall - 280mm	24	
Default Wall 300 mm	27,24	1680,27	Wall	Exterior wall - 300mm	96	
Default Wall 320 mm	3,84	184,99	Wall	Exterior wall - 320mm	12	
Default Wall 330 mm	4,62	318,58	Wall	Exterior wall - 330mm	14	
Default Wall 340 mm	2,04	121,74	Wall	Exterior wall - 340mm	6	
Default Wall 350 mm	11,20	308,12	Wall	Exterior wall - 350mm	32	
Default Wall 360 mm	2,52	94,86	Wall	Exterior wall - 360mm	7	
Default Wall 370 mm	1,85	105,43	Wall	Exterior wall - 370mm	5	
Default Wall 380 mm	3,80	44,17	Wall	Exterior wall - 380mm	10	

IFC: "P800 - Landåssvingen 15 _Exact scannet modell #4 2021-10-06 0901"

Mengdeuttak - Vegger

Default Wall 390 mm	1,17	4,48	Wall	Exterior wall - 390mm	3	
Default Wall 400 mm	8,40	648,61	Wall	Exterior wall - 400mm	21	
Default Wall 410 mm	0,82	14,06	Wall	Exterior wall - 410mm	2	
Default Wall 420 mm	3,36	246,46	Wall	Exterior wall - 420mm	8	
Default Wall 430 mm	0,86	22,84	Wall	Exterior wall - 430mm	2	
Default Wall 450 mm	1,35	125,67	Wall	Exterior wall - 450mm	3	
Default Wall 470 mm	1,88	84,69	Wall	Exterior wall - 470mm	4	
Default Wall 480 mm	0,96	35,55	Wall	Exterior wall - 480mm	2	
Default Wall 490 mm	1,47	2,15	Wall	Exterior wall - 490mm	3	
Default Wall 50 mm	0,55	47,75	Wall	Exterior wall - 50mm	11	
Default Wall 500 mm	2,00	32,84	Wall	Exterior wall - 500mm	4	
Default Wall 510 mm	0,51	0,72	Wall	Exterior wall - 510mm	1	
Default Wall 520 mm	2,08	21,40	Wall	Exterior wall - 520mm	4	
Default Wall 530 mm	3,71	47,93	Wall	Exterior wall - 530mm	7	
Default Wall 540 mm	1,08	19,36	Wall	Exterior wall - 540mm	2	
Default Wall 550 mm	4,40	276,39	Wall	Exterior wall - 550mm	8	
Default Wall 570 mm	3,42	153,93	Wall	Exterior wall - 570mm	6	
Default Wall 580 mm	1,04	5,42	Wall	Exterior wall - 580mm	2	
Default Wall 590 mm	1,18	17,32	Wall	Exterior wall - 590mm	2	
Default Wall 600 mm	4,80	189,61	Wall	Exterior wall - 600mm	8	
Default Wall 620 mm	4,34	99,48	Wall	Exterior wall - 620mm	7	
Default Wall 650 mm	0,65	77,36	Wall	Exterior wall - 650mm	1	
Default Wall 680 mm	1,36	66,39	Wall	Exterior wall - 680mm	2	
Default Wall 700 mm	2,73	5,07	Wall	Exterior wall - 700mm	4	
Default Wall 720 mm	1,44	16,80	Wall	Exterior wall - 720mm	2	
Default Wall 750 mm	3,00	82,43	Wall	Exterior wall - 750mm	4	
Default Wall 760 mm	0,76	26,50	Wall	Exterior wall - 760mm	1	
Default Wall 80 mm	1,76	36,24	Wall	Exterior wall - 80mm	22	
Default Wall 820 mm	0,82	14,09	Wall	Exterior wall - 820mm	1	
Default Wall 90 mm	0,09	0,33	Wall	Exterior wall - 90mm	1	
Vegg - Plasstøpt betong 200 mm	0,20	17,51	Wall	Eks. Betong 200	1	
SUM - Antall m² vegger		19019,19				

Priselementer hentet fra www.norskprisbok.no							Enhetspris og CO2e/enh * mengder		
Nummer	Elementnavn	Mengde	Enhet	Enhetspris	CO2e/enh	ÅK/enh	Mengde	Pris	CO2e
02.0.B.005	Riving av bærekonstruksjoner	1	m2	58	3	3	16 287	kr 944 646	47884
02.0.B.006	Riving av fasader tunge	1	m2	558	1	31	9510	kr 5 306 580	11507
02.0.B.007	Riving av innervegger	1	m2	432	1	24	9510	kr 4 108 320	9320
02.0.B.008	Riving av betongdekker	1	m2	675	3	37	16 287	kr 10 993 725	50327
Sum								kr 21 353 271	119038
02.2.A.002	Søyle av betong, kvadratisk, 300 x 300 mm. 160 kg stål pr m3 betong, B45	1	m	2 384	60	132	4 146	kr 9 884 064	146760
02.2.A.012	Bjelke av betong, b x h = 300 x 500 mm, rektangulær. 160 kg stål pr m3 betong, B45	1	m	2 871	100	159	1 094	kr 3 140 874	109400
02.3.A.009	Betongyttervegg over mark, t = 200 mm, REI180, 100 kg stål pr m3 betong, B30	1	m2	2 408	89	133	19 019	kr 45 797 752	1692691
02.5.B.003	Betongdekke, t = 220 mm. 120 kg armering pr m3 betong, B30	1	m2	1 879	114	110	16 287	kr 30 603 273	1856718
Sum								kr 89 425 963	3805569

Sort tekst: "prislinjer" eksportert fra www.norskprisbok.no

Grå tekst: Sammenstilte resultater - basert på gruppens mengdeuttak

Forbruk av betong og kamstål

Prislinje iht. www.norskprisbok.no	Elementnavn og utførelse iht. www.norskprisbok.no	Mengder iht. mengdeuttak	Enhet	Dimensjoner - konstruksjoner	Antall m ³ betong pr.enh	Forbruk - m ³ betong	kamstål - kg/ m ³	Forbruk - kg kamstål
02.2.A.002	Søyle av betong, kvadratisk, 300 x 300 mm. 160 kg stål pr m3 betong, B45	4 146	lm	0,30m*0,30m*1,00m	0,09	373		
	Kamstål 160 kg pr. m3 betong						160	59696
02.2.A.012	Bjelke av betong, b x h = 300 x 500 mm, rektangulær. 160 kg stål pr m3 betong, B45	1 094	lm	0,30m*0,50m*1,00m	0,15	164		
	Kamstål 160 kg pr. m3 betong						160	26257
02.5.B.003	Betongdekke, t = 220 mm. 120 kg armering pr m3 betong, B30	16 287	m ²	0,22m*1,00m ²	0,22	3583		
	Kamstål 120 kg pr. m3 betong						120	429977
02.3.A.009	Betongyttervegg over mark, t = 200 mm, REI180, 100 kg stål pr m3 betong, B30	19 019	m ²	0,20m*1,00m ²	0,20	3804		
	Kamstål 100 kg pr. m3 betong						100	380384
SUM: m³ betong/ kg kamstål						7924		896314

Forbruk av betong og kamstål

LCC-analyse iht. NS3454
 Analysperiode 2021-2141

	Årstall t	År T	Kostnader scenario 1 K_t	Kostnader scenario 2 K_t	Diskoterings- faktor -kalk.rente r	Nåverdi - scenario 1 NV	Nåverdi - scenario 2 NV	Annuitetsfaktor a	Årskostnad scenario 1 $\text{Å}K$	Årskostnad scenario 2 $\text{Å}K$	
Basisår t_0	2021	0	kr 89 425 963	kr 89 425 963	5 %	kr 89 425 963	kr 89 425 963	5 %			
	2081	60	kr 21 353 271	kr -	0,0535	kr 1 142 400	kr -				
	2081	60	kr 89 425 963	kr 17 885 193	0,0535	kr 4 784 289	kr 956 858				
	2141	120	kr 21 353 271	kr 21 353 271	0,0029	kr 61 924	kr 61 924				
Nåverdi og årskostnad av kostandene i analyseperioden						NV_t	kr 95 414 577	kr 90 444 745	0,0501	kr 4 780 270	kr 4 531 282



EPD - data, Betong
NEPD-2857-1551_Betong-B30M60

Deklarert enhet: 1 m³

Material	kg	%
Cement	340,00	14,33 %
Aggregate	1850,00	77,99 %
Water	180,00	7,59 %
Chemicals	2,10	0,09 %
Total	2372,10	100,00 %

Klimagassutslipp:

Parameter	Unit	A1	A2	A3	SUM A1-A3	A4 (18 km)	A4 (50 km)	$\frac{3,16 \text{ kgCO}_2e}{18 \text{ km}} * 50 \text{ km}$
GW_p/m^3	$kgCO_2e$	2,03E+02	1,17E+01	6,57E+00	2,03E+01	3,61E+00		1,01E+01
		203,0000	11,7000	6,5700	221,2700	3,6100		10,0278

EPD - data, kamstål
NEPD-2676-1376-NO Kamstål til bruk i betong

Deklarert enhet; 1 kg

Material	kg	%
Reinforcement	0,60	60,00 %
Steel	0,40	40,00 %
Total	1,00	100,00 %

Klimagassutslipp:

Parameter	Unit	A1-A3	A4 (64 km)	A4 (50 km)	$\frac{0,0102 \text{ kgCO}_2e}{64 \text{ km}} * 50 \text{ km}$	C1	C2	C3	C4	D
GW_p/m^3	$kgCO_2e$	3,93E-01	1,02E-02		1,59E-02	5,67E-02	1,02E-02	9,90E-05	1,04E-04	5,47E-01
		0,3930	0,0102		0,0080	0,0567	0,0102	0,000099	0,000104	0,547

Beregning av klimagassutslipp, SCENARIO 1

INFORMASJON OM VURDERING AV BYGNINGEN																	
INFORMASJON OM BYGNINGENS LIVSLØP															Konsekvenser utover systemgrensen		
	Unit	Produkt-stadiet	Gjennomførings-stadiet			Bruksstadiet							Livsløpets sluttstadiet				D
	Unit	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	
Klimagassregnskap																	
Klimagassutslipp:																	
GWP_{tot}	kg CO ₂ e	4696739	173262	37849214								101642	18285	177	19	980568	
Søyler, betong	kg CO ₂ e	650288	7481	293 520													
Søyler, kamstål	kg CO ₂ e	46921	955										6770	1218	12	1	65307
Bjelker, betong	kg CO ₂ e	72905	3289	218 800													
Bjelker, kamstål	kg CO ₂ e	20638	420										2978	536	5	1	28725
Dekker, betong	kg CO ₂ e	1585621	71859	33 385 382													
Dekker, Kamstål	kg CO ₂ e	337962	6880										48759	8772	85	9	470395
Vegger, betong	kg CO ₂ e	1683422	76292	3 713 436													
Vegger, kamstål	kg CO ₂ e	298982	6086										43136	7760	75	8	416140
Riving av bæresystemer i betong [...]	kg CO ₂ e			95768													
Riving av fasader tunge	kg CO ₂ e			23014													
Riving av innervegger	kg CO ₂ e			18640													
Rivning av dekker	kg CO ₂ e			100654													
Klimagassutslipp:																	
GWP_{bio}	kgCO ₂ e																
Klimagassutslipp:																	
GWP_{LULUC}	kgCO ₂ e																
Material- og energistrømmer som krysser systemgrensen etter avfallshåndtering																	

SUM: Σ 43819905

Beregning av klimagassutslipp, SCENARIO 2

INFORMASJON OM VURDERING AV BYGNINGEN																
INFORMASJON OM BYGNINGENS LIVSLØP															Konsekvenser utover systemgrensen	
		Produkt-stadiet	Gjennomførings-stadiet		Bruksstadiet							Livsløpets sluttstadiet				
	Unit	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Klimagassregnskap																
Klimagassutslipp:																
GWP_{tot}	kg CO ₂ e	2348369	86631	18924607					3784921			50821	9142	89	9	490284
Søyler, betong	kg CO ₂ e	325144	3740	146 760												
Søyler, kamstål	kg CO ₂ e	23461	478										3385	609	6	1
Bjelker, betong	kg CO ₂ e	36452	1645	109 400												
Bjelker, kamstål	kg CO ₂ e	10319	210										1489	268	3	0
Dekker, betong	kg CO ₂ e	792810	35930	16 692 691												
Dekker, Kamstål	kg CO ₂ e	168981	3440										24380	4386	43	4
Vegger, betong	kg CO ₂ e	841711	38146	1 856 718												
Vegger, kamstål	kg CO ₂ e	149491	3043										21568	3880	38	4
Riving av bærekonstruksjoner i betong [...]	kg CO ₂ e			47884												
Riving av fasader tunge	kg CO ₂ e			11507												
Riving av innervegger	kg CO ₂ e			9320												
Riving av betongdekker	kg CO ₂ e			50327												
Klimagassutslipp: GWP_{bio}	kgCO ₂ e															
Klimagassutslipp: GWP_{LULUC}	kgCO ₂ e															
Material- og energistrømmer som krysser systemgrensen etter avfallshåndtering																

SUM: Σ 25694874

Sammenstilling av resultater

		Scenario 1	Scenario 2	Besparelse	Besparelse %
Økonomi	Investering 2021	kr 89 425 963	kr 89 425 963	kr -	0,0 %
	Nåverdi NV_t	kr 95 414 577	kr 90 444 745	kr 4 969 832	5,2 %
	Årskostnad $\dot{A}K$	kr 4 780 270	kr 4 531 282	kr 248 988	5,2 %
Avfall - og klima	Totalt klimagassutslipp $kg\ CO_2e$	43 819 905	25 694 874	18 125 031	41,4 %
	Klimagassutslipp pr. år $CO_2e/\dot{a}r$	365166	214124	151042	41,4 %
	Klimagassutslipp pr. år og per m ² totalt bruttoareal $kg\ CO_2e/\dot{a}r/m^2$	22	13	9	41,4 %
	Avfallsmengder - Betong og kamstål $tonn$	39 386	23 631	15 754	40,0 %
	Avfallsmengder - betong $tonn$	37 593	22 556	15 037	40,0 %

